

MÁRTA GAJDOSNÉ SZABÓ · JANINE HERMANN · GIORGIA MESSORI · MAAIKE SMEETS · RICHARD SPENCER

LE GAZON PARFAIT



Graminée, terrain de football, photosynthèse, réaction lumineuse, longueur d'onde, spectre d'absorption, révélateur rédox, chlorophylle, chloroplaste

Biologie

16-18 ans

1 | SYNOPSIS

Pour cette étude, les élèves utilisent des lumières de couleurs différentes pour observer l'effet des ondes lumineuses sur le taux de photosynthèse et de croissance de l'herbe. Après évaluation des résultats expérimentaux, ils seront capables de déterminer quelle lumière colorée doit être utilisée sur les dispositifs d'éclairage pour favoriser la croissance et la remise en état du gazon de football entre les matchs.

2 | INTRODUCTION THÉORIQUE

Dans les régions tempérées, la durée d'ensoleillement est limitée pendant la majeure partie de la saison de football, particulièrement pendant les courtes journées d'hiver. Les dispositifs d'éclairage permettent d'accélérer la croissance de l'herbe dans les zones ombragées du terrain et favorisent la repousse de l'herbe abîmée lors des matchs (FIG. 1).



FIG. 1 Dispositifs d'éclairage permettant d'accélérer la croissance des graminées

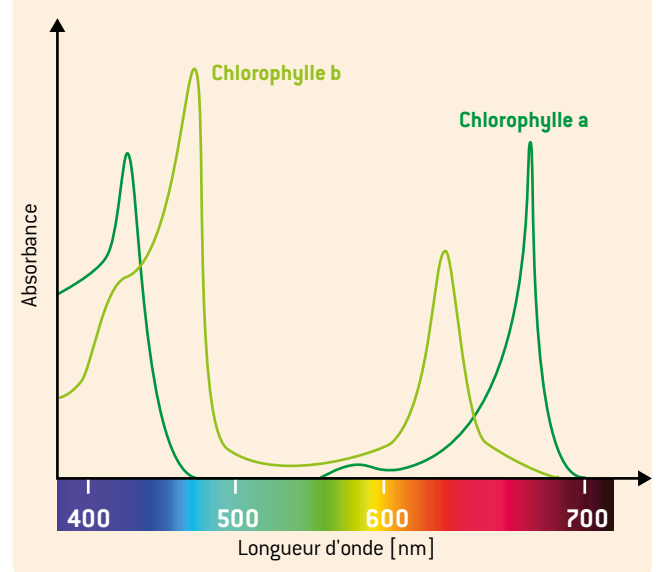
FIG. 2 Le spectre visible [1]



V : violet, B : bleu, G : vert, Y : jaune, O : orange, R : rouge

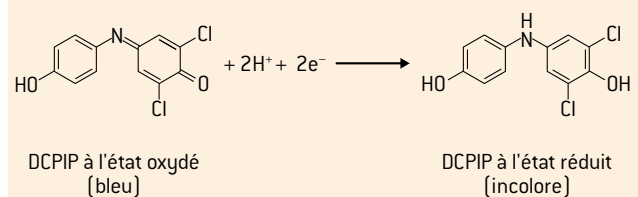
Le spectre de la lumière visible est composé d'un ensemble de longueurs d'ondes de lumière qui constituent ses composantes de couleurs (FIG. 2). Le pigment photosynthétique le plus courant est la chlorophylle, un mélange de deux pigments (chlorophylle a et chlorophylle b) qui absorbe certaines ondes lumineuses plus efficacement que d'autres, avec une absorption maximum de la lumière rouge et de la lumière bleue, et une absorption minimum de la lumière verte (FIG. 3).

FIG. 3 Absorption de la lumière par la chlorophylle, en fonction de la longueur d'onde lumineuse [2]



L'énergie absorbée par la chlorophylle est consommée lors des réactions lumineuses de la photosynthèse pour stimuler ses électrons jusqu'à des niveaux d'énergie supérieurs. L'énergie ainsi accumulée par ces électrons est par la suite consommée par réaction d'oxydo-réduction, pour libérer de l'énergie servant à la synthèse d'ATP. Ce composant, avec un autre composant intervenant dans les réactions d'oxydo-réduction (NADP réduit), est utilisé par la plante lors du cycle de fixation du carbone pour fabriquer du glucose. La plante utilise le glucose comme source d'énergie et comme matière première pour fixer une grande variété de matières biologiques nécessaires pour favoriser sa croissance.

FIG. 4 DCPIP : 2,6-Dichlorophénolindophénol



Le taux de photosynthèse peut être déterminé à l'aide d'un révélateur rédox, le DCPIP, qui a la propriété d'être bleu à l'état oxydé et incolore à l'état réduit (FIG. 4). Lorsque le DCPIP est ajouté à des chloroplastes fraîchement extraits de plantes, il est réduit par les électrons générés par les réactions lumineuses de la photosynthèse lorsque les chloroplastes sont éclairés. Plus ces réactions sont rapides, plus la vitesse de réduction du DCPIP est rapide. Dans une première étude, les élèves calculent la vitesse à laquelle le DCPIP est réduit (décolorisé) sous l'effet de différentes lumières colorées, afin de déterminer quel est l'effet de la longueur d'onde lumineuse sur le taux de photosynthèse. Dans une seconde étude, les élèves utilisent des plateaux contenant de l'herbe et les exposent à différentes lumières colorées pendant une semaine, puis récoltent l'herbe pour calculer sa masse fraîche et déterminer son taux de croissance. Les élèves évalueront ensuite les résultats des

deux expériences, afin de recommander, pour l'utilisation des dispositifs d'éclairage, la lumière colorée qui stimule le plus efficacement la croissance et la repousse du gazon de football.

3 | TÂCHES DES ÉLÈVES

3 | 1 Conseil de sécurité

Les produits chimiques utilisés pour cette expérience ne sont pas très dangereux, toutefois, les élèves doivent connaître les risques généraux liés à l'utilisation de matériel électrique (lampes, mélangeur et balance électronique) et porter des lunettes de protection, par mesure de sécurité, pour le travail en laboratoire.

3 | 2 Préparations

La liste complète de tous les matériels nécessaires est téléchargeable depuis le site Science on Stage.^[3]

1. Semez des graines d'ivraie dans sept petits plateaux (8 cm × 16 cm × 5 cm de profondeur). Chaque plateau doit contenir la même masse de terreau et être ensemencé de manière homogène, avec la même quantité de graines de graminée (en quantité suffisante pour couvrir toute la surface du terreau). Placez les plateaux sur un rebord de fenêtre ensoleillé et laissez les graines pousser pendant cinq semaines. Arrosez-les régulièrement avec de l'eau distillée, suivant les besoins, afin que le terreau reste mouillé, en ajoutant le même volume d'eau dans chaque plateau. Il n'est pas possible de vérifier les conditions ambiantes telles que l'humidité et la température, toutefois, tous les plateaux étant placés dans le même endroit, chacun est soumis aux mêmes changements de conditions ambiantes.
2. Au bout de cinq semaines, coupez l'herbe à l'aide de ciseaux, en laissant une hauteur de gazon de 3 cm. Utilisez l'herbe coupée pour l'étude de calcul du « taux de photosynthèse » (étapes 3 à 12), et les sept plateaux de graminée pour l'étude du « taux de croissance » (3.4). Les deux études nécessitent sept lampes d'établi, chacune munie d'une ampoule standard LED B22 3W RGB (en vente à bas prix dans les boutiques en ligne ordinaires). Chaque ampoule est fournie avec une télécommande permettant de sélectionner la couleur rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet ou blanc (FIG. 5).



FIG. 5 Les lampes sont équipées d'ampoules standard LED B 22 3 W RGB, vendues avec une télécommande pour changer la couleur de la lumière soit en rouge, orange, jaune, vert, bleu ou violet, soit en blanc.

Pour minimiser les frais, on peut utiliser les mêmes lampes et ampoules pour les deux études.

3 | 3 Effet des différentes longueurs d'ondes lumineuses sur le taux de photosynthèse

3. Ajouter environ 30 g de feuilles fraîches de graminée (récoltée lors de l'étape 2) dans 250 cm³ de solution tampon de saccharose pH 7,5 froide. La solution s'obtient en mélangeant 2,7 g de phosphate disodique hydraté, 1,0 g de phosphate monopotassique anhydre, 33 g de saccharose, et 0,25 g de chlorure de potassium dans 250 cm³ d'eau distillée.
4. Mélangez pendant 60 secondes afin d'ouvrir les cellules et de libérer les chloroplastes. Filtrez la solution à l'aide d'un tissu de mousseline afin d'éliminer les particules cellulaires. Placez le filtrat sur de la glace.
5. Plongez l'extrémité d'un tube capillaire dans l'extrait chloroplastique de manière à prélever l'extrait. Retirez le tube capillaire et utilisez un mouchoir de papier pour sécher la surface extérieure du tube. Ce tube constitue votre tube de couleur de référence (il est vert).
6. Utilisez une pipette Pasteur pour ajouter 1,0 % de solution DCPIP au rétentat d'extrait chloroplastique, une goutte à la fois, en agitant doucement la bouteille pour le mélanger. La solution de DCPIP est obtenue en dissolvant 0,1 g de DCIP et 0,4 g de chlorure de potassium dans 100 cm³ d'eau distillée. Elle doit être fraîche.
7. Ajoutez suffisamment de DCPIP pour que l'extrait passe franchement du vert au bleu-vert, puis envelopper le flacon dans du papier d'aluminium aussi vite que possible, afin de maintenir la solution d'extrait chloroplastique et de DCPIP dans l'obscurité.
8. Positionnez une lampe d'établi munie d'une ampoule violette, 8 cm au-dessus d'un carreau blanc (ne pas l'allumer tout de suite). Placez le tube de couleur de référence utilisé à l'étape 6 sur le carreau. Ensuite, plongez trois tubes capillaires dans la solution d'extrait chloroplastique et de DCPIP, séchez-les comme indiqué ci-dessus et placez-les sous la lumière violette, à côté du tube de couleur de référence. Effectuez ces opérations aussi rapidement que possible. La FIG. 6 représente vos tubes à essai.

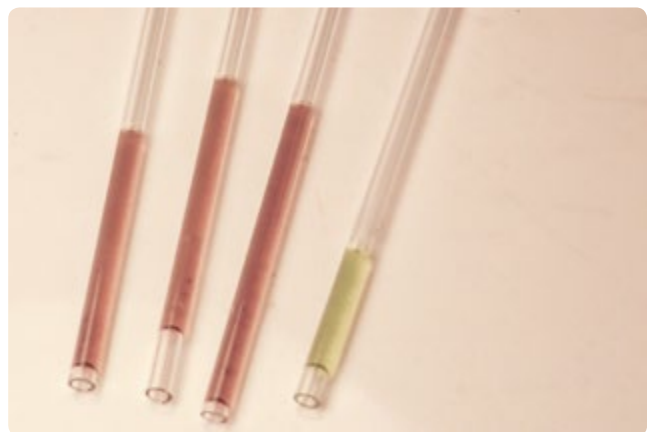


FIG. 6 Comparaison de la couleur des tubes à essai (contenant une solution d'extrait chloroplastique et de DCPIP) avant éclairage avec celle d'un tube de couleur de référence (contenant une solution d'extrait chloroplastique sans DCPIP).

FIG. 7 Données-échantillons relatives aux effets des différentes longueurs d'ondes lumineuses sur la réduction du DCPIP (mesure du taux de photosynthèse)

Couleur de l'ampoule	Longueur d'onde lumineuse [nm]	Temps nécessaire pour que le contenu du tube à essai prenne la couleur du tube de couleur de référence [s]				Temps moyen de réduction du DCPIP $= \frac{1000}{t} \left[\frac{1}{s} \right]$
		Tube 1	Tube 2	Tube 3	Moyenne	
Violet	420	660	660	640	653	1,53
Bleu	450	520	520	520	520	1,92
Vert	520	> 900	> 900	> 900	> 900	0,00
Jaune	570	680	740	760	727	1,38
Orange	620	520	520	560	533	1,88
Rouge	680	440	420	400	420	2,38
Blanc	/	500	520	540	520	1,92

9. Allumez la lampe et mettez en marche le chronomètre.
10. Enregistrez le temps nécessaire pour que la couleur de chaque tube à essai prenne celle du tube de référence (t) dans un tableau adéquat (des données-échantillons figurent en FIG. 7). Comme la couleur du contenu des tubes est très difficile à distinguer à la lumière de lampes colorées différentes, on utilise la télécommande pour faire passer l'ampoule colorée en lumière blanche pendant une seconde toute les 20 secondes, afin de voir si les couleurs correspondent.
11. Répétez les étapes 9 et 10 pour les cinq autres ampoules et pour une ampoule qui émet de la lumière blanche (FIG. 8).
12. Calculez le temps de réduction moyen et enregistrez le temps moyen de changement de couleur ($1000/t$). Si le changement de couleur n'intervient pas au bout de 15 minutes, consignez la mention « pas de changement », et enregistrez la valeur « 0 » comme vitesse de changement de couleur.

FIG. 10 Données-échantillons relatives aux effets des différentes longueurs d'ondes lumineuses sur la masse fraîche de graminée récoltée après six jours d'éclairage (mesure du taux de croissance des graminées)

Couleur de l'ampoule	Longueur d'onde lumineuse [nm]	Masse fraîche d'herbe récoltée au bout de 6 jours d'éclairage [g]
Violet	420	4,15
Bleu	450	6,02
Vert	520	3,66
Jaune	570	4,09
Orange	620	5,54
Rouge	680	6,23
Blanc	/	5,43

3 | 4 Effet des différentes longueurs d'ondes lumineuses sur le taux de croissance

Placez les sept plateaux utilisés à l'étape 2 dans une salle obscure, en éclairant chaque plateau avec une lampe d'établi munie d'une ampoule standard LED B22 3W RGB. Pour chaque plateau,



FIG. 8 Les tubes à essai et le tube de couleur de référence ont été exposés à différentes lumières colorées, et la durée nécessaire pour obtenir le changement de couleur a permis de déterminer la vitesse de décolorisation du DCPIP et, donc, le taux de photosynthèse.

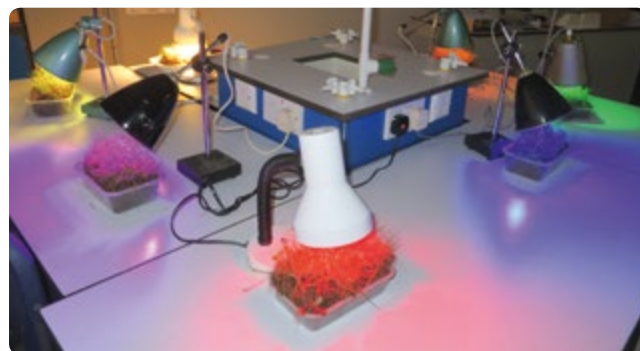


FIG. 9 Les plateaux de graminées ont été exposés à la lumière d'ampoules de différentes couleurs pendant six jours, avant que les graminées soient récoltées pour mesurer la masse fraîche et déterminer le taux de croissance.

utilisez la télécommande fournie avec l'ampoule pour sélectionner la couleur rouge, orange, jaune, vert, bleu, violet ou blanc. Laissez les plateaux éclairés pendant six jours et arrosez régulièrement, suivant les besoins (FIG. 9).

Au bout de six jours, récoltez l'herbe de chaque plateau à l'aide de ciseaux (couper l'herbe à la base de la tige), puis utilisez une balance électronique pour déterminer la masse fraîche de l'herbe récoltée dans chaque plateau. Enregistrez les données dans un tableau adéquat (voir les données-échantillons dans la FIG. 10).

4 | CONCLUSION

Les élèves ayant participé à cette étude ont acquis une bien meilleure compréhension des réactions lumineuses et des réactions indépendantes de la lumière (cycle de Calvin) de la photosynthèse, notamment la transformation par le cycle de Calvin des produits végétaux issus des réactions lumineuses et son incidence sur la vitesse de croissance de la plante. Grâce à leurs échanges, les élèves ont réalisé qu'il est important de contrôler autant de variables que possible pendant la germination et la croissance des graines de graminée (p. ex. profondeur du terreau, régime d'alimentation en eau, distance entre les lampes colorées et les plateaux d'herbe), et pendant l'étude sur le taux de photosynthèse (p. ex. distance entre les lampes colorées et l'extrait chloroplastique). Ils ont par ailleurs pris conscience de l'importance de baser leurs investigations sur une méthodologie expérimentale valide.

Après évaluation des résultats des deux expériences, les élèves ont conclu qu'il y avait corrélation entre le taux de photosynthèse et le taux de croissance des graminées pour chaque lumière colorée utilisée, et que ces taux étaient les plus élevés pour la lumière rouge et les plus bas pour la lumière verte. Ces données sont bien conformes aux résultats attendus, si l'on considère le spectre d'absorption de la chlorophylle (**FIG. 3**).

Les résultats pour la lumière bleue n'étaient pas aussi élevés que prévu, ce qui a donné lieu à une discussion intéressante sur les causes possibles de ces résultats. Les élèves ont émis l'hypothèse que cela pourrait être dû aux différents taux de chlorophylle a et de chlorophylle b présents dans les chloroplastes (puisque la chlorophylle a absorbe moins de lumière bleue que la chlorophylle b). Même dans ce cas, la lumière bleue émet plus d'énergie que la lumière rouge, et, par conséquent, elle devrait stimuler plus d'électrons que la lumière rouge, induisant un taux de photosynthèse plus élevé et une croissance plus rapide. Des recherches plus approfondies ont suggéré une autre explication possible ; les chloroplastes contiennent un autre groupe de pigments photosynthétiques appelés caroténoïdes, incluant des pigments orange (carotènes) et des pigments jaunes (xanthophylles). Ces pigments induisent une absorption maximum de la lumière bleue, et, comme la chlorophylle b, ils convertissent l'énergie absorbée en chlorophylle a pour stimuler les électrons lors de la réaction lumineuse. Cependant, la conversion d'énergie est inefficace. Bien que cette libération d'énergie puisse sembler vaine, il peut être nécessaire de protéger la plante des effets potentiellement dommageables de la forte énergie de la lumière bleue.

En énonçant leurs conclusions, les élèves ont émis l'idée que les dispositifs d'éclairage pourraient permettre de dynamiser la croissance et la repousse de la pelouse, si des lampes rouges étaient utilisées ; mais les stades de football utilisent généralement des lampes à sodium à haute pression (HPS). L'inventeur des dispositifs d'éclairage portatif Kolbjørn Saether a indiqué que sa société participe à divers projets de recherche, en collaboration avec le Norwegian Crop Research Institute, en vue de déterminer

les effets de la lumière artificielle sur la croissance des graminées. Ils ont ainsi intégré dans leur étude plusieurs paramètres tels que l'intensité lumineuse, la quantité de lumière absorbée par jour, la température, et la nutrition. Mais, ne s'étant pas penché sur les effets des différentes longueurs d'ondes lumineuses, ils se sont montrés très curieux des résultats de notre étude.

Expérience personnelle

Lors de l'extraction du chloroplaste, le mélange libre des enzymes qui abîment les chloroplastes et ralentissent la photosynthèse (l'activité de ces enzymes est réduite par l'utilisation d'une solution-tampon froide et par le maintien de l'extrait chloroplastique au frais sur de la glace). Au cours de l'étude, les élèves ont constaté que les extraits chloroplastiques devenaient moins actifs au fil du temps. Pour surmonter ce problème et obtenir des analyses comparatives valides, les élèves déterminent les taux de photosynthèse aussi vite que possible, en échelonnant les tests et en permutant les différentes ampoules dans des intervalles de temps aussi brefs que possible, de sorte que les extraits utilisés soient aussi frais que possible.

Il s'est avéré impossible de distinguer la couleur des extraits chloroplastiques des tubes à essai de celle du tube de couleur de référence sous différents éclairages. D'où l'avantage de l'utilisation d'ampoules à télécommande permettant de basculer en lumière blanche pour voir la correspondance des couleurs. L'autre avantage de ces ampoules est qu'elles ne chauffent pas, car toute hausse de température aurait eu une incidence sur le taux de croissance des graminées et la vitesse de décolorisation du DCPIP. Ce dispositif a également permis aux élèves de laisser les lampes allumées pendant six jours, sans aucun danger.

Les chiffres indiqués dans les **FIG. 7** et **FIG. 10** pour les longueurs d'ondes lumineuses des différentes couleurs n'ont qu'une valeur approximative, puisque chaque couleur est composée d'une plage de longueurs d'ondes formant un spectre continu.

5 | POSSIBILITÉS DE COLLABORATION

Les élèves des différentes écoles et collèges peuvent comparer leurs résultats pour chaque étude, leurs progrès en matière de méthodologie expérimentale, et leurs recherches sur l'incidence des longueurs d'ondes lumineuses sur le taux de photosynthèse chez d'autres espèces de plantes.

RÉFÉRENCES

- ^[1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg (08/03/2016)
- ^[2] Chlorophyll_ab_spectra2.PNG: Aushulz derivative work: M0tty [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) or GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons (08/03/2016)
- ^[3] www.science-on-stage.de/iStage3_materials



IMPRINT

TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching
available in Czech, English, French, German,
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish
www.science-on-stage.eu/istage3

PUBLISHED BY

Science on Stage Deutschland e.V.
Poststraße 4/5
10178 Berlin · Germany

REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH
www.tricom-agentur.de

PLEASE ORDER FROM

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial
Share Alike



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

www.facebook.com/scienceonstageeurope

www.twitter.com/ScienceOnStage

Subscribe for our newsletter:

www.science-on-stage.eu/newsletter



MAIN SUPPORTER OF
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

