

# Un jeu de rôle pour la scolarisation d'une question socioscientifique

La question des énergies renouvelables

Catherine Barrué  
CREAD - Université de Bretagne Occidentale  
[Catherine.barrue@inspe-bretagne.fr](mailto:Catherine.barrue@inspe-bretagne.fr)

Damien Grenier  
CREAD - Université de Rennes  
[damien.grenier@ens-rennes.fr](mailto:damien.grenier@ens-rennes.fr)

**Résumé :** La scolarisation des questions socioscientifiques est défendue depuis les deux dernières dizaines d'années par de nombreux didacticiens des sciences avec une visée d'Éducation Citoyenne. Il est alors nécessaire de se pencher sur la manière de les enseigner. Cet article décrit un jeu de rôle traitant de la question du choix des énergies renouvelables, conçu pour que des lycéens puissent se saisir de la complexité de la question. L'analyse a montré que les connaissances et la compréhension des concepts scientifiques a augmenté dans ce contexte social. Les résultats ont permis lors de deux nouvelles itérations de rendre ce jeu efficient pour des étudiants de SUPELEC et de l'ENS.

**Mots-clés :** questions socioscientific- éducation citoyenne- connaissances- jeu de rôle- énergies renouvelables

## A role play for socioscientific education

The issue of the sustainable energies

**Abstract :** A lot of researchers promote the schooling of socioscientific issues with an aim of citizenship education the last two decades. It raises the question of how to teach them. This paper describes a role-play about the choice of sustainable energies, built to enable young students to handle the complexity of this issue. This social situation seems to lead to a significant increase in scientific knowledge and in the understanding of energy concepts. New iterations have been implemented to make role-play more efficient for students of electrical engineering.

**Keywords :** socioscientific issues- citizenship education- knowledge-role play-sustainable energies

## INTRODUCTION ET CONTEXTE

Des questions liées aux biotechnologies, à l'environnement, au développement durable, aux choix énergétiques, agitent régulièrement les espaces social, politique et médiatique. Ces questions qui mettent en jeu des savoirs scientifiques en cours de construction ou non stabilisés renvoient alors à l'éducation des jeunes et au rôle de l'École. La visée éducative est de les outiller de compétences qui leur permettront de participer, dans leur vie d'adulte, aux choix qui se présenteront à eux dans un cadre démocratique. La prise en compte de cette dimension citoyenne a engagé certains didacticiens des sciences de nombreux pays (Grace, 2009; Kolstø, 2001; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, C, 2002; Sadler, 2004, 2009; Simonneaux, 2006; Hodson, 2003, 2010) à s'interroger sur la manière de former les élèves pour qu'ils puissent se saisir de la complexité de ces questions, adossées à des enjeux socio-politiques forts. Ces questions scientifiques et techniques où se mêlent de façon indissociable des questionnements socio-politiques (Sadler, 2004) sont reconnues en didactique des sciences comme des questions socioscientifiques (QSSs). Les enjeux éducatifs visés sont cependant différents (Barrué & Albe, 2013) pour ces didacticiens : apprendre des savoirs scientifiques, évaluer les discours des experts et l'information scientifique médiatisée, développer la compréhension de la nature de la science et les compétences argumentatives, et apprendre à prendre une décision. A la suite d'autres chercheurs qui promeuvent une Éducation Citoyenne émancipatrice, nous considérons que la mise en œuvre de l'étude des QSSs en classe est à mettre en relation avec des situations sociales. Elles sont alors le lieu de développement des compétences nécessaires à la compréhension de la complexité des QSSs. Ainsi, notre recherche se place dans l'approche théorique du modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une QSS » (Barrué, 2014; 2017). Ce modèle (Annexe 1) prend en compte les conditions de scolarisation d'une QSS dans une visée d'EC critique (ECc) avec une double visée : construire des dispositifs d'enseignement et de recherche et être un outil d'analyse des ceux-ci. Il prend en compte cinq dimensions qui caractérisent une ECc et certains éléments de la scolarisation des QSSs (Albe, 2007) qui les orientent : la dimension «connaissances», la dimension «argumentation», la dimension «enjeux», la dimension «information» et la dimension «engagement». La prise en compte de ces 5 dimensions conduit à construire des dispositifs délibératifs. Il peut s'agir d'organiser des débats pour agir sur des instances locales (Jimenez-Aleixandre al, 2002; Hogan, 2002) ou de délibérer pour prendre une décision informée (Böttcher & Meisert, 2013 ; Levinson, 2004). Des jeux de rôles (Hingant, 2013) ainsi que des simulations de débats publics (Barrué, 2014 ; Molinatti, 2010) sont également conçus pour traiter de telles questions. Les résultats de ces recherches montrent que des jeunes élèves comme des étudiants sont capables de s'engager dans de telles discussions. C'est pourquoi, notre dispositif implique différents panels autour d'un même jeu de rôle sur la question du choix des énergies. Il a été conçu dans l'approche théorique du Design-based research (DBR Collective, 2003) qui allie la recherche pédagogique empirique et la conception fondée sur la théorie des milieux d'apprentissage pour comprendre quand et pourquoi les innovations éducatives «marchent» ou ne «marchent pas» dans la pratique, au cours d'itérations successives. La construction de notre dispositif pédagogique mis en place dans un contexte authentique est cadrée par le modèle théorique. L'analyse des données récoltées conduit à une re-conception du dispositif par un procédé itératif et permet ainsi la compréhension des éléments théoriques dont il est issu.

Notre étude vise à déterminer comment des élèves peuvent s'exercer à une citoyenneté critique en participant à ce jeu de rôle. Nos objets de recherche portent sur les savoirs mobilisés dans l'argumentation et sur les stratégies envisagées par les différents groupes pour prendre leur décision. Nous cherchons également à voir si ils se saisissent des enjeux scientifiques et sociopolitiques, liés à la question des choix énergétiques. Dans cette communication, nous nous centrons alors sur les dimensions «connaissances» et « enjeux » du modèle d'ECc en répondant plus précisément aux questions suivantes : ce jeu de rôle

permet-il aux participants d'acquérir des connaissances scientifiques sur la question des énergies renouvelables ? Facilite-il la compréhension des enjeux sociaux, environnementaux et économiques ?

## **MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE**

### **Les participants**

Les participants de la première itération sont 34 élèves de deuxième année de lycée de classe scientifique (panel 1). A part son caractère scientifique, la classe ne présente aucune spécificité. Nous précisons que les notions abordées au cours du jeu de rôle sont au programme de physique de l'année mais que le jeu a été mis en place en amont de cet enseignement pour éviter de biaiser les résultats. La mise en place de ce dispositif de recherche a également un objectif éducatif pour l'enseignant de physique de la classe : introduire cette partie du programme et de permettre un état des lieux des connaissances des élèves. Une deuxième itération a été menée avec 20 étudiants ingénieurs de SUPELEC inscrits à un module optionnel. Cette itération a permis d'apporter les modifications nécessaires pour adapter le jeu au niveau universitaire en collaboration avec l'enseignant dans le cadre du DBR pour raffiner le design afin de répondre à nos mêmes questions de recherche. La troisième itération a été menée avec 8 étudiants de 3<sup>ème</sup> année de formation de l'ENS ayant choisi l'orientation « ingénierie électrique » (Master 2). Ils participent au jeu de rôle avec la version augmentée. Ces derniers constituent le panel 2 de notre étude.

### **Le jeu de rôle**

Les participants répartis en 4 groupes représentent 4 communautés qui vivent sur une île fictive. Leurs territoires sont délimités par des frontières (figure 1). L'objectif pour chaque groupe est de faire un choix de solution d'équipement en énergie renouvelable afin de rendre sa communauté autonome. Chaque groupe possède une carte « communauté » présentant la localisation des villages, le nombre d'habitations, la géographie du territoire ainsi que le mode de vie. Ils disposent de 9 cartes informatives sur les formes d'énergies renouvelables : solaire, géothermique, éolienne, hydroélectrique, hydrolienne, marémotrice, de houle, de combustion et de méthanisation ; des informations sont données sur le principe de fonctionnement, les avantages, les inconvénients, les impacts sur l'environnement et l'apport énergétique. Pour le niveau universitaire, les cartes énergies et les données sur l'île ont été enrichies. Une feuille de calcul a été mise à disposition des étudiants pour réaliser des simulations des propositions qu'ils pourraient retenir. Elle permet de vérifier que l'énergie fournie par les installations prévues satisfait effectivement les besoins de la population. Elle donne aussi une estimation du coût économique (en €) et du coût environnemental (en kg CO<sub>2</sub> émis).

Chaque groupe prend connaissance de l'objectif du jeu, du contenu des cartes, des contraintes géographiques et économiques, puis débat pendant un temps donné. Un rapporteur vient ensuite exposer, autour du plateau de jeu, la solution retenue ainsi que l'argumentation. Lorsque chaque groupe a exposé sa solution, les débats sont ouverts autour du plateau de jeu, les choix faits par certains ayant des conséquences pour les autres. Des rivalités, des négociations et des modifications des solutions peuvent alors émerger.

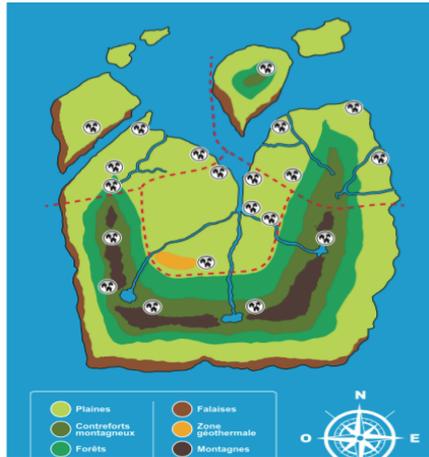


Figure 1 : carte de l'île virtuelle découpée en 4 territoires

## Les données et les méthodes d'analyse

Lors de la mise en place de notre design, nous avons recueilli différents types de données (Annexe 2). Des pré- et post-tests identiques ont été renseignés par les lycéens (panel 1) et étudiants (panel 2) afin de répondre à nos questions de recherche à propos des gains en terme de connaissances scientifiques et de prise en compte des enjeux environnementaux et socio-économiques liés à la question du choix énergétique. Les 3 premières questions sont communes aux deux panels. Un QCM a été rajouté pour le panel 2 suite à l'analyse des réponses des lycéens lors de l'itération 1. Il porte spécifiquement sur les productions énergétiques des éoliennes et des panneaux photovoltaïques.

Lors de l'itération menée avec les étudiants du panel 2, nous avons également enregistré les discussions dans les 4 groupes représentant les 4 communautés de l'île fictive pour avoir des informations sur la manière dont les choix des solutions énergétiques ont été faits pour rendre leur communauté autonome. Nous avons également filmé les échanges lors de la mise en commun autour du plateau de jeu. Ces étudiants ont eu également un document réponse à renseigner afin de garder une trace des différents essais qu'ils ont pu faire dans la feuille de calcul.

Les analyses des données des différentes itérations ont été faites de manière qualitative et quantitative conformément à notre cadre de DBR. La validité des résultats provient du croisement entre les différentes données obtenues lors d'une même itération mais aussi lors de la répétition des itérations qui viennent affiner le modèle théorique initial et la conception de la situation d'enseignement (DBR collective, 2005).

## RÉSULTATS

### Acquisition des connaissances sur l'existence des différents dispositifs énergétiques

Avant la séance mettant en œuvre le jeu de rôle, les énergies majoritairement citées par la totalité des lycéens (panel 1) étaient les énergies éolienne et solaire. Ils citaient ensuite l'énergie de biomasse sans faire de différence entre la biomasse par combustion et par méthanisation. Toutes les formes d'énergie prévues dans le jeu de rôle ont été citées par l'ensemble des lycéens même si les énergies marémotrice, hydroélectrique et de houle sont citées dans une moindre proportion. Les résultats du post-test mettent en évidence une connaissance plus élevée des différentes formes d'énergies. Ils ont, à nouveau, cité

majoritairement dans le post-test, les énergies éolienne et solaire. Même si le nombre de réponses reste le même pour la biomasse, cette fois, les procédés de combustion et de méthanisation ont été différenciés. Les énergies utilisant l'eau ne sont plus ignorées.

Nous retrouvons plus ou moins les mêmes tendances avec les étudiants (panel 2), même si les faibles effectifs concernés rendent ces résultats fragiles (Annexe 2). Lors du pré-test, ils ont tous pensé à citer l'éolien et le photovoltaïque en étant capables de donner pour chacune des deux technologies plusieurs avantages et inconvénients. Les autres filières énergétiques n'ont été citées en moyenne que par 1 étudiant sur 2. Lorsqu'elles étaient citées, la plupart du temps, aucun avantage ou inconvénient spécifique de la filière n'était donné. Cela pourrait laisser penser qu'il s'agit plus d'oublis que d'ignorance de la part d'étudiants en Sciences de l'Ingénieur. Cependant, l'analyse des transcriptions des enregistrements audio montre que l'énergie marémotrice est inconnue d'au moins un étudiant : « *en fait marémotrice, j'ai même pas vu ce que c'était... Je ne connaissais pas* ». Les autres ne se sont pas exprimé sur le sujet. Lors du post-test, nous constatons une nette amélioration des connaissances : quasiment tous les étudiants ayant répondu ont été capables de citer l'ensemble des 9 filières décrites dans les fiches du jeu. A chaque fois, ils ont pu donner au moins un avantage ou inconvénient.

### **Acquisition des connaissances sur le principe de fonctionnement des dispositifs énergétiques**

Le nombre d'éléments explicatifs donnés par les lycéens après le jeu de rôle à propos du principe de fonctionnement des dispositifs énergétiques s'est accru pour des énergies autres que les énergies éolienne, solaire et les biogaz. Des éléments présents dans les «cartes énergies» sont mobilisés et donnent à voir une meilleure compréhension du fonctionnement des différents dispositifs énergétiques proposés.

Pour les étudiants, les pré- et post-tests comprenaient un questionnaire à choix multiple (QCM) relatif à la quantité d'énergie qu'ils estiment pouvoir être produite par des panneaux photovoltaïques ou des éoliennes. Ce QCM nous a permis de constater qu'il n'y avait pas d'amélioration de leurs connaissances sur ce point. Nous avons juste constaté, notamment pour l'éolien, que les étudiants avaient tendance à revoir à la hausse leur estimation initiale du potentiel de production. Cela est corroboré par l'analyse des transcriptions des enregistrements audio. Après avoir testé ce que donnerait l'installation d'éolienne sur leur territoire, l'un deux a déclaré : « *C'est énorme, les éoliennes, tu en mets 2 et tu as gagné !* ». Visiblement, il ne s'attendait pas à cela.

### **Prise en compte des enjeux socio-économiques et environnementaux.**

Pour les lycéens, nous notons une augmentation du nombre des inconvénients cités au détriment des avantages lors du post-test. Ces éléments sont d'ailleurs décisifs dans le choix de chacun des groupes quant à la solution retenue pour rendre sa communauté autonome énergétiquement.

- Enjeux socio-économiques

D'une manière générale, les lycéens n'ont vu que des avantages économiques pour énergies renouvelables lors du pré-test comme lors du post-test, même si des éléments supplémentaires ont été apportés. Les avantages économiques sont liés à la gratuité de la source énergétique. Aucun d'entre eux n'a abordé la question de l'exploitation énergétique ni des emplois liés à ce marché. Cependant, dans le post-test, des notions de rendement et de coût des installations ont été développées. Par exemple, ils se sont référés à la fabrication en Chine et au coût de transport des panneaux solaires. La limitation des zones de pêche dues à l'installation d'éoliennes off-shore a questionné les élèves sur l'activité économique des pêcheurs. Ce dernier élément a été repris pour l'installation de fermes houlomotrices. Des éléments sur le nombre d'éoliennes et la place nécessaire en fonction de la

consommation énergétique de la population ont été rapportés.

L'analyse des transcriptions des échanges entre étudiants permet de constater que certains groupes ont été plus ou moins sensibles aux aspects économiques ou sociaux. Certains ont fait le choix délibéré de privilégier les activités de « leurs » pêcheurs et de « leurs » agriculteurs sans s'occuper des coûts. Un des étudiants a justifié cela comme suit : « *Si c'est une économie interne... [ ...] Je ne suis pas obligé de prendre le coût le moins cher* ». D'autres ont, au contraire, privilégié le coût économique ou la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> : « *On a pris les moins chers, c'est pour cela qu'on a pris cela* ».

- Enjeux environnementaux

Alors que les lycéens déclaraient que l'énergie géothermique n'était pas polluante, dans le post-test des éléments explicatifs concernant le forage et la remontée de gaz radioactifs et de contamination de l'eau liée aux produits chimiques d'aide aux forages apparaissent. Les élèves ont questionné également la compatibilité de ce dispositif avec les cultures et la localisation des zones géothermiques. Ils ont ainsi complexifié leur position initiale. Dans le post-test, quelques-uns ont émis l'hypothèse d'une pollution liée à la fabrication des panneaux solaires et se sont interrogés sur le recyclage des matériaux de construction de ceux-ci. La disponibilité non continue des énergies solaire et éolienne a été signalée dans le pré et post-test. Cependant, certains ont précisé que le fonctionnement de l'éolienne dépendait de la vitesse du vent. Cela les a engagés à prendre en compte des éléments de géographie. Les 2 inconvénients majeurs de cette énergie, soulignés lors du pré-test, étaient le bruit et l'impact sur les oiseaux. Ces éléments persistent dans le post-test. La conception majoritaire des élèves concernant la biomasse était sa non pollution car pour eux les biogaz proviennent exclusivement des cultures. Ils attribuaient le préfixe « bio » à une agriculture biologique, donc « propre ». Dans le post-test, apparaît cette fois l'utilisation de déchets animaux. Ils différencient les procédés d'énergie de biomasse par combustion et par méthanisation. Cela les conduit à mettre l'accent sur une potentielle déforestation et un impact sur le réchauffement climatique. A l'issue du post test, les connaissances sur l'énergie marémotrice sont toujours peu développées. Les élèves ont à minima précisé que ce dispositif nécessitait une « embouchure » particulière et à maxima que cela dépendait des « hauteurs » des marées. Ils ont compris qu'une telle installation nécessite des conditions géographiques particulières bien qu'aucune référence à la nécessité d'avoir un marnage spécifique ne soit faite. C'est la modification des écosystèmes et la pollution locale qui les ont interrogés. L'énergie hydroélectrique était peu connue. Dans le post-test, certains ont repris des éléments de géographie : la nécessité d'avoir un grand dénivelé et de gérer le débit d'eau en période de sécheresse. Ces réponses montrent une montée en complexité de leurs connaissances initiales de ce dispositif.

Pour les étudiants, la prise en compte de la complexité de la question est aussi à noter. Cependant, la mise à disposition de la feuille de calcul indiquant les émissions de CO<sub>2</sub> par filière les a conduit à se focaliser principalement sur ce critère pour décider si la solution proposée était « propre » ou non. Dans les transcriptions des échanges, les autres aspects environnementaux ne sont pas abordés. Il s'agit d'une évolution qui, si elle se confirme pendant les prochaines itérations, doit interpeller les concepteurs du design. Cette perte de la complexité de la question par la réduction des enjeux environnementaux à un seul critère ne sert pas l'objectif éducatif.

## **DISCUSSION ET CONCLUSION**

Les résultats mettent en lumière un gain de connaissances dans différents domaines pour les 34 lycéens comme pour les 8 étudiants. Elles concernent les différents systèmes utilisant les énergies renouvelables dans la connaissance de leur existence et de leur principe de fonctionnement. Au vu de ces résultats, nous défendons, comme d'autres chercheurs du champ des QSSs (Jimenez-Aleixandre et al, 2002; Kolstø, 2001) l'idée qu'un enseignement

basé sur l'étude d'une QSS contribue à augmenter les connaissances scientifiques des élèves. Ainsi, un apprentissage en contexte d'une QSS semble pertinent. Comme dans la recherche de Klosterman & Sadler (2010) qui questionne l'impact d'une séquence d'enseignement sur le réchauffement climatique sur le développement des connaissances, les résultats obtenus ici montrent que les élèves appréhendent mieux la complexité de la question par l'acquisition de connaissances scientifiques. De plus, les concepts scientifiques sont mieux compris même si certains restent approximatifs. Cependant, il faut être conscient qu'il s'agit de connaissances liées spécifiquement à la question étudiée. En effet, certains autres résultats de recherche (Grooms, Sampson and Golden, 2014) ont montré qu'il y a un transfert peu important des connaissances d'une QSS étudiée à une autre.

Des gains, à propos des aspects environnementaux, de la disponibilité de ces énergies et des rendements associés en termes énergétique et économique nous engagent à dire que ces élèves ont pris conscience de ces différents enjeux. Ils se saisissent d'une partie de la complexité du choix des alternatives d'énergies renouvelables découvrant que les avantages et les inconvénients de nature différente sont à prendre en compte. Cela contribue à préciser, à complexifier leur point de vue et à avoir une vision moins « naïve » du problème énergétique.

Tous ces résultats seraient à confirmer en analysant plus finement les transcriptions des échanges entre les étudiants avec une grille d'analyse encore à construire. Nous pourrions aussi envisager d'analyser nos données pour déterminer comment l'étude de la question du choix énergétique par ce jeu de rôle - ou une version améliorée de celui-ci dans le cadre du DBR- contribue aux dimensions « argumentation » et « engagement » qui caractérisent une Éducation Citoyenne critique, conformément à notre modèle. Il serait alors nécessaire de procéder à de nouvelles itérations avec des effectifs plus conséquents pour disposer d'un échantillon plus significatif.

## BIBLIOGRAPHIE

Albe, V. (2007). Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. Etat des recherches et Perspectives. Mémoire de synthèse pour l'Habilitation à diriger des Recherches, Université Lyon 2, Lyon.

Bader, B. (2001). *Étude de conversations estudiantines autour d'une controverse entre scientifiques sur la question du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat, Université de Laval, Laval, Québec.

Bader, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 231-250.

Barrué, C. & Albe, V. (2013). Citizenship education and socioscientific issues : Implicit concept of Citizenship in the Curriculum, views of French Middle School Teachers, *Science & Education*, 22, 5, 1089-1114.

Barrué, C. (2014). *L'enseignement des thèmes de convergence au Collège : Mise en débat d'une question socioscientifique en classe pour une Éducation Citoyenne critique*. Thèse de Doctorat. ENS de Cachan. École doctorale des sciences pratiques de Cachan.

Barrué, C. (2017). Débat sur une question sociocientifique: expertise de l'information dans le cadre d'une Éducation Citoyenne. *Revue Suisse des Sciences de L'éducation*.

Böttcher, F. & Meisert, A. (2013), Effects of Direct and Indirect Instruction on Fostering Decision-Making Competence in Socioscientific Issues, *Research of Science Education*,

43, 479-506.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32, 1, 5- 8.

Grace, M. (2009). Developing High Quality Decision-Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting. *International Journal of Science Education*, 31, 551-570.

Grooms, J., Sampson, V. & Golden, B. (2014) Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 36, 9, 1412–1433.

Hingant, B. (2013). *Les nanotechnologies dans l'enseignement secondaire : Une recherche sur la compréhension des controverses "nanos" par des lycéens*. Thèse de Doctorat. ENS de Cachan, Institut Néel de Grenoble, École Doctorale de l'Ingénierie de la Santé, de la Cognition et de l'Environnement de Grenoble.

Hodson, D. (2003). Time for action : Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645- 670.

Hodson, D. (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10, 197- 206.

Hogan, K. (2002). Small groups'ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 341-368.

Jiménez-aleixandre, M.-P. & Pereiro-Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers ? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171-1190.

Klosterman, M.L., & Sadler, T. D. (2010) Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction, *International Journal of Science Education*, 32, 8, 1017-1043.

Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291–310.

Levinson, R. (2004). Teaching Bioethics in Science : Crossing a bridge too Far ? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4, 353-369.

Molinatti, G., Girault, Y. & Hammond, C. (2010). High School Students Debate the Use of Embryonic Stem Cells : The influence of context on decision-making, *International Journal of Science Education*, 32,16, 2235-2251.

Roth, W.-M., & Desautels, J. (2004). Educating for citizenship : Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4, 149-168.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues : A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513–536.

Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45, 1, 1- 42.

Simonneaux, L. (2006). Quel enjeu éducatif pour les questions biotechnologiques ? In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.), *L'École à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, 33-59. Paris : ESF.

Larochelle, M. & Desautels, J. (2001). Les enjeux des désaccords entre scientifiques : un aperçu de la construction discursive d'étudiants et étudiantes. *Revue canadienne de*

*l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 1, 39-60.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35- 62.

## ANNEXE 1

### Modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une Question Socioscientifique »

Il prend en compte les conditions de scolarisation d'une QSS dans une visée d'ECc avec une double visée : construire des dispositifs d'enseignement et de recherche et être un outil d'analyse des ceux-ci. La construction de cette modélisation souple s'appuie sur des éléments théoriques et des données empiriques, identifiés à travers des revues de littérature en socio-politique et en didactique des sciences sur la scolarisation des QSSs. Cinq dimensions caractérisent une ECc et certains éléments de la scolarisation des QSSs (Albe, 2007) qui les orientent : la dimension «connaissances», la dimension «argumentation», la dimension «enjeux», la dimension «information» et la dimension «engagement». Nous donnons ci-après quelques éléments d'éclairage de celles-ci.

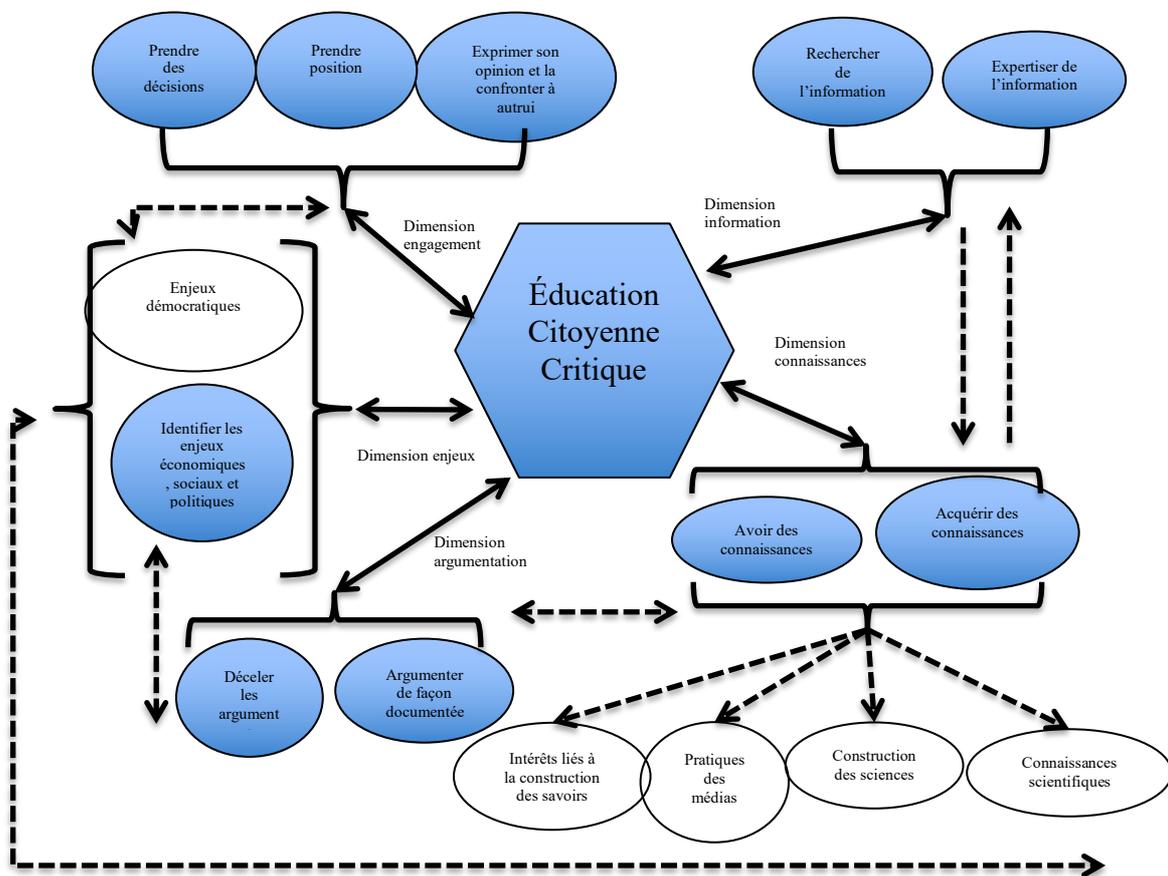


Figure 2 : Modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une Question Socioscientifique »

- La dimension « connaissances »

La scolarisation des controverses socioscientifiques pose la question des savoirs mobilisés. Même si la question de la nécessité de posséder des connaissances dans les domaines scientifiques relatifs aux QSSs pour développer une citoyenneté critique semble acquise, elle n'en demeure pas moins problématique dans leur prise en compte dans la réalité du terrain

d'enseignement. Les savoirs et les pratiques, relatifs aux QSSs, sont eux mêmes des objets controversés et contestés. Les enseignants doivent alors composer avec ces savoirs non établis et des savoirs reconnus en didactique comme des savoirs scolaires, des savoirs naturels et sociaux et les savoirs et pratiques de référence dans des groupes (Albe, 2007). Ce contexte d'apprentissage adossé à des activités sur des QSSs fournirait un certain nombre de connaissances scientifiques aux élèves (Kolstø, 2001) qui favoriserait le développement d'autres savoirs informés.

- Dimension « engagement »

Au regard d'une littérature en socio-politique, la nécessité d'engager sa responsabilité en tant que citoyen actif et critique, nous a conduit alors à considérer 3 critères dans cette dimension. Un premier niveau vers l'engagement dans l'exercice d'une citoyenneté critique suppose que le citoyen exprime son opinion. Un deuxième niveau le conduisant sur ce chemin est la nécessité de confronter son opinion à celles des autres pour engager des discussions. Elles peuvent alors les amener à proposer diverses orientations. Le dernier niveau vers une autonomie responsable serait de prendre part aux décisions visant à influencer les choix politiques. En didactique des sciences, cette volonté d'engager les élèves dans la voie des prises de décision comme une visée d'EC est elle aussi affirmée. L'expression de la voix, la responsabilité et l'impact des décisions, sont les clés d'un engagement critique et responsable futur (Roth et Desautels, 2004). Cela suppose aussi que sur le terrain, des dispositifs adaptés, propices aux développements de ces compétences citoyennes, puissent être mis en place (Levinson, 2004).

- Dimension argumentation

La prise en compte de l'argumentation via l'étude des QSSs en classe vise à améliorer la compréhension des concepts scientifiques et à développer les compétences argumentatives des élèves (Zohar & Nemet, 2002). L'ambition éducative est de les préparer à participer aux débats en tant que citoyen. L'enjeu social est alors d'étudier à quelles conditions la participation des citoyens aux choix associés est envisageable. C'est pourquoi, il est nécessaire de former les élèves à l'argumentation (Zohar & al, 2002). Le débat apparaît alors comme un outil pertinent (Molinatti, 2007, 2010). Il faut alors examiner les contenus des arguments et les procédés d'argumentation propres à l'interaction sur des QSSs qui ont la particularité d'être ancrées dans un contexte sociopolitique.

- Dimension enjeux

Il s'agit de se pencher sur la prise en compte par les élèves, des aspects sociaux, économiques, éthiques et politiques puisque ce sont des aspects dont ces QSSs ne peuvent s'affranchir puisqu'ils participent à leur complexité. Des recherches font état du peu de prise en compte de ces aspects par les élèves (Larochelle et Desautels, 2001 ; Bader, 2001, 2003). Molinatti (2007, 2010) précise qu'ils se centrent sur les aspects scientifiques. Larochelle et al (2001) attribuent cela à une déconnexion entre les sciences scolaires et le monde réel, alors que Bader (2001, 2003) avance que c'est le résultat d'une survalorisation des sciences dans nos sociétés qui fait passer au second plan les aspects économiques et politiques, notamment en ce qui concerne le réchauffement climatique.

- Dimension information

Elle cible deux critères : rechercher de l'information et expertiser de l'information. Il n'est pas possible de faire l'économie d'une formation à la recherche et à l'expertise d'informations car QSSs mettent en jeu des informations contradictoires, souvent provisoires, du fait des liens qu'elles entretiennent avec des savoirs non établis. La formation des élèves à l'expertise de l'information apparaît comme une nécessité si le but recherché est de contribuer à la construction d'un citoyen capable de démêler le « vrai » du « faux » et d'appréhender les enjeux qui orientent l'information pour tenter d'échapper à une forme de manipulation. C'est pourquoi, il est important d'étudier les stratégies des élèves lorsqu'ils choisissent des

documents (Kolsto, 2011). La manière dont ils évaluent des sources dans l'Internet et des informations recueillies qui contribuent à construire leurs connaissances et leurs opinions doit être précisément connues.

## **ANNEXE 2**

### **Données recueillies et analyse - Premiers résultats pour le panel d'étudiants**

#### **Les données et les méthodes d'analyse**

Pour répondre à notre question de recherche relative aux connaissances acquises à travers ce jeu de rôle, nous avons recueilli plusieurs types de données.

- Des Pré- et post-tests

Nous avons tout d'abord demandé aux élèves des deux panels de répondre individuellement à un questionnaire, une première fois avant de commencer le jeu (pré-test), la seconde fois quelques jours après le jeu (post-test). Les questions posées lors des 2 tests sont les mêmes.

Idéalement pour vérifier si les connaissances ont été acquises durablement il aurait fallu pouvoir effectuer le post-test plusieurs semaines après le jeu mais nous aurions alors été incapables de distinguer les connaissances acquises grâce au jeu et celles acquises lors des activités pédagogiques ultérieures.

Trois questions ont été posées aux élèves :

Question 1 : Citez toutes les formes d'énergies renouvelables que vous connaissez.

Question 2 : Expliquez le principe de chaque dispositif de production énergétique cité dans la réponse à la question 1.

Question 3 : Citez des avantages et des inconvénients pour chaque dispositif de production

QCM : Quelle portion de la France métropolitaine faudrait-il couvrir pour satisfaire l'ensemble de ses besoins actuels en électricité ? Choix possibles : 100% ; 50%, 25%, 5%, 1%, la bonne réponse étant 1%.

Combien de foyers peut alimenter une éolienne de 60 m de haut (1MW) ? Choix possibles 100, 500, 2000, 5000, 10000, 20000, la bonne réponse étant 500.

Pour analyser les réponses à la première question du questionnaire, nous avons fait le choix d'une analyse quantitative. L'inventaire des différentes réponses des participants ainsi que leur comptage ont été faits dans le cas du pré- et post-test. Nous faisons l'hypothèse que les participants ont augmenté leurs connaissances s'ils sont capables d'énoncer un plus grand nombre de filières d'énergie renouvelables après le jeu.

Pour la question 2, nous avons relevé les réponses dans les deux tests pour chaque élève et pour chaque énergie citée. Nous avons ensuite comparé le contenu de la réponse du post-test aux éléments donnés dans la « carte énergie » dans la rubrique « principe ». En effet, nous faisons aussi l'hypothèse que si des éléments de la carte sont repris deux semaines après, c'est que ce jeu de rôle a contribué à l'acquisition de connaissances nouvelles. Nous avons regroupé dans un seul tableau les éléments explicatifs donnés par chaque élève pour chaque énergie dans les pré et post-tests ainsi que les éléments de la carte qui ont été repris.

L'analyse de la question 3, concernant les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'une énergie renouvelable, nous permet de déterminer si le niveau de connaissances des élèves a augmenté, mais aussi s'ils ont pris conscience au cours du jeu de rôle des enjeux socio-politico-économiques liés à la question du choix des énergies. Nous avons alors comparé les réponses données lors des pré et post-tests. Nous avons analysé le contenu

des réponses du post-test pour chaque élève en référence aux éléments donnés sur les « cartes énergie », dans les rubriques « avantages », « inconvénients », « impact sur l'environnement » et « apport énergétique ». Nous avons également regroupé toutes ces données analysées dans un seul tableau synthétique.

Nous avons utilisé les résultats de la seconde et troisième question pour établir s'ils avaient une connaissance approfondie ou non des filières d'énergie qu'ils citaient. Nous avons procédé à une analyse qualitative des réponses à la question 2. Cela nous a permis de vérifier si leurs connaissances initiales étaient justes ou fausses. Pour l'analyse quantitative des réponses à question 3, nous faisons l'hypothèse que plus les participants sont capables de citer des avantages et des inconvénients d'une filière et plus leur connaissance de celle-ci est approfondie. Cette analyse nous permet également de savoir s'ils ont ou non pris conscience, au cours du jeu de rôle, des enjeux socio-économiques en environnementaux liés au choix des différentes filières d'énergies mobilisables.

- Enregistrement audio et vidéo des discussions entre les étudiants (panel2)

Nous avons aussi enregistré les discussions au sein des 4 groupes d'étudiants. Notre volonté était d'avoir plus d'informations sur les arguments échangés pour répondre à l'objectif du jeu, c'est à dire trouver une solution capable de répondre au besoin en énergie de la communauté qu'ils représentent.

Nous avons également filmé le débat final entre les 4 groupes lors de la présentation des solutions énergétiques retenues et leur mise en commun pour arriver à une solution permettant de satisfaire l'ensemble des besoins des 4 communautés, soit de l'île.

A ce stade de la recherche, ces enregistrements ont été transcrits puis exploités de façon essentiellement qualitative dans le but de valider ou non les résultats de l'analyse des questionnaires. Par exemple : est-ce qu'une filière énergétique non citée était une filière inconnue des élèves ou simplement un oubli ?

- Trace écrite / document réponse.

Toujours pour les étudiants du panel 2, nous avons enfin recueilli une trace écrite de leur travail de groupe (en binômes). Il leur a été demandé de remplir un document réponse où :

- ils explicitaient les différentes solutions choisies. Pour cela il a été demandé d'insérer une copie de la feuille de calcul détaillant les nombres d'éoliennes, panneaux photovoltaïques, unités de biomasse ou de géothermie ... qu'ils envisageaient d'installer. Cette feuille leur permettait de vérifier si les quantités d'énergies ainsi produites permettaient de couvrir les besoins de la population considérée. Elle permettait également de calculer le coût économique et la quantité d'émission de CO<sub>2</sub> pour la solution retenue
- ils donnaient les critères qu'ils s'étaient fixés qui justifiaient ce choix.
- ils procédaient à une autocritique de la solution retenue : « *En quoi la solution retenue répond / ne répond pas à vos attentes ?* ».
- ils expliquaient quelles solutions avaient été discutées mais non retenues et pourquoi.

Ce document réponse a essentiellement été utilisé pour faciliter l'interprétation des échanges au sein des groupes.

## **Les premiers résultats concernant le panel d'étudiants (panel 2)**

- Question 1 : Citez toutes les formes d'énergies renouvelables que vous connaissez

Lors du pré-test, tous les étudiants ont cité l'éolien ou le photovoltaïque (mais ces technologies étaient évoquées dans le QCM de la seconde partie). Pour les autres filières le taux de citation va de 5 sur 8 pour l'hydroélectricité ou à la géothermie à 2 sur 8 pour les systèmes houlomoteurs. Lors du post-test tous les étudiants ont cité au moins 8 des 9 filières d'énergie renouvelable décrites dans les fiches « énergies ».

- Question 2 : Expliquez le principe de chaque dispositif de production énergétique cité

dans la réponse à la question 1.

Lors du pré-test, tous ont été capables d'expliquer au moins succinctement le principe de fonctionnement de chacun des systèmes cités. Cependant, nous notons seulement quelques imprécisions au niveau du vocabulaire.

Lors du post-test peu d'étudiants se sont donnés la peine de ré-expliquer les principes de fonctionnement des différentes filières. Nous avons donc été contraints de nous référer essentiellement à la question 3 pour savoir si ils avaient acquis ou augmenté leurs connaissances sur des filières citées.

- Question 3 : Citez des avantages et des inconvénients pour chaque dispositif de production

Lors du pré-test, 7 étudiants sur 8 ont ainsi été capables de citer au moins un avantage ou un inconvénient pertinent<sup>1</sup> pour le photovoltaïque ou l'éolien.

Pour les autres filières, ce ratio n'a pas dépassé 1 sur 2 et aucun des 3 étudiants qui ont cité l'hydrolienne n'a été capable de citer un seul avantage ou inconvénient.

Lors du post-test, tous les étudiants ou presque ont été capables de citer au moins un avantage ou un inconvénient de toutes les filières qu'ils citaient.

- QCM :

Les résultats du QCM sont difficilement interprétables. D'abord parce que les effectifs (seulement 8 étudiants pour le pré-test) et aussi parce que seulement 6 des 8 étudiants qui ont répondu au pré-test, ont également participé au post-test.

Tout ce que nous pouvons conclure, c'est qu'il n'y a pas d'amélioration visible des connaissances des étudiants sur les quantités d'énergie productibles des éoliennes et des panneaux photovoltaïques. Le seul observable est que les étudiants ont revu à la hausse les quantités d'énergies produites par rapport à leur estimation initiale.

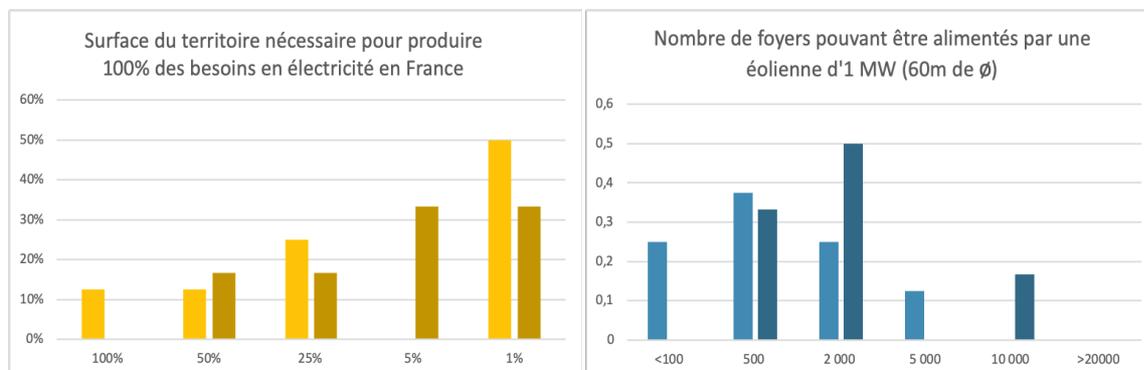


Figure 3 : Résultats du QCM

<sup>1</sup> Il n'a été retenu que les avantages ou inconvénients « pertinents ». Par exemple, dire d'une énergie renouvelable qu'elle a l'avantage d'être « renouvelable » ou « gratuite » n'a pas été considéré comme pertinent. De même dire que l'éolien peut être également placé en mer (offshore) n'a pas été retenu comme avantage ou inconvénient de la filière.