

Démarche de sensibilisation à la problématique du changement climatique dans le cadre d'un partenariat entre université, laboratoires de recherche et établissements du secondaire

Paula BRUZZONE-ROUGET^{1*}, Marc JAMOUS², Marie-Christine DAT³, Martin O'CONNOR¹

¹Centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement (C3ED) UMR n°063 (IRD-UVSQ)

57 boulevard Vauban – 78047 Guyancourt Cedex

* auteur correspondant : Paula.Bruzzo@c3ed.uvsq.fr

²Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement (IPSL), Université Pierre et Marie Curie, B 101 - T. 45, 4, place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05

³Fondaterra Fondation européenne pour des territoires durables, Maison de l'environnement des sciences et du développement durable, 6 rue Haroun Tazieff – 78114 Magny-les-Hameaux

Résumé

Le C3ED, Fondaterra et le LSCE se sont associés pour proposer une démarche de sensibilisation des collégiens et lycéens à la problématique du changement climatique. Des ateliers ou des classes ont réalisé des activités expérimentales sur le cycle du carbone et ont suivi une approche numérique avec le logiciel VGAS. Cet outil a permis aux élèves d'évaluer leurs propres émissions de gaz à effet de serre et de quantifier les réductions des émissions lorsqu'on modifie des gestes de la vie quotidienne. Le kit pédagogique issu peut être valorisé sous la forme d'un manuel scolaire national adapté aux établissements du secondaire.

Mots-clés : changement climatique, partenariat, sensibilisation, logiciel, kit pédagogique

1. HISTORIQUE ET PARTENARIAT

1.1 Objectif du projet

Le thème des changements climatiques est de plus en plus évoqué et les actions de communication et de sensibilisation concernant ce sujet sont nombreuses. La convergence de plusieurs actions du C3ED sur le thème des changements climatiques a amené l'équipe IACA¹ à connecter ces différentes actions, afin de réaliser au mieux les objectifs individuels et communs.

- CARBOSCHOOLS : les démarches de "vulgarisation" des connaissances sur le « cycle de carbone » menées par le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) de l'IPSL (Marc Jamous) et ses partenaires (notamment des collèges/lycées et Fondaterra – Marie-Christine Dat, Paula Bruzzone) ;
- UVED : MODULE PEDAGOGIQUE « CHANGEMENTS GLOBAUX » : l'engagement pris par l'UVSQ en tant que membre de l'UVED (Université virtuelle en environnement et développement durable) ;
- VGAS : le logiciel permettant de quantifier les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités de la vie quotidienne est à exploiter dans la logique du programme CarboSchools et constitue une approche originale pour le module UVED.

La boucle [CarboSchools / module UVED / VGAS] constitue la démarche présentée dans ce document. Elle s'est essentiellement déroulée entre septembre 2006 et mai 2007. Des établissements d'enseignement secondaire ont bénéficié de cette synergie faisant intervenir des partenaires d'origines diverses mais dans une cohérence d'objectifs : la compréhension des phénomènes de changements climatiques, leurs origines et conséquences, la part des comportements humains.

1.2 Le logiciel VGAS

VGAS est un outil multimédia qui a pour objectif de sensibiliser le public aux enjeux environnementaux des émissions de gaz à effet de serre. En prenant en compte les comportements individuels, VGAS fait un lien entre les connaissances scientifiques et les connaissances propres à l'utilisateur pour la mise en œuvre du processus d'apprentissage.

VGAS est un logiciel développé dans le cadre du projet européen ViRTU@LiS², qui réunit des partenaires de centres de recherche dans différents pays d'Europe. Le logiciel peut être ainsi utilisé en 5 langues (français, anglais, portugais, espagnol et italien) et les paramètres disponibles concernent les 5 pays.

VGAS a été développé par le Joint Research Centre (JRC) à l'Institut pour la protection et la sécurité du citoyen (Institute for the Protection and Security of the Citizen) à Ispra, Italie, sous la direction d'Ângela Guimarães Pereira, en collaboration avec Y-Dreams Portugal.

1.3 L'histoire de VGAS en quelques mots

Le projet ULYSSES, dirigé à la fin des années 90 par l'équipe du JRC, a permis l'élaboration d'un prototype de « calculateur personnel » des émissions personnelles de CO₂ sur la base de données provenant de l'utilisateur d'une manière interactive. Cet outil permettait d'obtenir une réponse

¹ Incertitudes, analyses, concertation, aménagements : équipe du C3ED dirigée par le Pr Martin O'Connor.

² ViRTU@LiS est l'acronyme du projet multi-partenaires Apprentissage Social autour des Enjeux Environnementaux à l'aide des Technologies Interactives d'Information et de Communication (Contrat n°IST-2000-28121, 5e programme cadre de la Commission européenne 1998-2002 Technologies pour l'information de la société (IST) Clé d'action 1: Systèmes et services pour le citoyen), coordonné par Martin O'Connor au C3ED, de 2001 à 2004 (<http://www.virtualis-eu.com>).

quantitative dans un cadre intuitif à la question « comment mon mode de vie influence le problème global ? ». Il donnait une indication des émissions de CO₂ annuelles provenant de la consommation personnelle d'électricité et du combustible pour le transport, suivant une trame de connexions.

Le calculateur personnel permet d'évaluer directement sa contribution personnelle à la production de gaz à effet de serre en comparaison avec la moyenne nationale, mais aussi avec la moyenne d'autres pays. Ainsi, explorer de scénarios de profils suivant un mode de vie différent permet d'apprécier les marges de manœuvre pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. A partir de ce type d'exercice, il a été envisagé que les processus sociaux peuvent faire émerger des dialogues, négociations, autoréflexions et peut-être même des accords. C'est le premier prototype qui, quatre ans plus tard sous la forme d'une réalité virtuelle interactive en 3D, deviendra VGAS dans le projet ViRTU@LiS.

Le projet ViRTU@LiS financé par la Commission européenne entre 2001 et 2004, entreprend le développement d'outils d'apprentissage et organisation de la connaissance scientifique sur les risques et défis dans le domaine de la gestion environnementale pour des publics non scientifiques. Il a réuni un consortium de spécialistes dans les technologies de l'information, développement durable, modélisation environnementale, politiques publiques et gouvernance, psychologie de l'apprentissage et apprentissage ouvert, afin de développer des outils d'apprentissage informatique sur les écosystèmes et les ressources naturelles. Quatre domaines environnementaux ont été sélectionnés : la pollution liée à l'agriculture, les émissions de gaz à effet de serre contribuant aux changements climatiques, les ressources d'eau douce et la pêche marine. Avec ces quatre domaines comme exemple, ViRTU@LiS a permis de créer une panoplie d'outils d'apprentissage novateurs pour améliorer les connaissances des citoyens sur la gestion environnementale et ses risques.

Le projet n'a pas été centré sur la technique dans un premier temps (même si un état de l'art de la visualisation, la navigation et les technologies de la gestion de la connaissance ont été utilisés), mais plutôt sur l'efficacité des produits (interfaces multifonctions signalées plus haut) dans des contextes de non spécialistes tel que le milieu scolaire et les programmes d'enseignement universitaire, avec des groupes de citoyens et avec l'industrie et les collectivités territoriales en tant que parties prenantes de l'éducation durable, politiques et gestion des ressources. ViRTU@LiS a permis de démontrer que des outils réalisés par les TIC peuvent faciliter l'apprentissage par des membres non spécialistes de la société grâce à une « traduction » de l'expertise scientifique et technique dans des formats accessibles et pertinents pour les utilisateurs non spécialistes. La base est la conception de l'apprentissage comme un « voyage de découverte », prenant place partiellement dans un espace virtuel (qui évoque et dépeint cependant des espaces et des lieux réels), dans ce cas un voyage de l'individu dans la société « à travers la durabilité ».

L'idée était de créer des TIC qui permettent aux utilisateurs, individuellement ou collectivement, d'explorer et répercuter sur leurs propres actions, dans des contextes social, économique, institutionnel et écologique. Deux composantes principales de l'opportunité d'apprentissage sont distinguées. D'abord, l'utilisateur peut mesurer les impacts de son propre mode de vie sur les caractéristiques de l'environnement ou de la ressource en question. Ensuite, l'utilisateur peut explorer des possibilités alternatives pour les changements sociaux et économiques en vue de la durabilité. C'est le cadre offert par VGAS sur la question des gaz à effet de serre et les changements climatiques.

1.4 Partenariat avec le milieu scolaire

Une série d'interventions sur le thème du développement durable et de la gestion des ressources naturelles et de l'environnement s'est déroulée, depuis l'année 2003, dans les classes de tous les niveaux du collège Pierre de Coubertin à Chevreuse (78). La collaboration entre l'université et le collège vise, d'une part, à confronter les élèves aux problèmes de gestion collective des ressources renouvelables et de



l'environnement, dans les pays occidentaux comme dans les pays du Sud, en réconciliant les impératifs économiques, la demande sociale et la préservation de l'environnement dans l'optique du développement durable. D'autre part, il s'agit d'amener les élèves à utiliser des outils multimédias interactifs, qui établissent une passerelle entre les connaissances formelles (issues des démarches scientifiques) et les connaissances informelles (issues de leur propre expérience), comme support pédagogique pour la découverte des problématiques associées à la gestion de l'eau, à l'agriculture, à la ressource halieutique, à la biodiversité et au changement climatique.

1.5 Partenariat du projet avec le LSCE et Fondaterra

Au sein de CarboEurope et Carbo-Ocean (deux projets européens de recherche sur le cycle du carbone), des scientifiques se sont engagés à faire progresser la connaissance du cycle du carbone par le grand public et à mieux comprendre comment l'homme déséquilibre ce cycle en émettant du dioxyde de carbone et du méthane dans l'atmosphère qui ne sont pas totalement absorbés par les puits naturels. L'initiative CarboSchools promeut la mise en place de partenariats dans des pays européens entre chercheurs et enseignants du secondaire afin de développer des activités en classe ou en atelier avec les élèves.

1.5.1 Objectifs pédagogiques

CarboSchools affiche trois principaux objectifs pédagogiques :

- prise de conscience par les jeunes du changement climatique et du rôle des principaux gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane) ;
- développement d'une meilleure connaissance de la recherche scientifique ;
- inciter les jeunes à agir au niveau local pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'approche expérimentale, couvrant les deux premiers objectifs, est complétée par l'utilisation du logiciel VGAS, qui permet d'aborder le troisième point.

1.5.2 Partenariat

En intégrant le logiciel VGAS dans le kit pédagogique proposé aux enseignants français dans le cadre de CarboSchools pour l'année scolaire 2006-2007, le C3ED et Fondaterra se sont associés au LSCE. Ce partenariat concerne l'élaboration et la valorisation de l'opération CarboSchools.

Le LSCE essaye de développer une démarche d'investigation de la part des élèves : ils se posent des questions sur les changements globaux, soit à partir de leurs connaissances propres, soit à partir de recherches documentaires. Ils élaborent ensuite eux-mêmes des protocoles expérimentaux, participent à la réalisation de leur matériel (petites serres, prélèvement de carottes d'arbres...), réalisent des expériences et comparent leurs résultats à de nouvelles sources documentaires. Le LSCE propose du matériel et des protocoles expérimentaux, ainsi que des pistes de réflexion. Les enseignants sont maîtres de la progression pédagogique. Le LSCE a proposé trois pistes expérimentales : dendrochronologie, étude des sources et puits de carbone, échanges carbonés entre l'océan et l'atmosphère.

Ces trois pistes sont complétées par une approche sociétale des enjeux environnementaux à travers le logiciel VGAS. Celui-ci permettra de relier les connaissances acquises au cours de la première phase expérimentale concernant le cycle du carbone avec le problème des changements climatiques, concernant les politiques publiques (choix énergétiques, transport...) et les décisions individuelles.

La synergie des deux approches (expérimentale et interactive) est justifiée par une démarche scientifique commune : on pose des questions, puis on propose des hypothèses, on réalise des recherches documentaires, enfin on valide ou on rejette les hypothèses de départ. Ainsi, les deux

approches laissent aux élèves la possibilité de vérifier leurs réponses, ce sont des instruments permettant de mettre en pratique la démarche scientifique.³

1.5.3 Le rôle de VGAS dans CarboSchools

VGAS est un outil essentiel de l'apprentissage dans Carboschools. Il constitue une interface conviviale pour découvrir les informations relatives aux changements climatiques, en construisant une passerelle entre les connaissances scientifiques et les besoins et les intérêts des non-spécialistes.

1.6 Partenariat financier avec le conseil régional d'Ile-de-France, le rectorat de Versailles et le CNRS

Onze établissements du secondaire (collèges et lycées) d'Ile-de-France ont participé à l'opération. Le conseil régional a apporté une contribution financière en participant à la rémunération d'un médiateur scientifique engagé au sein du LSCE pendant une année et à ses déplacements au sein de la Région.

Le projet a été validé et subventionné par le rectorat de Versailles, à travers des ateliers scientifiques et techniques (AST). Des enseignants ont pu ainsi obtenir quelques heures complémentaires pour l'accompagnement de ces ateliers.

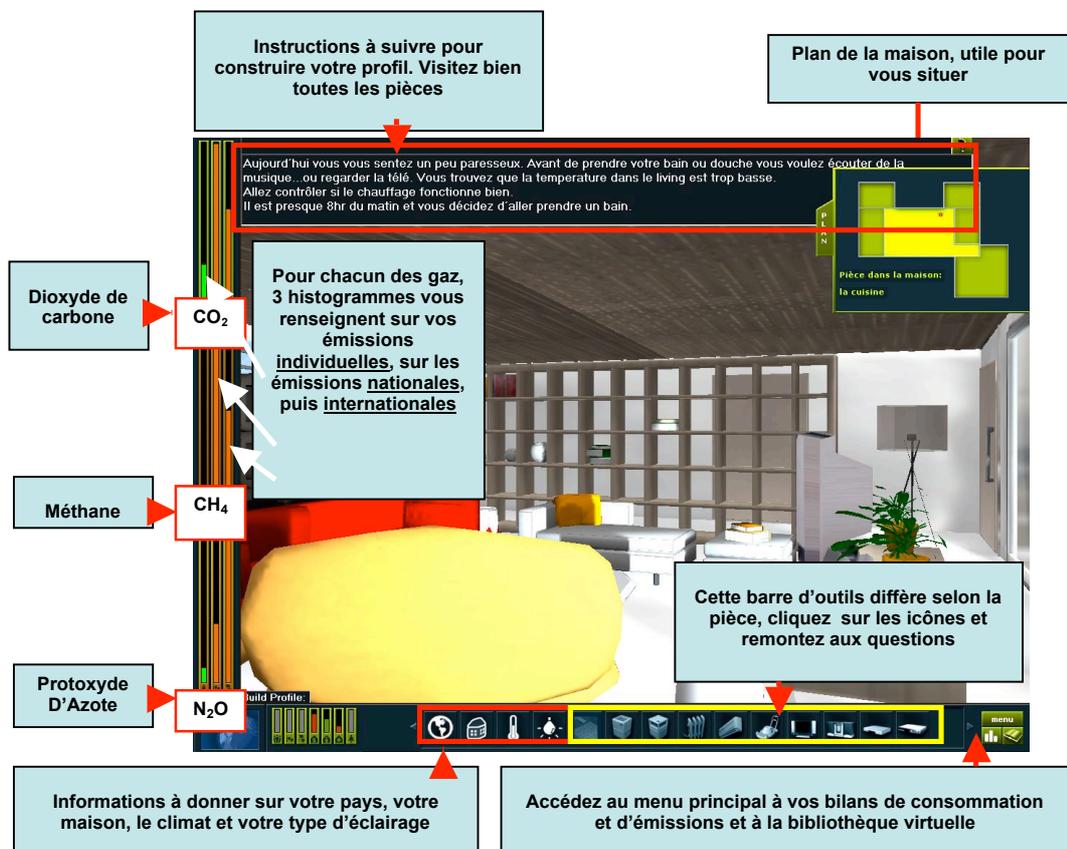
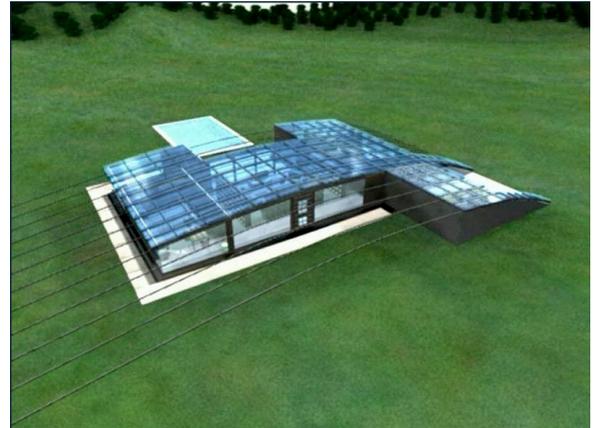
Le CNRS a aussi dédommagé quelques en finançant le LSCE avec plusieurs aides « passions recherches ».

³ La présente communication ne présente pas l'ensemble de manière équilibrée : nous entrerons plus en détail sur l'approche autour de VGAS que sur l'approche expérimental sur le cycle du carbone.

2. STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DE VGAS

2.1 Utilisation de VGAS

VGAS se présente comme la visite virtuelle d'une maison par simulation des déplacements. Au fur et à mesure qu'on paramètre la maison en fonction des comportements de l'utilisateur, le logiciel calcule la quantité de gaz à effet de serre que celui-ci émet dans l'atmosphère. Trois gaz à effet de serre sont pris en compte : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).



3. DEMARCHE APPLIQUEE DANS LES ETABLISSEMENTS

Le thème des changements climatiques étant pluridisciplinaire, les établissements participants ont mobilisé des enseignants de physique-chimie, de SVT, mais aussi de mathématiques, de technologie et d'histoire-géographie. Ces enseignants ont bénéficié d'une formation assurée par des scientifiques et des spécialistes.

3.1 Des pistes expérimentales

Cette partie a pour objectif d'établir une proposition concrétisée sur moyen terme pour un programme offert aux écoles après la rentrée 2008.

3.1.1 Contenu des activités proposées

La phase expérimentale comporte plusieurs pistes au choix pour les enseignants (qui pourront en suivre une, deux ou plusieurs – il s'agit d'exemples des sujets pouvant être abordés). Dans ce document, nous allons développer les pistes que nous avons mises en place pendant l'année scolaire 2006-2007 mais il est possible d'en développer d'autres. De même, des explorations visant d'autres sujets que le cycle du carbone n'ont pas à être exclues, comme l'étude de liens entre la fonte des glaces et la montée des mers, la réalisation de maquettes mettant en évidence la circulation thermo-haline et son fonctionnement, ainsi l'observation par satellites de données climatiques.

La dendrochronologie est l'étude de l'épaisseur relative des cernes des arbres. Par exemple, un été de sécheresse provoque un faible accroissement de l'épaisseur des arbres soumis à cette sécheresse. Des années plus tard, une carotte réalisée dans le tronc de ces arbres ou l'observation des souches après abattage révéleront un cerne dont l'épaisseur est faible par rapport aux cernes précédents et suivants. Ainsi, en établissant un profil "épaisseur des cernes en fonction des années" et en le comparant à des événements climatiques, comme des sécheresses ou des années à fortes précipitations, les élèves peuvent établir un moyen indirect de connaître les climats passés. Les élèves pourront ensuite étudier des profils établis à partir de matériel très anciens (poutres de bâtiments, d'églises, vieux bois de marais) et faire des hypothèses sur les climats des deux derniers millénaires. Il est à noter que c'est par l'étude entre autres de bois que nous connaissons les températures de nos régions au cours des deux derniers millénaires.

L'étude des sources et puits de carbone est réalisée par les élèves grâce à des capteurs de CO₂ fournis par le LSCE ou le C3ED. Les élèves peuvent mesurer la concentration en CO₂ dans l'air ambiant (de la classe, de l'extérieur, sur le parking, près d'une route, en pleine forêt...) et réfléchir ainsi à la régulation du dioxyde de carbone atmosphérique. Des expériences avec des mini-serres à des températures et à des concentrations initiales en CO₂ différentes permettent de mettre en évidence les rôles complémentaires de la photosynthèse et de la respiration : en phase d'éclaircissement, la concentration en CO₂ de l'air dans la serre diminue, en phase sombre, elle augmente. En jouant sur la durée des phases d'éclaircissement et d'obscurité, les élèves peuvent reproduire les saisons et comprendre peu à peu la régulation fine du CO₂ par la végétation et les sols, ainsi que la perturbation causée par l'Homme sur cette régulation. Les possibilités d'expérimentation avec des mini-serres sont très variées. L'intéressant, nous semble-t-il, est que les élèves réalisent eux-mêmes ce matériel, avec l'aide, évidemment, de leurs professeurs.

Les échanges océan-atmosphère sont mis en évidence à partir d'expériences avec de l'eau de mer et les capteurs de CO₂. On peut mettre en évidence des flux de dioxyde de carbone dans les deux sens : de l'eau de mer vers l'air, et de l'air vers l'eau de mer, en enrichissant en CO₂ soit l'eau de mer, soit l'air surplombant l'eau de mer. Dans le premier cas, une augmentation de CO₂ dans l'air ambiant est mise en évidence, dans le second cas, c'est une diminution qui est observée. L'absorption de CO₂ dans l'air ambiant est quantifiée par une baisse de l'alcalinité de l'eau de mer grâce à un pH-mètre, instrument dont la plupart des établissements est pourvue. Ce résultat sensibilise les élèves à l'acidification des océans, conséquence déjà présente de l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

En fonction des pistes choisies, le LSCE fournit les documents et le matériel expérimental nécessaire pour l'aborder : documents historiques donnant des preuves indirectes de l'évolution des climats,

images de carottes faits sur des arbres, instruments de carottage si les enseignants souhaitent carotter sur leurs propres matériels, capteurs de CO₂, etc.

Des solutions sont proposées aux enseignants pour pallier le coût engendré par les activités expérimentales (heures d'enseignement, serres, capteurs de CO₂ propres à l'établissement...). Le collège peut ainsi constituer un atelier scientifique et technique. La demande doit être déposée par la hiérarchie de l'établissement auprès du rectorat académique à la rentrée (correspond à quelques financements et des heures pour les enseignants). Une demande de subvention « passions recherches » auprès du CNRS peut également être réalisée. Le dossier doit être signé par le chef de chacun des établissements, il apporte environ 300 € de subventions au laboratoire par établissement partenaire.

Au-delà de l'accompagnement sur les trois pistes expérimentales, le LSCE propose des interventions de ses chercheurs afin d'introduire la thématique et pour conclure les expériences. Le LSCE propose également la visite guidée du laboratoire par les élèves. Elle se produit indifféremment en début, milieu ou fin du parcours. La visite se fait alors par groupes de 7 à 10 élèves, qui tournent sur des ateliers différents.

Quelques photos d'un atelier (collège Rosa Luxemburg, Lisses)



Séance de carottage



Observation à la loupe d'une tranche d'arbre

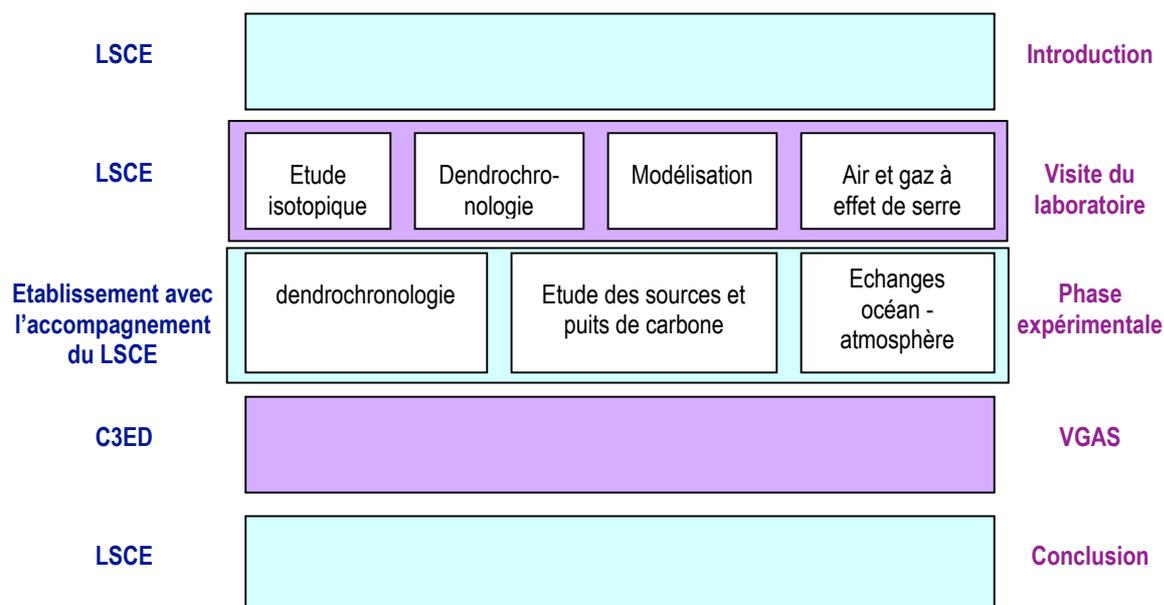


Mesure de cernes sur écran



Fabrication d'une « mini-serre »

Enfin, le C3ED propose des interventions avec le logiciel VGAS, qui peuvent également avoir lieu avant, au milieu ou en fin de la phase expérimentale (en violet sur le schéma ci-dessous).



3.1.2 Le parcours cognitif de VGAS

L'objectif de l'utilisation du logiciel est d'apprendre aux élèves à évaluer leur contribution aux gaz à effet de serre. Les éléments d'interaction pour l'apprentissage comprennent principalement le changement d'attitude.

Au point de départ de l'apprentissage, les élèves sont au stade de la connaissance générale. Elle est différente pour lycéens et collégiens et concerne : les gaz à effet de serre / changements climatiques (évaluées sous la forme d'un premier test), leur maison, la navigation en 3D, leur propre contribution au phénomène, le projet CarboSchools.

En état final, on souhaite une amélioration de la connaissance (« J'ai compris la possibilité de choisir de changer ma contribution individuelle en gaz à effet de serre de manière significative » : marge de manœuvre à l'échelle personnelle) et une nouvelle attitude (« Le changement climatique et les gaz à effet de serre me concernent »).

Une motivation permet d'atteindre cet état final : « Je veux faire telles actions afin de produire moins de gaz à effet de serre ».

Le parcours cognitif peut être décrit de la façon suivante :

- 1) Qu'est-ce que ce cahier ? (cahier de l'élève)
- 2) Test : que sais-je sur les gaz à effet de serre ?
 - a. Qu'est-ce que les gaz à effet de serre ? (relation avec les changements climatiques)
 - b. Quelles sont les conséquences des changements climatiques ?
 - c. L'effet de serre existe naturellement
 - d. Comment les activités humaines jouent sur les émissions de gaz à effet de serre ?
- 3) Est-ce que ma connaissance sur les gaz à effet de serre et les changements climatiques est correcte ?
- 4) Comment est-ce que je peux évaluer ma contribution aux gaz à effet de serre ?
- 5) Qu'est-ce que je dois faire pour utiliser VGAS ?
 - a. Quel est mon parcours ?

- b. Comment commencer ?
 - c. Qu'est-ce que toutes ces icônes veulent dire ?
 - i. Les icônes qui me permettent d'interagir avec VGAS
 - ii. Les icônes qui sont modifiées lorsque je change mon profil : comment est-ce que mon profil change le monde ?
 - iii. Qu'est-ce que je fais quand j'ai fini de construire mon profil ?
- 6) Evaluation des nouvelles connaissances
- a. Mon profil : qu'est-ce que je comprends qui contribue aux gaz à effet de serre ?
 - b. Mon mode de vie a un effet sur les émissions de gaz à effet de serre.
 - c. La réduction de quel gaz semble significative ?
 - d. Que puis-je faire pour réduire ce gaz ? (lien entre connaissance et action)
 - e. Quel est le lien avec ce que j'ai fait pendant la partie expérimentale ? (si VGAS est réalisé après les expériences)
- 7) Evaluation de VGAS et du cahier de l'élève

Cette évaluation finale, récupérée par l'animateur, permet d'une part de vérifier que l'objectif de la démarche a été atteint, d'autre part de récupérer les commentaires des utilisateurs concernant l'attractivité du logiciel et d'en profiter pour des développements ultérieurs, enfin de récupérer les commentaires des utilisateurs concernant les livrets afin de les améliorer.

3.2 Les outils d'accompagnement de la démarche

Avant l'animation, les enseignants reçoivent une brochure de 4 pages présentant VGAS et son usage possible dans les écoles, ainsi qu'un livret de 40 pages explicitant les usages possibles de VGAS.

Le jour de l'intervention, les élèves ont à leur disposition un cahier comprenant : un questionnaire pour évaluer leur connaissance sur les gaz à effet de serre, un guide d'utilisation de VGAS pour comprendre ce qu'il faut faire pour utiliser le logiciel, des valeurs par défaut (pour les collégiens), un questionnaire d'évaluation de leur visite dans la maison VGAS. Le cahier des élèves est disponible en quatre versions : collège / lycée ; avant / après la phase expérimentale.

Le cahier pédagogique permet de garder une trace du travail des élèves et d'évaluer l'outil et les connaissances acquises. Il sera donc conservé par les élèves, qui pourront revenir dessus s'ils souhaitent approfondir leur connaissance. Le questionnaire d'évaluation se présente en trois étapes, suivant le parcours cognitif :

1. Réflexions sur son bilan personnel : soi-même, les autres et ce qui pourrait être considéré par l'élève comme « idéal »
2. Interprétation des choix : quels sont les choix qui sont considérés comme significatifs ?
3. Relation avec le cycle du carbone : tous les gaz présentés par VGAS ne concernent pas l'élément carbone, mais quelle est la part de chacun des gaz dans l'augmentation de l'effet de serre ?

Le cahier de l'élève sera distribué de préférence avant l'intervention, afin de pouvoir se familiariser avec le fonctionnement du logiciel à l'aide des explications et pouvoir remplir les valeurs concernant son propre mode de vie, à l'aide des parents. Cela demande d'ailleurs aux parents de s'investir dans l'activité, qui voudront peut-être ensuite en connaître les retours.

Si les enseignants souhaitent aller plus loin dans l'utilisation de VGAS, un cahier d'exercices dirigé au grand public est disponible également.

3.3 Détails pratiques de l'utilisation de VGAS

3.3.1 Temps requis

L'utilisation optimale du cahier de l'élève requière ou bien 2 heures à la suite, ou bien 3 séances de 1 heure (nécessité de revenir sur les séances précédente). Une utilisation réduite de VGAS est cependant possible sur deux heures. L'intervention est vraisemblablement plus efficace en découpant en plusieurs séances (d'environ 1 heure).

La première séance se décompose en deux parties.

D'abord, des questions sont formulées envers les élèves pour évaluation l'état de la connaissance initiale. Il s'agit de savoir ce que les élèves ont retenu des explications du LSCE lors de leur première séance de brainstorming, et le rappel de ces explications. Les élèves retiennent mieux lorsqu'il s'agit d'ateliers par rapport aux classes entières.

Les élèves passent ensuite à la construction de leur profil. Cette activité peut être divisée en plusieurs étapes :

1. Explication des icônes de l'écran : paramètres à modifier, différents types d'indicateurs d'émission de gaz à effet de serre...
2. Construction accompagnée de la chambre : les élèves modifient les paramètres de la chambre (avant de commencer leur visite virtuelle) afin de comprendre le fonctionnement des différents types d'icônes présentées auparavant.
3. Visite virtuelle dans la maison et modification des paramètres des autres pièces de la maison VGAS. Après avoir expliqué aux élèves l'intérêt des indications en haut de l'écran, ils sont prêts pour une visite libre de la maison. Les élèves ne construisent pas tous leur profil à la même vitesse, la division de l'intervention en plusieurs séances permettra de reprendre tous au même niveau la deuxième phase.

La deuxième séance commence en général par la vérification du profil. Le profil enregistré lors de la première séance peut être altéré (ou inachevé). Il s'agit de prendre quelques minutes pour que tous les élèves reprennent l'activité au même point. Ensuite, cette séance servira surtout à l'analyse du profil. L'élève doit reprendre les graphiques d'émission de gaz à effet de serre et de mode de vie. Il doit aussi écrire la quantité émise pour chacun des gaz et les sources principales. Une correction générale est alors organisée. Il s'agit de mettre en évidence les différents ordres de grandeur (CO_2 de l'ordre de quelques milliers de kilogrammes émis par an pour les utilisateurs de chauffage à combustible fossile, de l'ordre de quelques centaines de kilogrammes par an pour les utilisateurs de chauffage électrique, CH_4 de l'ordre de quelques dizaines de kilogrammes par an, N_2O de l'ordre de quelques centaines de grammes par an). La différence entre l'ordre de grandeur pour le combustible fossile et pour l'électricité permet d'aborder les sources d'énergie produisant l'électricité, méconnues pour les collégiens. Ceci est suivi sur les problèmes liés à l'énergie nucléaire et aux énergies renouvelables. Les sources d'émission des gaz à effet de serre permettent de confirmer les origines abordées lors du premier test.

Une troisième séance permet de réfléchir sur des actions à mettre en place pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. A partir des sources significatives mises en évidence, il s'agit de modifier les paramètres de façon à avoir une diminution des émissions de gaz à effet de serre, qui pourra être discutée. Ensuite il est possible d'établir une relation avec les expériences « cycle du carbone ». Les élèves répondent à des questions qui seront ensuite discutées en classe entière. Cette dernière séance peut être prise en charge par l'enseignant lui-même.

Lorsque la séance est constituée de deux heures à la suite, elle peut être éventuellement complétée par l'intervention d'un chercheur en sciences économiques et environnement. Celui-ci pourra aborder le thème par une approche socio-économique et politique, en particulier concernant les marchés de quotas de CO₂ qui intéressent notamment les lycéens. Cette étape est intéressante pour montrer l'interdisciplinarité de l'étude du sujet des changements climatiques et de l'environnement en général.

3.3.2 Articulation avec l'expérimentation

VGAS peut s'articuler de plusieurs manières avec la phase expérimentale :

En début de parcours, VGAS permet de structurer la voie d'exploration du thème des changements climatiques. Le logiciel permet ainsi d'introduire le CO₂ et le cycle du carbone qui sera ensuite étudié de manière expérimentale.

En fin de parcours, lorsque le cycle du carbone est connu sous l'angle expérimental, VGAS permet de positionner l'élève dans la problématique des changements climatiques.

3.3.3 En classe, en atelier, seul à la maison ?

Selon les possibilités de l'établissement, plusieurs solutions sont possibles pour l'utilisation de VGAS.

Certains établissements (collèges / lycées) ont la possibilité de constituer un atelier scientifique. Les élèves participant sont en moyenne une dizaine. L'enseignant a alors du temps pour les expériences, et une séance ou deux de VGAS est envisageable. Les élèves pourront alors utiliser chacun un ordinateur de la salle informatique de l'établissement, ou encore deux élèves par ordinateur. Le logiciel sera installé préalablement dans chacun des postes. L'atelier dure environ 1h30, ce qui est court pour aborder l'ensemble des questions de VGAS. Il est donc conseillé de disposer de deux séances ou plus pour pouvoir approfondir.

D'autres établissements prévoient l'intervention pendant leurs heures de cours, en mobilisant des classes entières. Dans ce cas, les élèves devront être repartis en général en binôme. Une séance de 2 heures est le minimum pour l'utilisation de VGAS, mais le temps dépend également du nombre d'élèves et de leur niveau (les lycéens comprendront plus rapidement le sens des questions, alors que des explications complémentaires seront peut-être fournies aux collégiens).

Enfin, VGAS peut aussi être exploité en dehors de l'établissement. VGAS peut alors être directement téléchargé par l'élève chez lui. Son poste informatique doit être conforme aux spécificités techniques suivantes : Pentium 3, 256 RAM, 500 Mo, Microsoft Windows XP, Millenium ou 2000. Le logiciel utilise la réalité virtuelle nécessitant des cartes vidéo 3D (32 Mo). Utilisant une approche ludique, VGAS sera moins perçu comme un « devoir » que comme un « nouveau jeu ».

Le cahier de l'élève se prête à chacune des utilisations. Pour ce dernier cas d'utilisation en individuel, le cahier permet un travail autonome, en accompagnant le parcours de l'élève. Lorsque VGAS est utilisé en contact direct avec un animateur (en classe ou en atelier), les explications seront fournies par l'animateur. Le cahier a alors un rôle de rappel et de trace du travail de l'élève, qui pourra garder le cahier pour une utilisation ultérieure chez lui.

3.3.4 Coûts variables

La charge de travail de l'intervenant dans l'établissement scolaire suppose d'une part l'installation du logiciel (sauf s'il est installé par l'établissement) estimée à 2 heures de travail pour 15 PC, d'autre part l'animation (compter environ 3 heures par établissement), enfin l'exploitation des évaluations des livrets (élève et enseignant) et du logiciel.

3.5 La restitution finale sous forme de colloque

Le LSCE a organisé un colloque grand public, sous la forme d'un cycle de conférences accompagnées de longues périodes de questions réponses entre le public et les conférenciers qui sont tous des chercheurs de renommée internationale. Un volet pédagogique a eu lieu pendant une après-midi avec les présentations des travaux sur le cycle du carbone des élèves des collèges et lycées partenaires du projet. Un comité a sélectionné les exemples les plus intéressants, avec des prix à la clé.

4. PERENNISATION

4.1 Généralisation de la démarche

La démarche a été conçue dans l'objectif d'être pérennisée. L'expérience, réalisée en Ile-de-France sur onze collèges et lycées entre les mois de septembre 2006 et mai 2007, peut s'appliquer à d'autres établissements et d'autres régions (voire d'autres pays, VGAS pouvant être utilisé en d'autres langues). De plus, elle peut se poursuivre sur plusieurs années, comme c'est le cas pour l'utilisation de VGAS (convention entre le collège Pierre de Coubertin de Chevreuse (78) et l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines) ou pour les pistes expérimentales, qui ont concerné encore une dizaine d'établissements de la région Île-de-France pendant l'année scolaire 2007-2008.

Cette démarche permet d'aborder le thème des changements climatiques, couvrant plusieurs objectifs. D'une part, elle permet de traiter l'éducation à l'environnement (dans le cadre des propositions du Grenelle de l'environnement) et peut-être aussi coupler cette démarche avec la mise en place d'agendas 21 scolaires. Ensuite, la pluridisciplinarité de la démarche a plusieurs implications : comprendre la complexité des questions environnementales, faire un lien entre les différentes disciplines et connaissances, comprendre la diversité de la recherche scientifique. Ainsi, les élèves peuvent approcher le domaine de la recherche et le scientifique : des « sciences dures » aux sciences sociales et humaines. Apprendre que les scientifiques qui travaillent sur l'environnement ne sont pas seulement des constructeurs d'éoliennes, des chimistes qui étudient la pollution de l'eau, mais aussi des physiciens qui produisent des modèles numériques pour comprendre le cycle du carbone ou encore un groupe de personnes provenant de disciplines différentes qui se réunissent pour construire des logiciels permettant de cerner les enjeux environnementaux.

VGAS est aujourd'hui stabilisé et régulièrement entretenu. En parallèle de la maintenance de VGAS et de l'exploitation des outils scolaires en français, les créateurs ont mis à disposition une version simplifiée pour téléphone portable, mobGAS (<http://mobgas.jrc.ec.europa.eu>). L'objectif de cette application pour téléphone portable est d'impulser à faire des petits changements dans la vie quotidienne des utilisateurs, de façon à atteindre des réductions significatives des émissions de gaz à effet de serre. Il a été développé pour les 27 pays européens et est disponible en 21 langues. En France, il est aujourd'hui possible de télécharger l'application et l'utiliser, mais il n'existe pas encore une communauté d'utilisateurs.

4.2 Conception d'un kit pédagogique

Un kit pédagogique a été conçu, il manque à réaliser sa formalisation. En effet, des documents englobant l'ensemble de la démarche (phases interactive et expérimentale) ont été produits : livret de l'élève (en 4 versions différentes), livret de l'enseignant, brochure, questionnaire d'évaluation du logiciel, cahier d'exercices, corrigé des exercices. De plus, le LSCE a conçu un certain nombre de fiches présentant chacune des pistes expérimentales et mettant à disposition une littérature ou des exemples complémentaires. Du matériel de pointe (capteurs CO₂) a été acheté pour la réalisation des expériences. Tout ceci peut constituer une « malle » pédagogique, qui peut être mise à disposition des établissements du secondaire.

4.3 Proposition de manuel scolaire

La documentation réalisée pour la démarche a pour objectif d'être diffusée afin de pérenniser la démarche elle-même. Ainsi, la formalisation de ces livrets et fiches pourrait constituer un manuel scolaire à mettre à disposition des établissements du secondaire.

Cet ouvrage s'inscrit sur la base de ce qui est déjà fait. Ainsi, l'UVED a publié dans son ouvrage numérique (février 2008) une première version de ce manuel électronique, sous la forme de la contribution « Évaluation de la contribution individuelle aux émissions de gaz à effet de serre »⁴.

La version finalisée nécessite un investissement pour aboutir ce travail et réaliser une reproduction à grande échelle, d'une manière adaptée aux programmes scolaires. Un accompagnement spécifique à ce support (CD ROM ou autre) du type tutorat est possible si des financements sont disponibles pour ce type d'activité.

⁴ www.uved.fr - La contribution constitue un chapitre du module n°1 « Changements globaux », partie « Aspects politiques, économiques et sociaux des changements globaux ».