

Activité **2**



Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues

Activité réalisée au Collège Ahuntsic
par **ALICE MARCOTTE** du Collège Ahuntsic
et par **GILLES SABOURIN** du Collège Gérard-Godin

Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues

Date de la dernière mise à l'essai

2002

Nom des auteurs

Gilles Sabourin et Alice Marcotte

Collège d'origine

Collège Ahuntsic

Adresse électronique des auteurs

**g.sabourin@college-gerald-godin.qc.ca
alice.marcotte@collegeahuntsic.qc.ca**

Discipline scientifique

Biologie

Âge moyen des élèves

19-20 ans

Titre et numéro du cours

**Structures et fonctions du vivant
(101-AED-04)**

Durée de l'activité

**Au choix, une heure (version courte sans
étalonnage de l'oxymètre) ou trois heures**

NOTE

Dans ce texte, le générique masculin est utilisé seul, sans aucune discrimination et dans le seul but de l'alléger.

Les annexes en format PDF se retrouvent dans le cédérom qui accompagne ce recueil.

De plus, ces annexes en format Word et une analyse pédagogique de l'activité sont également disponibles dans la section *Trésors pédagogiques* du site Internet du Saut quantique à l'adresse URL : <http://www.apsq.org/sautquantique>.

Les auteurs autorisent toute utilisation de ce texte à des fins pédagogiques, pourvu qu'il y ait mention des auteurs et de leur collège.

Le respect de ces recommandations encouragera les auteurs à partager leur expérience.



Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues

Description de l'activité

APERÇU DE L'ACTIVITÉ

Dans une expérience de courte durée, grâce à la mesure de la quantité d'oxygène dissous dans une solution contenant des algues, les élèves vérifient l'influence de quatre différents niveaux d'intensité lumineuse sur la productivité de végétaux. Parce que cette expérimentation est assistée par ordinateur, les phénomènes de la photosynthèse et de la respiration sont observés simultanément. L'élève peut visualiser les variables (taux d'oxygène, intensité lumineuse et température en fonction du temps) à l'écran sur un même graphique en temps réel, pendant le déroulement de l'expérience. Celle-ci permet à l'élève d'étudier les facteurs qui conditionnent les processus de transformation de la matière et de l'énergie (métabolisme énergétique et flux d'énergie dans un écosystème), concepts fondamentaux en biologie. Sans en modifier le montage, cette expérience de base peut facilement être reproduite en faisant varier un autre facteur choisi par l'élève (pH, salinité, etc.) ou être utilisée pour l'étude de micro-organismes hétérotrophes.

PERTINENCE ET ORIGINALITÉ DE L'ACTIVITÉ

L'approche pédagogique proposée ici consiste à renouveler l'écriture d'un protocole de laboratoire par une question ouverte. Avant la séance de laboratoire, l'élève formule des hypothèses pour répondre à cette question. Ceci favorise une réflexion préalable à l'expérimentation et l'engage dans une démarche de résolution d'un problème scientifique.

L'expérimentation assistée par ordinateur permet une mesure continue du taux d'oxygène dissous

dans une solution, ce qui serait impossible à réaliser avec des moyens traditionnels. La visualisation des variables à l'écran en temps réel amène l'élève à intervenir spontanément sur son montage ou dans le protocole de façon plus active et plus créative (si l'organisation du laboratoire lui en laisse la possibilité).

Objectifs et relations avec le programme

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES OU COMPÉTENCES VISÉES

L'activité permet d'explorer et d'appliquer de façon concrète la notion de productivité végétale. La quantité d'oxygène dissous mesurée dans la solution résulte à la fois d'une production d'oxygène, par la photosynthèse des algues, et d'une consommation d'oxygène en raison de leurs dépenses respiratoires. La visualisation des résultats, sous forme graphique à l'écran pendant que l'expérience se déroule, aide les élèves à comprendre que ces deux processus se produisent simultanément en présence de lumière, alors qu'ils ont tendance à les imaginer comme deux phénomènes s'excluant mutuellement (conception erronée fréquente au niveau collégial).

L'activité met les élèves en contact avec des outils informatiques (interface, logiciel et capteurs), conçus dans un but pédagogique, pour favoriser l'investigation dans une démarche expérimentale et l'interaction de l'élève avec l'expérience. Le traitement des données avec le chiffrier *Excel* permet le transfert des habiletés en informatique et l'application de notions de mathématiques (modélisation).

RELATIONS ENTRE L'ACTIVITÉ ET LE PROGRAMME

Objectifs de programme visés

Il s'agit d'une activité d'intégration de courte durée qui permet à l'élève de traiter de situations nouvelles à partir de ses acquis. L'élève travaille en équipe et applique la démarche expérimentale à l'aide de nouveaux outils informatiques. Ceci l'amène à adopter des attitudes utiles au travail scientifique.

Lien avec le cours

Selon l'organisation du temps de laboratoire, l'activité peut se faire en une heure ou en trois heures. Dans la version courte de l'expérience, l'élève interprète les résultats obtenus à l'intérieur d'une même expérimentation par la comparaison des pentes du taux d'oxygène avec différentes intensités lumineuses.

Au Collège Ahuntsic, l'activité est réalisée en une heure, car la séance de laboratoire est subdivisée en trois périodes, réalisées en équipe et par rotation. Les autres périodes comprennent des expériences classiques qui ne sont pas présentées ici (étude des pigments par une chromatographie sur papier et mise en évidence de la production d'amidon).

Cette activité a lieu dans le cadre du second cours de biologie *Structures et fonctions du vivant* (101-AED-04) dont l'énoncé de la compétence est : *Analyser la structure et le fonctionnement d'organismes pluricellulaires sous l'angle de l'homéostasie et selon une perspective évolutive*. Le laboratoire a lieu durant la première partie du cours qui traite du métabolisme énergétique : il s'agit de démontrer la complémentarité de la respiration et de la photosynthèse dans le métabolisme cellulaire en examinant l'importance de cette complémentarité pour le maintien du vivant au sein de la biosphère.

Lien avec les autres cours

En ce qui concerne la discipline de biologie :

L'activité est en lien avec le cours préalable *Évolution et diversité du vivant* (101-NYA-05), dont l'un des éléments de la compétence est : *Expliquer les processus de transformation de la matière et de l'énergie*. L'élève doit pouvoir décrire le concept d'écosystème en montrant comment la matière et l'énergie y circulent (flux d'énergie et productivité). L'activité proposée met ces notions en pratique.

Pour ce qui est des liens avec les autres disciplines :

L'expérimentation assistée par ordinateur favorise l'interdisciplinarité, car l'interface devient un outil générique. De plus, les mêmes capteurs sont utilisables dans différentes disciplines scientifiques (chimie et physique) pour d'autres types d'expériences.

Nombre d'élèves et encadrement pédagogique

NOMBRE APPROXIMATIF D'ÉLÈVES DANS LA CLASSE

20-24 personnes

NOMBRE D'ÉLÈVES PAR ÉQUIPE

2 ou 3 personnes (selon la disponibilité du matériel informatique)

ENCADREMENT PÉDAGOGIQUE

Au début de la séance, le professeur demande à 4 ou 5 élèves choisis au hasard d'écrire au tableau leur hypothèse ou la relation attendue entre les variables (sans les corriger). Le fait de constater la variété et les divergences des réponses de la classe pique la curiosité de l'élève et augmente sa motivation à les vérifier par l'expérimentation. Durant le laboratoire, selon un mode interactif, le professeur et le personnel technique jouent le rôle de personnes-ressources



Activité 2

Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues

Activité réalisée au Collège Ahuntsic par ALICE MARCOTTE du Collège Ahuntsic et par GILLES SABOURIN du Collège Gérald-Godin

guidant les élèves par des questions, les soutenant et les aidant au besoin (avec le montage, avec le protocole ou avec le logiciel).

Déroulement de l'activité

DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ ET TEMPS DE RÉALISATION DE CHAQUE ÉTAPE

Avant

Réflexion préalable grâce à une question ouverte

Avant la séance, l'élève se prépare en lisant le manuel de laboratoire (Manseau, 2002) et en réalisant le prélaboratoire obligatoire qui y est décrit, ce qui équivaut à environ une heure de travail personnel. On lui soumet la question qu'il aura à expérimenter en laboratoire : *Qu'advient-il du taux d'oxygène dissous dans une solution contenant des algues si on l'expose à une lumière d'intensité forte, modérée ou nulle?*

Par un graphe synthèse, l'élève doit illustrer la relation attendue entre les variables, en précisant sur quoi il se base et en nommant le phénomène qui est en cause selon lui (la respiration, la photosynthèse, la productivité brute ou nette...). On le guide en lui suggérant quelques textes et quelques figures à consulter dans son volume de cours.

Pendant

Réalisation du protocole pour expérimenter la question

L'expérimentation de la question du prélaboratoire prend une heure environ. Pour vérifier leurs hypothèses, grâce à des capteurs reliés à un ordinateur, les élèves mesurent la luminosité, la température et le taux d'oxygène dissous dans une éprouvette contenant une solution d'algues

vertes et éclairée par une lampe incandescente. L'éprouvette est placée dans un bécher rempli d'eau pour empêcher une élévation excessive de la température du milieu durant l'expérience.

Les élèves démarrent le logiciel (ACQ) qui pilote l'interface d'acquisition de mesures et branchent les capteurs (le luxmètre, l'oxymètre et le thermomètre). Ils installent le montage en se référant à un modèle déjà installé. Pendant la prise de mesures, ils font un schéma (avec légende) des éléments principaux du montage. En suivant les instructions du protocole, ils doivent allumer, fermer et déplacer la lampe de façon à obtenir 4 intensités lumineuses différentes en une vingtaine de minutes, sans arrêter la prise des mesures. L'oxymètre donne la valeur du taux d'oxygène dissous en pourcentage (sur une échelle relative de 0 à 25 %) et le logiciel permet de mesurer directement sur l'écran ces taux d'oxygène, par la pente des segments du tracé obtenu (% d'oxygène en fonction du temps). Les élèves notent les pentes et la valeur correspondante de la luminosité, puis enregistrent le fichier de données sur une disquette.

Après

Proposition de compte rendu de l'exercice

Dans un rapport d'équipe (une heure de travail environ), auquel ils annexent les prélaboratoires, les élèves présentent leur(s) hypothèse(s) et le schéma du montage. Avec *Excel*, ils font un tableau contenant les données expérimentales des taux d'oxygène correspondant aux différentes intensités lumineuses, puis un graphe synthèse. Ils doivent interpréter la relation entre les variables en intégrant les notions théoriques pertinentes et en précisant si les hypothèses ont été corroborées. Dans la conclusion, ils devraient proposer une variante de l'expérience pour vérifier l'effet d'un autre facteur et prédire par une hypothèse les résultats attendus.

Évaluation et matériel nécessaire

SUGGESTIONS D'ÉVALUATION

Au collège Ahuntsic, la partie pratique du cours *Structures et fonctions du vivant* (101-AED-04) vaut 40 % de la session et comprend dix séances de laboratoire valant 4 % chacune. L'évaluation du compte rendu tient compte de la présentation du schéma, de celle des résultats sous forme de tableau et graphique, et de la discussion (retour sur l'hypothèse, niveau de compréhension de la manipulation et intégration des notions théoriques). Le professeur peut réserver une partie de la note au prélaboratoire personnel annexé au rapport. L'annexe P.5, *Grille de correction*, présente la grille utilisée au collège Ahuntsic pour évaluer l'expérience sur les algues (*Productivité primaire*) qui occupe une heure dans une séance de trois heures contenant d'autres manipulations.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

L'annexe P.1, *Montage et matériel*, présente le schéma du montage et la liste détaillée des besoins en matériel divers (lampe, plaque magnétique, éprouvette contenant la solution d'algues, etc.).

Faire travailler les équipes en rotation nous permet de réaliser l'activité avec quatre systèmes informatiques : ordinateur, interface et capteurs (oxymètre, luxmètre et thermomètre). Un montage (ou un schéma) peut servir de modèle pour aider les élèves à faire leur propre montage à partir du matériel fourni. L'élève apporte une disquette pour enregistrer le fichier des résultats bruts.

ANNEXES

Professeur

Annexe P.1 : *Montage et matériel*

Annexe P.2 : *Exemple de résultats bruts et traités*

Annexe P.3 : *Étalonnage de l'oxymètre*

Annexe P.4 : *Conversion du % d'oxygène dissous en mg/L*

Annexe P.5 : *Grille de correction du rapport de laboratoire*

Annexe P.6 : « *Photosynthèse et respiration chez les algues* » de Marcel Bruneau, de Danièle Dostaler et de Brigitte Ouellet. Article publié dans la revue *Spectre*, n° 28 thématique, p. 40-43.

L'annexe P.2, *Exemple de résultats bruts et traités*, présente des résultats bruts observés sur l'écran graphique lors d'une prise de mesures (graphe 1 : *Résultats bruts*). Ce graphe, produit à partir du transfert des données dans *Excel*, montre les divers segments de la courbe du taux d'oxygène. Le tableau synthèse est fait à partir des taux d'oxygène mesurés directement sur l'écran graphique durant l'expérimentation (pentes). Il sert à produire une courbe finale (graphe 2 : *Résultats traités*) qui devrait correspondre à la loi théorique de l'effet attendu d'une augmentation de l'intensité lumineuse sur la productivité nette des végétaux. On peut en déduire le niveau de compensation de la photosynthèse pour illustrer une notion vue en écologie. (Il est à noter qu'on peut aussi de cette façon vérifier le bon fonctionnement d'un oxymètre).

Élèves

L'annexe E.1, *Expérimentation sur les algues*, décrit la séance de laboratoire (version d'une heure).

La description précise du protocole de l'expérimentation sur les algues, avec le prélaboratoire et les instructions pour le compte rendu, fait normalement partie du manuel de laboratoire de l'élève.

N.B. — Quelques détails des annexes E.1, P.1 et P.3 seront à modifier selon la version du logiciel ou la technologie utilisée.



Activité 2

Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues

Activité réalisée au Collège Ahuntsic par ALICE MARCOTTE du Collège Ahuntsic et par GILLES SABOURIN du Collège Gérald-Godin

Remarques :

Les annexes en format PDF se retrouvent dans le cédérom qui accompagne ce recueil.

De plus, ces annexes en format Word et une analyse pédagogique de l'activité sont également disponibles dans la section *Trésors pédagogiques* du site Internet du Saut quantique à l'adresse URL : <http://www.apsq.org/sautquantique>.

Autres idées à explorer

Une séance de 3 heures permettrait aux élèves de réaliser différents essais où ils feraient varier un autre facteur. Ce type de démarche favorisant l'investigation les amènerait à mieux cerner les conditions d'apparition du phénomène. L'équipe pourrait refaire l'expérience en changeant une variable : pH, NaHCO_3 , autre type de lampe, salinité élevée de la solution d'algues, ajout d'un inhibiteur... Pour ne pas changer la concentration des algues d'un essai à l'autre, l'équipe devrait préparer, au début de la séance, des solutions d'algues homogènes à partir d'une même solution-mère conservée à l'obscurité ou désoxygénée par un barbotage à l'azote.

Pour comparer les résultats de ces différents essais, il suffirait de convertir les taux d'oxygène grâce à un étalonnage préalable de l'oxymètre au début de la série d'expériences. L'annexe P.3, *Étalonnage de l'oxymètre*, contient une feuille de contrôle du matériel informatique (utile pour l'entretien du matériel) et des instructions pour étalonner l'oxymètre. Les explications pour transformer les taux d'oxygène relatifs en taux absolus sont dans l'annexe P.4, *Conversion du % d'oxygène dissous en mg/L* (aussi en fichier Excel).

On pourrait aussi travailler avec des microorganismes hétérotrophes (bactéries, levures...) en prenant soin de bien nettoyer la sonde oxymétrique (avec alcool et rinçage à l'eau distillée)

après l'expérience. La faisabilité de ces suggestions a déjà été vérifiée grâce aux travaux d'élèves en épreuve synthèse dans le cours *Projets de fin d'études en biologie*.

Enfin, l'activité présentée pourrait être réalisée dans le premier cours de biologie *Évolution et diversité du vivant* (101-NYA-05) pour l'étude des notions d'écologie et de flux d'énergie dans les écosystèmes (processus de transformation de la matière et de l'énergie).

Remerciements

Certains aspects pratiques de l'expérience ont été améliorés grâce à M. Bruneau, D. Dostaler et B. Ouellet dans le cadre d'une formation Performa en ExAO que nous avons offerte en 1999 (voir annexe P.6). Nous les en remercions, ainsi que tous nos élèves qui, dans le cadre de leur épreuve synthèse en Sciences de la nature, nous ont aidés à mettre au point diverses expériences utilisant un oxymètre (voir Joanis, E. *et al.*, 2002).

Médiagraphie

BRUNEAU Marcel, Danièle DOSTALER et Brigitte OUELLET (mai 1999). « Photosynthèse et respiration chez les algues », *Spectre*, n° 28 thématique, p. 40-43 (annexe P.6).

ÉVARISTE (1994). *ExAO en Biologie Géologie*, ministère de l'Éducation Nationale, Centre régional de documentation pédagogique de Champagne-Ardenne, France, 192 p.

JOANIS, Esther *et al.* (2002). « Étude de l'influence du chlorure de sodium sur la productivité nette des algues vertes ». *Faisons place aux élèves*, Collectif d'élèves en épreuve synthèse, Collège Ahuntsic, p. 7-9.

MANSEAU, Maryse *et al.* (2002). *Manuel de laboratoire, Structures et fonctions du vivant (101-AED-04)*, Collège Ahuntsic.

MARCOTTE, Alice et Gilles SABOURIN (mai 2002). « Des projets scientifiques comme épreuve synthèse en Sciences de la nature ». *Pédagogie collégiale*, n° 15, vol. 4, p. 27-31.

Activité 2**Expérimentation assistée par ordinateur sur la productivité des algues**

Activité réalisée au Collège Ahuntsic par ALICE MARCOTTE du Collège Ahuntsic et par GILLES SABOURIN du Collège Gérald-Godin

