

Chapitre 2

Idées de projets et méthodologie

Par Vibeke Birkmann
Greve Gymnasium, Danemark

L'un des objectifs de l'enseignement des sciences est de donner aux élèves une compréhension du monde complexe dans lequel nous vivons et d'augmenter leurs compétences pour agir en tant que citoyens d'un monde globalisé. Pour saisir les différents aspects des changements climatiques les élèves doivent réaliser que les phénomènes scientifiques interagissent étroitement avec les intérêts de la société, et pour étudier ces changements ils doivent utiliser des méthodes et des théories issues à la fois des sciences naturelles et des sciences humaines et sociales. Cet enseignement doit aussi permettre aux élèves de penser de manière responsable les défis posés par les changements climatiques, qu'ils relèvent de causes anthropiques ou naturelles.

Ce chapitre fournit des suggestions sur la manière d'utiliser des projets interdisciplinaires pour enseigner les questions liées aux changements climatiques et au développement durable. Il explique à grands traits comment les projets peuvent être proposés, complétés et évalués, en insistant sur les projets pluridisciplinaires.

La phase de préparation

Combien de disciplines impliquer ?

Selon l'âge des élèves et les sujets étudiés, vous pouvez choisir deux ou trois disciplines pour structurer votre projet. Cependant, ayez conscience qu'il n'est pas toujours facile de trouver le temps pour préparer quelque chose à plusieurs professeurs. Si vous avez de jeunes élèves, il est plus prudent de limiter le projet à une matière dans un premier temps, pour que les élèves s'adaptent à cette façon de travailler; mais dès que ces méthodes leur semblent familières, vous pouvez introduire le travail pluridisciplinaire.

Quelles disciplines choisir ?

Bien sûr, l'association des disciplines dépend des programmes locaux, mais en général l'étude des climats se prête bien aux combinaisons suivantes : biologie, mathématiques et sciences sociales; géographie, économie et langue maternelle; ou encore physique, chimie et histoire. Si le projet a un aspect international, on peut inclure une langue étrangère ce qui constitue une occasion de développer par une pratique concrète les aptitudes des élèves (sur ce point, voir l'exemple du lycée Max Linder en France, cas pratique n° 1).

Comment choisir le thème du projet ?

Il est important d'impliquer les élèves autant que possible à chaque étape du projet, y compris lors de sa préparation, afin qu'ils se l'approprient et se sentent responsable de ce qui sera fait. Dans le cadre des thèmes au programme, des étudiants de 16-18 ans sont capables de soulever eux-mêmes les problèmes précis sur lesquels ils souhaitent travailler. Pour les élèves plus jeunes, les professeurs devront suggérer quel sujet d'actualité aborder.

Quelles préparations sont nécessaires ?

Avant la phase de projet proprement dite, il peut être nécessaire d'apporter un socle de connaissances afin que les élèves puissent communiquer entre eux aussi bien qu'avec les scientifiques, les décideurs, les agriculteurs et autres conseillers de façon informée. Des leçons en classe à partir d'ouvrages ou de recherches Internet permettent de construire très facilement ce savoir commun.

Mettre en place une plateforme commune ou un wiki – par exemple sur l'intranet de l'établissement – pour sauver tous les documents peut se révéler un gain de temps considérable tout en permettant au professeur de suivre le travail des élèves.

Les professeurs peuvent avoir l'impression que cette phase de préparation pré-projet prend beaucoup de temps car, surtout avec de jeunes élèves, tout doit être pensé, les voyages sur le terrain planifiés à l'avance, etc. Mais, une fois le projet commencé, tout aura déjà été fait lors de cette étape très intensive et les choses seront plus calmes. Les enseignants qui travaillent avec des élèves plus mûrs ayant déjà l'expérience de ce type de projets pourront faire le pari de les laisser établir leur propre planning et prendre leurs rendez-vous avec les scientifiques et les autres partenaires.

L'habitude qu'ont de nombreux professeurs de travailler seuls – un professeur, une classe, une matière – est aussi importante à prendre en compte. Même s'ils ne sont pas accrochés à leurs prérogatives, de nombreux enseignants ont coutume d'être entièrement responsables du résultat des activités menées en classe et il peut être difficile pour eux d'abandonner cette responsabilité sans bien savoir ce que sera le résultat final. Les établissements qui veulent encourager le travail sur projets et n'en ont pas encore fait l'expérience doivent veiller à prévoir les ressources nécessaires pour qu'il y ait assez de temps pour préparer et évaluer les projets. Quoi qu'il en soit, pensez à rester simple au début. Deux matières concernées, la visite d'un site de recherche et un simple rapport de la part des étudiants constituent un bon début. Si le projet met trop de monde à contribution, les élèves comme les professeurs risquent de perdre de vue son idée générale et son objectif.

Combien de temps doit durer un projet ?

Cela dépend de plusieurs facteurs comme l'âge des élèves, le nombre de matières concernées, le programme scolaire, le nombre de contacts extérieurs (conférences de chercheurs et visites de terrain) et le type de productions attendues (rapport, présentation aux élèves ou article de journal). Les exemples décrits dans les encadrés et les cas pratiques qui terminent ce chapitre correspondent à des projets de durées variées.



Élèves mesurant la respiration du sol

Combien de groupes faut-il former ?

Pour que le projet fonctionne bien, il faut que les élèves éprouvent du plaisir à travailler ensemble. Idéalement, les étudiants devraient pouvoir former eux-mêmes leurs groupes et travailler en parfaite harmonie, mais tous les professeurs savent que ce n'est pas toujours possible : certains élèves trop bons amis risquent de passer plus de temps à s'amuser qu'à travailler vraiment, tandis que d'autres resteront à l'écart car personne ne les veut dans son groupe (pour un développement sur ce point, voir l'exemple du Lycée Max Linder en France, cas pratique n° 2). Il est donc indispensable que le professeur organise la répartition des élèves, en prenant en compte les dynamiques de chaque classe.

Quelques exemples de la manière de former les groupes :

- les élèves se répartissent eux-mêmes en plusieurs groupes, puis optent pour un thème (à l'intérieur d'un cadre défini bien sûr) ;
- différents sujets sont proposés aux élèves qui choisissent celui sur lequel ils veulent travailler, formant ainsi des groupes ;
- les professeurs tirent au sort les groupes ;
- les professeurs forment des groupes selon les compétences des élèves, soit en rassemblant des élèves d'aptitudes semblables, soit au contraire en mélangeant différents types de capacités.

Quelle que soit la méthode utilisée, il sera impossible d'éviter que les élèves d'un ou deux groupes aient du mal à coopérer. C'est pourquoi, il est souvent intéressant de discuter des dynamiques de

groupes avec les étudiants. Sauf s'ils ont déjà travaillé ainsi, il peut s'avérer très productif de prendre le temps d'examiner la façon dont quatre personnes peuvent se partager le travail : désigner un chef, un secrétaire, etc., sachant que les rôles peuvent changer en cours de projet. Il est important d'insister sur le fait que chacun est responsable de la bonne marche de l'équipe, et que quiconque ne réalise pas la tâche qui lui a été impartie ne se contente pas de se faire du tort mais en cause au groupe entier.

Exemple 1 : un simple « projet débutant »

TITRE : l'effet de serre

MATIÈRES : biologie et sciences sociales (géographie)

DURÉE : 10 séances de 50 minutes chacune

CONNAISSANCES PRÉALABLES, acquises en cours avant le début du projet

- Biologie : cycle du carbone, photosynthèse, respiration, gaz à effet de serre
- Sciences sociales : besoins en énergie dans les pays développés, énergies fossiles et commerce international, utilisation des terres

DÉROULEMENT DU PROJET

SÉANCES 1-2 : Les étudiants travaillent en groupe de quatre. Chaque groupe choisit un sous-thème parmi trois à l'intérieur du thème général, par exemple conséquences pour l'agriculture, conséquences pour le commerce du combustible fossile ou sources d'énergies renouvelables. Les groupes préparent les questions qu'ils poseront aux chercheurs lors des visites.

SÉANCES 3-5 : Visites de laboratoires de recherche. Démonstration de mesures du CO₂. Les différents groupes rencontrent les chercheurs et peuvent leur poser leurs questions.

SÉANCES 6-8 : Chaque groupe prépare une présentation PowerPoint pour les autres. Il est important que chaque groupe montre dans quelle mesure les approches des deux matières (dans cet exemple biologie et sciences sociales) peuvent contribuer à éclairer leur sujet.

SÉANCES 9-10 : Présentation et évaluation. L'évaluation peut consister en une discussion entre élèves aussi bien qu'en une évaluation formelle par les professeurs.

Après le projet, l'ensemble est évalué collectivement par les professeurs et les élèves.

Exemple 2 : un projet plus avancé incluant plusieurs disciplines, mais dont les questions et tâches sont définies par les professeurs

THÈME : *Une vérité qui dérange*, film d'Al Gore, ex vice-président des États-Unis

MATIÈRES : biologie, géographie, anglais, histoire, rhétorique, étude des médias

DURÉE : une semaine

ÉNONCÉ DU PROBLÈME

Présentez et évaluez le film *Une vérité qui dérange*. Votre rapport devra être cohérent et inclure l'examen des points suivants :

- quels effets Al Gore utilise-t-il dans le film pour souligner son point de vue ?
- Discutez la pertinence scientifique du film. Toutes les conséquences présentées ont-elles des fondements scientifiques solides et manque-t-il des éléments ?
- Relevez les figures de style utilisées dans le discours du film.
- Donnez une analyse du film ; à quel genre cinématographique appartient-il ?
- Comment les valeurs fondant la société américaine sont-elles évoquées dans le film ?
- Analysez les liens entre les faits et les croyances dans le film.

Exemple 3 : un projet libre dans un cadre donné

TITRE : un monde en changement – l'homme et la nature

DURÉE : six semaines entre le jour où l'on donne le feu vert aux élèves et celui où ils remettent leur synopsis écrit. Pendant cette période, sept jours de classe sont libérés pour le travail sur le projet. Une présentation orale finale est prévue pour les examens de fin d'année.

CONSIGNE :

Choisir deux ou trois sujets/thèmes, en se souvenant qu'ils doivent combiner sciences et sciences humaines et sociales. Pour obtenir une bonne note dans ce projet, les élèves doivent remettre un synopsis de quatre ou cinq pages qui peut aussi leur servir de base pour la présentation orale. Cette dernière doit consister en une discussion scientifique approfondie du sujet choisi montrant que l'étudiant :

- est capable de combiner les approches de plusieurs disciplines pour traiter une question,
 - parvient à identifier et discuter les apports et les limites des différentes disciplines et des méthodes utilisées dans l'étude,
 - a appris à mobiliser les connaissances issues de plusieurs matières pour forger son jugement sur des questions complexes.
- Les élèves travaillent en groupe de deux.

EXEMPLE DE PROJET CHOISI

Un groupe a par exemple décidé de travailler sur « Les biocarburants, une solution durable aux problèmes d'énergie dans le monde ? » dans les matières biologie, chimie et histoire (sciences sociales).

En plus de mener de nombreuses lectures, ils ont visité deux universités où, sous la conduite de scientifiques et d'étudiants, ils ont expérimenté la production de bioéthanol par des procédés divers à partir de sucre, paille, coton et lentilles d'eau (*Lemna*). Ces expériences ont constitué le point de départ de l'enquête.

Si la mise en place de groupes sur une longue durée pose trop de problèmes, on peut travailler en faisant tourner les élèves dans différents groupes, selon une méthode appelée au Danemark *matrix groups*. Il s'agit alors de constituer d'abord par exemple cinq groupes de cinq élèves. Chaque groupe étudie un aspect du sujet traité, de manière à contenir cinq spécialistes en son domaine. Ensuite, on forme cinq nouveaux groupes contenant chacun un des membres de chacun des groupes précédents. De cette manière, chaque nouveau groupe est la somme des compétences acquises dans la première partie et peut rassembler les connaissances de chacun de ses membres par exemple en faisant différentes formes de présentations (PowerPoint, article de journal, newsletter de l'établissement, quizz, poèmes...).

Commencer

Une fois les groupes formés, ils doivent définir (avec l'aide des enseignants pour les plus jeunes) quelle problématique ils aborderont à l'intérieur du thème général étudié – une affirmation qui semble paradoxale ou une question comme « Est-il possible de produire des biocarburants pour couvrir nos besoins en énergie sur un mode durable ? »

L'étape suivante consiste à identifier quelles questions sous-jacentes soulève la problématique principale et à définir quelles méthodes, disciplines, expériences, interviews et informations écrites utiliser pour y répondre. Il est important pour maintenir l'intérêt des élèves de leur faire prendre conscience, dans la mesure du possible, qu'il ne s'agit pas de reproduire des données étudiées des centaines de fois, mais de s'investir dans une démarche d'investigation scientifique.

Sur ces bases, les groupes peuvent lister soigneusement ce dont ils vont avoir besoin :

- de la documentation (articles, livres et informations trouvées sur le Net),
- des expériences,
- des contacts extérieurs (scientifiques, industriels, agriculteurs, hommes politiques, etc.),
- des informations sur le public qui va voir, lire ou entendre leur projet,
- la connaissance des règles pour écrire un rapport, faire une présentation PowerPoint, etc.

Exemples de productions finales

(autres qu'un rapport de projet ou une présentation orale)

- Inviter un homme politique local à une conférence
- Produire son wiki ou sa page Web
- Mettre en place un court échange (deux jours par exemple) avec les élèves d'un autre pays ou d'une autre région pour présenter ses résultats
- Rédiger un article pour Jeunes reporters pour l'environnement
- Mettre en œuvre des règles de développement durable dans l'établissement
- Écrire une « Lettre ouverte » dans un journal local
- Écrire des éco-poèmes
- Inviter les enfants des écoles primaires locales à essayer divers jeux et expériences préparés par les collégiens et lycéens
- Réaliser une vidéo pour YouTube
- Engager une compétition entre les classes pour trouver les meilleures idées pour économiser l'énergie (« être durable ») et les mettre vraiment à exécution
- Organiser une « fête de l'économie d'énergie » à l'école (nourriture bio cuisinée à l'énergie solaire, musique non électrique, lumière générée par des dynamos activées par les élèves, pas de vaisselle jetable...)
- Former son propre panel d'experts et inviter les parents à une soirée éducative
- Produire son bioéthanol

Regarder tout cela une ou deux semaines avant le début effectif du projet peut être une bonne idée et permettre que tout soit prêt quand le travail proprement dit commence.

Démarche ou résultat ?

L'une des étapes clés du lancement de votre projet consiste à discuter des productions finales. Cela peut être un rapport final, mais cela peut aussi prendre d'autres formes (voir encadré) et il faudra garder cela en tête en préparant votre projet (sur la manière dont un projet peut être défini et évalué en réalisant un portfolio, voir l'exemple d'Isarnho-Schule en Allemagne, cas pratique n° 3).

Il est très important à cet égard de décider si le centre du projet est la démarche ou le résultat. Si le projet est orienté sur la démarche, on insistera sur l'apprentissage du travail en équipe, la pluridisciplinarité, la collaboration avec les chercheurs, les voyages d'étude et la recherche d'informations sur un sujet donné. Initier les élèves à cette façon d'apprendre avec des projets à court terme centrés sur une étape particulière peut se révéler une bonne idée, mais ne dispense pas d'avoir un bon sujet qui intéresse vraiment les élèves.

Une fois les élèves familiers de ces «outils», ils sont en mesure de se concentrer sur les productions, qui peuvent prendre des formes aussi variées que des rapports, des articles de journaux, de petites vidéos, des présentations PowerPoint, des démonstrations devant les parents ou d'autres publics, ou encore des cours donnés à d'autres classes. Il est souvent possible d'associer deux ou trois de ces productions et, si les élèves participent à des projets internationaux comme CarboSchools ou Jeunes reporters pour l'environnement, le projet peut être centré à la fois sur les sciences et sur une langue. En cours de lettres par exemple, on pourra travailler la rédaction de rapports ou d'articles cohérents, dans lesquels la conclusion correspond vraiment aux questions posées en introduction et qui savent capter l'intérêt du lecteur dès le début.



Une expérience sur l'énergie solaire

Évaluation

Si le projet entre dans le programme scolaire, les notes des productions finales compteront dans la notation générale de l'année (la façon dont cela peut être fait et les examens requis varient d'un pays à l'autre) et une épreuve écrite aidera les élèves à montrer ce qu'ils ont vraiment appris.

Pensez à garder du temps pour les évaluations. Il est indispensable d'avoir des retours des élèves, individuellement et en groupes, pour évaluer le projet et réunir les suggestions à mettre en œuvre la prochaine fois. Qu'est-ce qui allait bien et quels ont été les obstacles? Faudrait-il assigner plus de temps aux dynamiques de groupes? Les élèves ont-ils compris les présentations des scientifiques? Si les élèves ont présenté leurs travaux à d'autres classes, évaluez ces présentations, elles sont un outil très précieux.

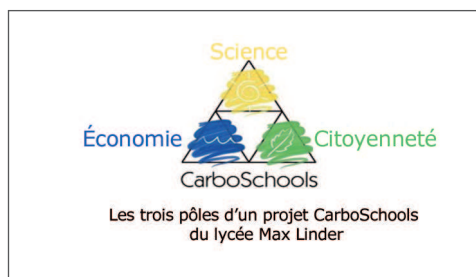
Intéresser les professeurs et la direction de l'établissement

Un des plus grands bénéfices que tirent les professeurs de ce type de travail, outre le partage d'expériences avec d'autres enseignants, est la récompense de voir quel travail les élèves sont capables de faire quand ils s'approprient vraiment un projet.

Comme nous l'avons dit, l'un des meilleurs moyens de motiver les professeurs est de réserver des ressources extraordinaires ou des fonds pour ce travail. Mais il ne faut pas oublier qu'entendre parler de projets réussis et disposer d'une plateforme fournissant des idées et des séquences complètes peut aussi être très incitatif.

Le temps et l'argent sont les obstacles courants du travail de projet. Selon les pays et les établissements, les moyens de convaincre l'administration de réserver du temps et de l'argent pour travailler sur des projets diffèrent. Il est toujours plus facile d'être plusieurs professeurs car cela vous permettra de garantir à la direction que le temps et l'argent dépensés pour le projet auront une large répercussion dans l'école.

Une application réussie démontrera que le projet proposé remplit une partie des objectifs de l'établissement, lui fournira des relations intéressantes et lui fera une bonne publicité. Si possible, trouvez un projet national ou international et demandez à y participer. Par de tels projets, vous pourrez entrer en contact avec d'autres professeurs qui travaillent sur les mêmes thèmes et ainsi, collaborer et partager plus facilement des idées.



Cas pratique n° 1

Intégrer un projet pluridisciplinaire sur les changements climatiques dans le cursus scolaire Lycée Max Linder, Libourne, France

Par Mauricette Mesguich et Stephanie Hayes

Les changements climatiques sont un sujet complexe qui intéresse à la fois la science, l'économie et la citoyenneté et ne peut pas être étudié selon une seule approche sans être incomplet ou incorrect. C'est pourquoi, au lycée Max Linder, les élèves travaillent sur les changements climatiques en associant ces trois aspects complémentaires dans le cadre d'un projet intégré dans le cursus scolaire de façon pluridisciplinaire.

Comment faire ?

L'équipe de professeurs comprend six enseignants volontaires de différentes disciplines, qui ont intégré les changements climatiques dans leur programme. Un professeur principal réunit et synthétise les travaux effectués dans les différentes matières.

Enseigner le même sujet dans deux disciplines différentes est un des aspects innovants de cette façon de travailler. Par exemple, si les élèves étudient un capteur, le professeur de physique expliquera les mécanismes de fonctionnement de l'appareil tandis que le professeur de sciences de la vie et de la Terre (SVT) analysera les données recueillies. Une autre innovation consiste à partager les travaux réalisés par les élèves et les professeurs dans les différentes disciplines dans le cadre du projet CarboSchools sur un espace numérique de travail ENT ouvert aux membres du projet et au reste de l'établissement.

Le projet CarboSchools s'est étendu sur une année, mais chaque discipline n'y a consacré que quelques heures à différents moments ; seuls les professeurs de SVT et de physique-chimie pouvaient travailler sur CarboSchools toute l'année s'ils le souhaitaient dans le cadre de l'enseignement de MPI (mesures physiques et informatiques).

Quelles activités impliquer ?

Le projet a donné à chaque élève une chance de réussir en trouvant sa place parmi les diverses activités proposées dans les différentes matières :

– Enseignement de Mesures physiques et informatiques associé aux Sciences de la vie et de la Terre (MPI/SVT)

En collaboration avec l'unité de recherche EPHYSE de l'INRA, les élèves ont assisté à une conférence sur l'effet de serre et le cycle de carbone ; ils ont visité le site expérimental de l'unité EPHYSE où sont menées les recherches sur le cycle du carbone dans les forêts de pin maritime. Puis ils ont étudié les mécanismes physiques et électriques de certains capteurs et exploité les données mesurées par ces appareils. Nous avons aussi installé une station météo et un capteur de CO₂ à l'extérieur du bâtiment du lycée ce qui nous a permis de recueillir nos propres données et de les diffuser dans toute l'Europe via le site SchoolCO2Web.



Une manifestation annuelle de sensibilisation

Chaque année, les élèves du lycée Max Linder participant au projet CarboSchools organisent une grande manifestation de sensibilisation au cours de laquelle ils présentent leurs travaux de l'année. La manifestation comprend une exposition, une conférence, des ateliers, des démonstrations et des jeux. Elle est ouverte à tous les élèves du lycée et des environs, aux parents, aux professeurs et aux journalistes – soit près de 250 visiteurs au total.

Activités proposées pendant cette journée

- Une exposition de posters présentant les différents sujets étudiés – climat, effet de serre, cycle du carbone, développement durable (dans notre ville, notre région, etc.), empreinte écologique – ainsi que le laboratoire de l'INRA, notre partenaire scientifique.
- Diverses démonstrations d'expériences qui :
 - simulent l'effet de serre ;
 - montrent comment l'on peut mesurer la photosynthèse et la respiration de différentes plantes ;
 - simulent la croissance diamétrale des arbres afin de comprendre comment les arbres absorbent le carbone ;
 - montrent comment on peut mesurer l'acidification d'une eau enrichie en CO₂.
- Différents stands où les visiteurs peuvent :
 - calculer leur empreinte écologique ;
 - regarder des présentations sur plusieurs sujets ;

- déguster les en-cas ou les boissons biologiques qu'ils ont gagnés en répondant au Quizz (voir plus bas) ;
- se plonger dans *Carbonews*, un journal écrit par les élèves ;
- laisser un commentaire sur « l'arbre des visiteurs ».

– Un Quizz : les visiteurs sont invités à répondre à un questionnaire en parcourant l'exposition et en visitant les différents stands. Pour chaque réponse correcte, ils gagnent un jeton qu'ils peuvent échanger contre un en-cas ou une boisson au stand de restauration biologique.

– Un Jeu de l'oie qui a été adapté par les élèves pour inclure des questions concernant l'empreinte écologique (transport, alimentation et économie de la maison).

Cette manifestation est le résultat d'une année de travail. Les élèves la préparent en groupes avec leurs professeurs, en utilisant ce qu'ils ont appris dans les différentes disciplines. Chaque groupe a une tâche bien définie, mais le jour J, tout le monde prend part à l'ensemble des activités. Cet aspect est très important car il signifie que tous les élèves doivent se sentir concernés ; or le succès de ce type d'événement dépend de la cohésion de l'équipe.

Les élèves comprennent combien les manifestations collectives importent pour sensibiliser le public aux changements climatiques. Ce faisant, ils prennent eux-même conscience de ce que seules des actions communes peuvent entraver le cours des changements globaux.

– SVT

L'effet de serre, le cycle du carbone, les changements climatiques et l'impact des activités humaines sur l'environnement sont des sujets au programme pour les 15-16 ans (classe de seconde). C'est pourquoi les thèmes CarboSchools s'intègrent facilement dans le cursus de SVT.

Nous avons mené des expériences pour simuler l'effet de serre, les processus biologiques de la respiration et de la photosynthèse, ainsi que les phénomènes chimiques de dissolution et de précipitation du carbone dans l'eau. Tous ces thèmes ont été abordés pendant les conférences des scientifiques puis étudiés par une approche expérimentale en classe.

– Enseignement civique juridique et social (ECJS)

Cette matière a pour principal objectif de faire analyser aux élèves les droits et les devoirs des citoyens en les laissant travailler de la façon la plus indépendante possible. Pour le projet CarboSchools, les thèmes sont liés au développement durable. Les élèves étudient les changements climatiques dans leurs différentes dimensions et envisagent le rôle de chaque citoyen : consommateur, élève, homme d'affaires, homme politique, etc. Ils calculent leur empreinte écologique et celle de l'établissement, et ils les comparent avec celles des autres pays.

– Économie

Les élèves doivent comprendre que la question des changements climatiques a de multiples facettes (économiques, sociales, politiques, législatives...) et prendre conscience que le développement durable repose sur trois piliers : l'économie, l'environnement et la société. Pour cela, ils visitent et étudient une entreprise locale qui illustre ces aspects, par exemple une entreprise de gestion des déchets. Pour enseigner l'économie de marché, le professeur prend l'exemple du marché d'émissions de carbone.

– Anglais et espagnol

En étudiant divers thèmes liés aux changements climatiques comme l'empreinte écologique, les gaz à effet de serre, la nourriture, la gestion des déchets, etc., les élèves pratiquent l'anglais et

l'espagnol et développent leurs aptitudes à lire, écrire, écouter et parler, tout en approfondissant la grammaire. Ils participent à des jeux interactifs, des jeux de rôles et des débats, visionnent des films et des documentaires, et réalisent des expériences en associations avec les cours de SVT.

– **Mathématiques**

Pour étudier les statistiques, les graphiques, les taux de variation et les fonctions mathématiques, les élèves exploitent différentes données météorologiques et atmosphériques téléchargées de sites Web ou recueillies par nos propres capteurs (station météo et capteurs CO₂).



Cas pratique n° 2

La recette du succès pour l'organisation et le travail en groupes Lycée Max Linder, Libourne, France

Par Stephanie Hayes et Mauricette Mesguich

Ingrédients (l'ordre importe peu) :

Personnes

- Une équipe de professeurs volontaires
- Un partenaire scientifique (dans notre cas, l'INRA)
- Des élèves motivés et intéressés
- Des scientifiques abordables et enthousiastes
- Un coordinateur régional efficace et disponible

Moyens

- Soutien et reconnaissance administrative pour :
 - les fonds (transport, achat de matériel, production de posters, etc.)
 - le temps (réunions préparatoires pour les professeurs, avec les scientifiques et le coordinateur, etc.)
- Aide technique et logistique des techniciens des laboratoires impliqués

La **motivation** est l'ingrédient indispensable de cette recette.

Méthode

Structure de la classe CarboSchools

Au début de chaque année, une classe de trente-cinq élèves de 15-16 ans est formée, les deux tiers des élèves étant volontaires.

Toute la classe a mathématiques, SVT, enseignement civique juridique et social, anglais et espagnol. Environ une moitié des élèves ont choisi l'option économie et sciences sociales, l'autre moitié faisant l'option mesures physiques et informatique (MPI).

Toute la classe étudie donc les aspects scientifiques des changements climatiques (SVT) et leurs aspects citoyens sous l'angle du développement durable (ECJS); une moitié s'intéresse à l'angle économique et social (SES) et l'autre moitié aborde les questions scientifiques de manière plus approfondie (MPI/SVT). Ainsi, les trois aspects des changements climatiques mentionnés plus haut sont couverts par le projet. L'emploi du temps est organisé pour faciliter le travail : les deux options SES et MPI/SVT sont enseignées séparément avec différents professeurs mais aux mêmes horaires, de façon à ce que les deux groupes puissent se retrouver ensemble quand c'est nécessaire.

Le partenaire scientifique

INRA (Institut national de recherche agronomique), unité de recherche EPHYSE, Bordeaux

Les activités exercées par les scientifiques comportent :

- avec la classe : donner des conférences interactives, guider des visites de sites expérimentaux et de laboratoires, participer à des activités de classe (expériences);
- avec les professeurs : fournir et mettre à jour les connaissances scientifiques, prêter et installer du matériel, donner des conseils techniques.

Travail en groupe

Au début de l'année les élèves ne se connaissent pas, c'est pourquoi nous favorisons les interactions par des groupes de travail dès le commencement du projet. Il importe de motiver et d'impliquer les élèves. Nous le faisons en leur posant des questions afin d'introduire le thème des changements climatiques et de leurs conséquences au ^{xxi}e siècle. Cette étape est fondamentale pour que les élèves s'approprient le projet CarboSchools, ce qui s'accomplit grâce au travail en groupes. Les élèves s'associent par trois pour répondre à l'une des questions suivantes :

- La température moyenne à la surface de la Terre est de 15° C. Expliquez pourquoi. *Cette question conduira le groupe à décrire l'effet de serre.*
- À quoi ressembleront nos climats dans le futur?
- Pourquoi dit-on que la température moyenne à la surface de la Terre va augmenter de 1 à 6° C d'ici 2100? *Ces deux questions devraient conduire les élèves à décrire les impacts des activités humaines sur le cycle du carbone et sur l'effet de serre.*
- Comment l'écosystème terrestre réagit-il à la hausse des températures : en absorbant ou en émettant du CO₂? *Les élèves devront s'intéresser au rôle des forêts et des eaux douces continentales dans le cycle du carbone.*
- Est-ce que mon comportement influence mon environnement local? Quelle est mon empreinte écologique? *Ces questions conduiront les élèves à définir le concept d'«empreinte écologique» et à trouver des calculateurs en ligne.*
- Les êtres humains absorbent-ils ou rejettent-ils du CO₂? Est-il vraiment raisonnable de manger des cerises à Noël dans notre pays? *Ces questions peuvent amener les élèves à décrire l'impact des activités humaines sur le cycle du carbone et sur l'effet de serre.*

Au commencement du projet, les élèves essaient de trouver des réponses immédiates en observant et en faisant des recherches en groupe (sur Internet, dans des ouvrages de référence, etc.). Toutefois, au cours de l'année, ils approfondissent ces questions, ce qui est un résultat de leur participation au projet. En effet, ils :

- prennent des mesures en suivant des protocoles scientifiques et en utilisant des instruments scientifiques,
- font des expériences et utilisent des modèles pour tester et valider les hypothèses qu'ils ont formulées,
- analysent des données fournies par des équipes scientifiques,
- partagent des résultats et des données avec les chercheurs et avec d'autres élèves, via une plateforme Internet.

Pendant le projet, les élèves peuvent changer et reformer leur groupe selon le sujet qu'ils veulent explorer ou les personnes avec qui ils veulent travailler mais ils doivent conserver leur place dans le groupe dès que commence la phase de réalisation des productions destinées à l'exposition finale. La préparation de ce moment constitue en effet un défi pour les élèves qui ne doivent pas seulement s'organiser et se partager le travail en petites équipes, mais aussi agir tous ensemble pour créer une exposition cohérente. Les élèves travaillent de façon autonome dans leur groupe, seulement guidés par le professeur, et cette façon d'apprendre développe les capacités d'écoute et de respect mutuel quand il s'agit de prendre des décisions et de faire des suggestions.



Visite à l'usine d'incinération

Cas pratique n° 3

Enseigner les changements climatiques en réalisant un portfolio : lier connaissance scientifique, technologie et transformations de la société Isarnho-Schule Gymnasium, Kiel, Allemagne

Par Bernd Blume

Le réchauffement global est un thème précis du programme scolaire. Dans notre projet, les élèves travaillent de façon expérimentale et responsable, par des investigations scientifiques

et techniques, pour produire un portfolio sur les causes, les effets et les conséquences des changements climatiques. Cette approche permet aux élèves de développer leur autonomie et d'approfondir la question en fonction de leurs propres intérêts. De toute façon, les questions liées aux gaz à effet de serre sont trop variées pour que l'on puisse les traiter toutes.

Objectifs du projet

Il s'agit de conduire les élèves à :

- prendre conscience, par leurs propres recherches, des relations entre science, technologie et société ;
- mettre en œuvre un travail expérimental individuel pour montrer : le réchauffement de l'air par les gaz à effet de serre qui transforment, absorbent et émettent certaines radiations électromagnétiques ; comment ces gaz sont produits naturellement et par des activités humaines ; les dangers de changer la circulation océanique globale et la biosphère par un réchauffement climatique ; les dangers de l'acidification des océans qui perturbe les écosystèmes marins ;
- augmenter, par des recherches plus poussées, leurs connaissances des technologies susceptibles de réduire les émissions de gaz à effet de serre
- prendre conscience de leur propre responsabilité face aux changements climatiques et être capables de définir des priorités pour agir.

Connaissances préalables requises

Une discipline complexe comme la climatologie requiert des connaissances de base en physique, chimie et biologie, mais aussi en géographie et en histoire. Le système scolaire du secondaire en Schleswig-Holstein (Allemagne) permet d'associer ces matières et de dégager du temps pour travailler ensemble sur des projets.

Le tableau ci-contre synthétise les connaissances à fournir aux élèves avant le début du projet.

Biologie	Chimie	Physique	Géographie
Cytologie et physiologie : la cellule, les bases de la vie.	Équations chimiques ; principe de Le Chatelier ; réactions des oxydes non métalliques avec l'eau ; réaction protéolytique des acides inorganiques et leurs sels ; théorie de Brønsted-Lawry (acide-base).	Le rayonnement solaire : son absorption, sa réflexion, son émission et sa transformation.	Réchauffement climatique et global ; zones climatiques et végétation ; le Gulf Stream et ses effets sur les climats.
CO ₂ , métabolisme et échanges d'énergie : photosynthèse et respiration cellulaire.	Le CO ₂ : son caractère soluble dans l'eau ; influence de la température sur cette solubilité.	Composition et rôle des piles solaires ; transformations d'énergie (par exemple, utilisation de la force du vent pour produire de l'électricité).	

Activités et voyages sur le terrain

Une discipline complexe comme la climatologie nécessite des connaissances techniques sur les relations qu'entretiennent la science, la technologie et la société, c'est pourquoi il est nécessaire de visiter des centrales électriques et des expositions sur les moyens d'économiser l'énergie. Comme toutes les technologies liées aux problématiques climatiques ne peuvent évidemment pas être étudiées, il est recommandé de profiter des opportunités locales.

Nous avons organisé les visites suivantes dans le cadre de notre projet :

1. Usine d'incinération d'ordures (Kiel)
2. Centrale thermique au charbon (Kiel)
3. Salon des économies d'énergie (organisé par une autre classe)
4. Conférence scientifique à l'IFM GEOMAR sur le projet SUGAR (Submarine Gas Hydrate Reservoirs) : la séquestration du CO₂ à partir d'hydrates de méthane

NB : Toutes ces visites peuvent être étalées dans le temps.

Travail expérimental

Pendant leur travail expérimental, les élèves enquêtent sur divers aspects du contexte scientifique des climats et des changements climatique en menant un travail individuel.

Ils réalisent au moins 10 ou 12 expériences décrites dans la bibliothèque en ligne¹ de CarboSchools :

- expériences de physique sur le lien entre rayonnement électromagnétique et température,
- expériences de biologie sur le métabolisme (physiologie),
- expériences de chimie sur le cycle du carbone,
- expériences de chimie et physiologie sur la combustion et le métabolisme.

Ils doivent choisir au moins trois expériences à dominante physique, deux à dominante chimique et deux à dominante biologique. Toutes les expérimentations permettent en partie aux élèves de tirer des conclusions sur des questions climatiques.

Les expériences, observations, résultats et erreurs sont faits par équipes de deux élèves qui s'aident mutuellement, mais les conclusions sur les questions climatiques et les recherches additionnelles doivent être réalisées individuellement pour permettre une réflexion personnelle et une évaluation. Des recherches complémentaires doivent être effectuées sur cinq expériences au choix.

NB : même quand des mesures sont réalisées, seules des conclusions qualitatives peuvent être tirées dans un contexte scientifique. De même, appliquer les connaissances acquises au cours des séances au contexte climatique exige prudence et esprit critique.

1 – <http://www.carboeurope.org/education/libraryHome.php>, aller à « Activités »/ « In-door hands-on » puis utiliser l'ascenseur jusqu'à « collection of experiments on CO₂ and greenhouse effect ».

Rassembler le portfolio

Pour préparer le portfolio, les élèves doivent commenter les points suivants :

(NB : le contexte climatique des expériences n'est pas donné, chaque élève doit le déduire à partir de ses propres connaissances et observations.)

1. L'effet de serre peut être démontré.
2. Le dioxyde de carbone est un des gaz à effet de serre et il est donc aussi responsable de l'effet de serre.
3. Le dioxyde de carbone de l'atmosphère fait partie du cycle naturel du carbone ; il existe un effet de serre naturel.
4. Les activités humaines augmentent la quantité des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, notamment le dioxyde de carbone, et ainsi, elles accentuent l'effet de serre naturel.
5. L'effet de serre naturel a un effet sur les climats de la Terre.
6. Des quantités supplémentaires de gaz à effet de serre provoquent des changements climatiques sur l'ensemble du globe.
7. Un réchauffement global peut entraîner une modification de la circulation océanique.
8. Les gaz à effet de serre et les changements climatiques peuvent modifier la biosphère.
9. Il existe des techniques pour réduire la quantité de dioxyde de carbone qui s'ajoute chaque année dans l'atmosphère.
10. Il est indispensable d'effectuer des recherches scientifiques pour mettre au point des méthodes susceptibles de réduire les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique.

Instructions aux élèves

1. Réalisez les expériences préparées (équipes de deux élèves).
2. Décrivez vos observations et résultats. Présentez-les graphiquement si possible (équipe de deux).
3. Analysez vos erreurs (équipe de deux).
4. Expliquez les résultats de cinq expériences au choix, en vous appuyant sur vos connaissances scientifiques. Les aspects physiques, chimiques et biologiques doivent figurer dans le rapport final (travail individuel).
5. Trouvez le contexte climatique des dix expériences choisies en renvoyant à vos affirmations précédentes (travail individuel).
6. En choisissant une expérience, décrivez et expliquez un point actuel de la recherche sur le réchauffement ou les changements climatiques (travail individuel).
7. En focalisant sur un aspect et en développant le contexte technique, rédigez un rapport sur les solutions de géo-ingénierie et autres visant à réduire la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ainsi que sur les moyens et technologies mis en œuvre par l'homme pour réduire ses émissions (travail individuel).

Notation (évaluation)

Étant donné les différences dans les systèmes de notation des divers pays, c'est au professeur de déterminer quelle part le portfolio prendra dans la note finale.



Recueil des gaz d'échappement

Nous proposons de faire compter la note finale du portfolio pour 10 % de la note finale en physique, chimie, biologie et géographie.

Des notes intermédiaires sont données à chaque expérience, et aux recherches individuelles; les questions 7 et 8 sont évaluées à différents stades d'élaboration, respectivement deux et trois fois. La note finale correspond à la moyenne des notes intermédiaires sur 20.

Nous recommandons que les professeurs des différentes disciplines impliquées dans le projet se partagent l'évaluation du portfolio en fonction de leur spécialité.

NB : les résultats des recherches doivent être formulés individuellement en incluant les sources.

Organisation

Commencement

JOUR 1 : présentation du projet

JOUR 2 : visite de la centrale thermique au charbon de Kiel et conférence scientifique sur la séquestration de CO_2 à partir d'hydrates de méthane à l'IFM GEOMAR

JOUR 3 : visite de l'usine d'incinération des ordures. L'après-midi, éclaircissement du contexte physico-chimique et technique des processus à l'œuvre dans les deux usines visitées

JOUR 4 : visite d'un salon des économies d'énergie

Travail expérimental

JOURS 5 et 6 : expérimentations et interprétation (salle de travaux pratiques)

Travail sur le portfolio

JOURS 7 et 8 : finalisation du portfolio. Recherche de documentation sur le contexte scientifique et technique (bibliothèque de l'école, salle d'information)

Remarques personnelles

La visite de deux usines apporte peut-être trop d'informations aux élèves qui n'ont pas assez de temps pour assimiler les contextes physico-chimiques et techniques des processus. C'est pourquoi, il est recommandé de ne visiter qu'une usine.

La qualité des résultats des travaux d'expérimentation a été très variable : Certains élèves n'avaient pas des résultats clairs parce qu'ils avaient travaillé trop vite. Cependant, leurs analyses et leurs erreurs étaient acceptables et ils ont associé leurs expériences à un contexte climatique raisonnable.

Il est absolument nécessaire que les professeurs des différentes matières collaborent pour organiser, coordonner et évaluer le portfolio. Sinon, la charge de travail est bien trop importante pour un seul professeur.

Documentation et sites Web

<http://www.gkk-kiel.de/> (german only)

<http://www.mvkiel.de/> (german only)

<http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=sugar#>

<ftp://ftp.ifm-geomar.de/downloads/NaT/Dokumente/VersuchsanleitungGolfstrom.pdf>



Mesure du CO_2 dans les gaz d'échappement

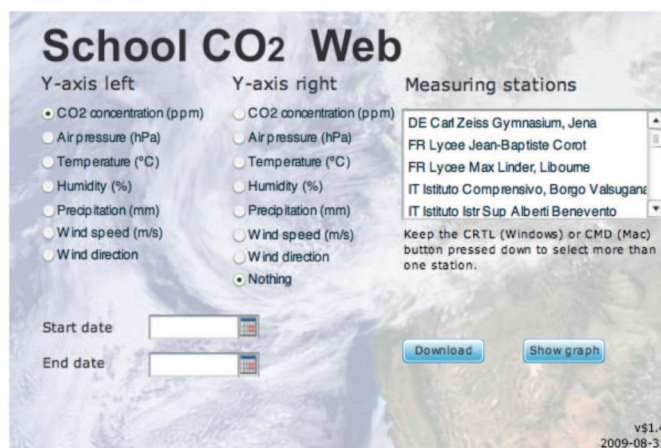
Un exemple remarquable de collaboration entre établissements d'enseignement secondaire et instituts de recherche : le SchoolCO2web

Initié en 2005 par le Center for Isotopic Research (CIO) et le département de l'éducation (IDO) de l'université de Groningue (Pays-Bas), le SchoolCO2web a débuté en équipant les collèges et lycées de capteurs CO₂ et en installant une station météo sur leur toit. Toutes les dix minutes, ces appareils enregistrent automatiquement la concentration de CO₂ et les conditions atmosphériques et envoient les mesures dans une base de données centrale. Les données collectées sont accessibles à la fois aux élèves et aux chercheurs, et peuvent donc être utilisées dans un but scientifique ou éducatif.

Au total, dix-sept stations de mesure sont actives dans sept pays, et fournissent aux élèves l'occasion de « voir » le CO₂, de réaliser leurs propres mesures, de comparer des données issues de différents lieux et de discuter leurs résultats et partager leurs impressions.

La base de données SchoolCO2web est accessible à quiconque est intéressé et offre une interface conviviale à l'adresse suivante : <http://www.carboeurope.org/education/schoolsweb.php>.

Les élèves apprennent à interpréter ces données. Ils prennent conscience des conditions requises pour obtenir de bonnes mesures, c'est-à-dire des données pertinentes, reproductibles et fiables. Ils apprennent aussi comment en extraire des informations précieuses en se servant de tableurs et de calculs statistiques. Ceci constitue un point d'entrée pour l'analyse de données, qui est une compétence importante utilisée en recherche scientifique. Utiliser le SchoolCO2web fournit une excellente occasion, sur un thème pluridisciplinaire, de familiariser les élèves avec une pratique scientifique intéressant à la fois les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie.



Cet exemple de graphique obtenu à partir des données issues de SchoolCO2web (ici les concentrations de CO₂ et les températures relevées pendant une semaine en juillet 2010 dans un collège néerlandais) illustre bien la relation entre température et concentration de CO₂ : pendant la journée, la température monte, l'air se mélange bien et le CO₂ se répartit, d'où une concentration près du sol plus faible; pendant la nuit, la température chute, l'air se mélange moins bien et le CO₂ est plus concentré dans les premiers mètres de l'atmosphère.

