

Un jeu de rôle pour la scolarisation d'une question socioscientifique : un dispositif adapté pour l'acquisition de connaissances ?

CATHERINE BARRUÉ

*Centre de Recherche sur l'Éducation les Apprentissages et la Didactique
France
Catherine.barrue@espe-bretagne.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 convient de se questionner sur la manière de les enseigner en classe. Cet article décrit un jeu de rôle traitant de la question du choix des énergies renouvelables, conçu pour que les participants puissent se saisir de la complexité de la question. Il interroge plus précisément le gain en termes de connaissances scientifiques à propos des concepts énergétiques.

MOTS-CLÉS

Question socioscientifique, éducation citoyenne, connaissances, jeu de rôle, énergies renouvelables

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 in a classroom. This paper describes a play role about the choice of sustainable energies, built to enable students to handle the complexity of this issue. It focuses on knowledge learned during it. This social situation seems to lead to a significant increase in scientific knowledge and in the understanding of energy concepts.

KEYWORDS

Socioscientific issue, citizenship education, knowledge, play role, sustainable energies

INTRODUCTION ET CONTEXTE

Des questions liées aux biotechnologies, à l'environnement, au développement durable, aux choix énergétiques, aux ondes, aux nanotechnologies, agitent régulièrement et depuis de nombreuses années, les espaces social, politique et médiatique. La question de la légitime participation des citoyens aux délibérations et aux prises de décision se pose alors dans un cadre démocratique. Cette demande de participation des citoyens au processus décisionnaire sur de telles questions interroge fortement certains sociologues et historiens des sciences (Bonneuil, 2004; Callon, Lascoumes & Barthe, 2001; Barthe, 2006). De telles questions qui mettent en jeu des savoirs scientifiques en cours de construction ou non stabilisés renvoient alors à l'éducation des jeunes et consécutivement au rôle de l'École. C'est dans ce cadre que

la prise en compte de cette dimension citoyenne a engagé, depuis une vingtaine d'années, certains didacticiens des sciences de nombreux pays (Kolstø, 2001; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002; Hodson, 2003, 2010; Sadler, 2004, 2009; Simonneaux, 2006; Grace, 2009) 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. 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.

Ces questionnements scientifiques et techniques, qui se mêlent de façon indissociable à des questionnements socio-politiques (Sadler, 2004), sont reconnus en didactique des sciences comme des questions socioscientifiques [QSSs; socioscientific issues (SSIs) en langue anglaise]. En France, ces questions sont entrées dans le contexte scolaire par le biais de l'enseignement agricole (Albe, 2007), puis diffusées plus largement par l'intermédiaire d'une actualité médiatisée et des « éducations à » (l'éducation à la santé ou encore l'éducation au développement durable). Elles sont présentes dans des dispositifs d'enseignement pluridisciplinaires au collège comme au lycée et de façon plus prégnante dans les programmes de Lycée entrés en vigueur en 2011. Par exemple, en première année de lycée, le recours aux nanotechnologies est abordé et la chimie durable est enseignée en dernière année de lycée dans le cursus scientifique.

L'introduction de ces questions dans les curricula interroge les politiques éducatives car la visée éducative affichée par l'Institution est l'Éducation citoyenne (EC). Le courant de recherche des QSSs, qui défend la scolarisation de telles questions, peut alors être interrogé lui aussi quant à la visée éducative qu'il promeut. La plupart des recherches développées par ce courant se revendiquent de cette visée d'EC. Même si peu explicitent ce qu'ils entendent par EC (Barrué & Albe, 2013), les divers enjeux éducatifs sont cependant clairement énoncés : apprendre des connaissances 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. Pour notre part, nous nous positionnons dans un courant qui vise à promouvoir une citoyenneté souveraine, active et participative. Dans ce cas, c'est une EC émancipatrice qui est visée. Nous considérons alors, à la suite d'autres chercheurs qui s'inscrivent dans cette orientation (Kolstø, 2000, 2001; Hogan, 2002; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002; Grace, 2009), que la mise en œuvre de l'étude des QSSs en classe est à considérer en relation avec des situations sociales. Elles sont alors le lieu de développement des compétences nécessaires à la compréhension de la complexité des QSSs et de leurs dimensions socio-politico-économiques. Ainsi, notre recherche se place dans l'approche théorique du modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une question socioscientifique » (Barrué, 2014). Celui-ci 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 de 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 de recherche en didactique des sciences sur la scolarisation des QSSs. Ce modèle est bâti sur 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 ».

Les modalités d'étude des QSSs en classe

Toutes les dimensions de ce modèle renvoient à des compétences qui peuvent être travaillées et mobilisées lors de la construction de dispositifs délibératifs en classe pour l'étude des QSSs. Ils deviennent alors des objets de recherche impliquant des collégiens, des lycéens ou des étudiants. Il peut s'agir d'organiser des débats pour agir sur des instances locales (Hogan,

2002; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002), de délibérer pour prendre une décision informée sur le dépistage de maladies héréditaires (Levinson, 2004) ou sur des prises de décision de politiques globales comme la culture des OGM (Böttcher & Meisert, 2013). Des jeux de rôles sont également conçus pour que des élèves se saisissent de questions liées aux nanotechnologies (Hingant, 2013). D'autres recherches développent des dispositifs délibératifs tels que des simulations de débats publics ou des délibérations impliquant des scientifiques (Simonneaux, Albe, Ducamp & Simonneaux, 2005; Molinatti, Girault & Hammond, 2010). Cependant, peu de recherches sont menées avec de jeunes élèves du fait de la complexité des questions abordées. Ainsi, quelques études (Pedretti, 1999; Byrne, Ideland, Malmberg & Grace, 2014; Barrué, 2017) montrent que de jeunes élèves (9 à 12 ans) sont également capables de s'engager dans des discussions impliquant des QSSs. C'est pourquoi, nous avons fait le choix de mettre en œuvre un dispositif de recherche impliquant différents panels autour d'un même jeu de rôle sur la question du choix des énergies, adapté pour des élèves de 14-15 ans, des élèves de classes scientifiques de 16-17 ans et des étudiants-professeurs de sciences. Ce dispositif de recherche a été conçu dans l'approche théorique du Design-based research (The Design-Based Research Collective, 2003). Le Design-Based Research (DBR) qui allie recherche pédagogique empirique avec la conception fondée sur la théorie des milieux d'apprentissage est précieuse pour comprendre quand et pourquoi les innovations éducatives « marchent » ou ne « marchent pas » dans la pratique. De plus, ce qui caractérise le DBR collective est une affirmation forte de collaboration entre les chercheurs et les praticiens dont le but est d'améliorer les méthodes de recherche enracinées dans la conception d'environnements d'apprentissage.

Notre questionnement

Nous cherchons dans notre étude à déterminer comment les participants peuvent s'exercer à une citoyenneté critique et émancipatrice lors de leur participation à un jeu de rôle. Les objets de cette large étude portent sur l'expertise de l'information, les savoirs utilisés dans l'argumentation par des participants, les interactions verbales et la manière dont les décisions sont prises. Nous avons cherché également à voir s'ils se saisissent des enjeux scientifiques et sociopolitiques, liés à la question du choix des énergies renouvelables. Nous avons examiné également quelles sont les stratégies que les différents groupes ont envisagées pour prendre leur décision et si les choix faits ont été modifiés à l'issue d'une phase de débat. Il est évident que ces questionnements sont nombreux. C'est pourquoi dans cet article, nous nous centrerons sur une seule question renvoyant à une des dimensions du modèle d'ECc : la dimension « connaissances ». Nous répondrons plus précisément à la question suivante : ce jeu de rôle permet-il aux participants d'acquérir des connaissances en matière d'énergies renouvelables ?

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Les participants

Le premier panel est constitué de 28 élèves d'une classe de troisième (14-15 ans) de collège dans le système français. Le jeu de rôle a été mis en place en fin d'année scolaire. Le deuxième panel est constitué d'un groupe de 17 élèves de deuxième année de lycée, dans une classe scientifique. Nous précisons que les notions abordées au cours du jeu de rôle sont au programme de physique de l'année pour les deux premiers panels 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 aussi pour objectif éducatif pour l'enseignant de sciences physiques de la classe d'introduire cette partie du programme et de permettre un état des lieux des

connaissances des élèves. Le troisième et dernier panel est constitué de 14 étudiants-professeurs de Sciences Physiques dont 9 sont lauréats du concours d'accès au professorat. Nous précisons que cette recherche a été menée dans un collège et dans un lycée de bord d'océan et en région Bretagne possédant la seule usine marémotrice de France. L'animateur-modérateur du jeu de rôle est l'auteur de l'article pour les trois panels.

Les connaissances globales visées dans ce jeu de rôle

Il s'agit pour les deux premiers panels d'acquérir des connaissances sur l'existence des différents dispositifs d'énergie renouvelables et sur leurs aspects techniques. Les concepts scientifiques visés sont différents suivant le panel. En effet, concernant le panel de collégiens c'est le concept de transformation d'énergie qui doit se construire alors que pour le panel de lycéens, ce sont les concepts d'énergies chimique, cinétique, potentielle, thermique et rayonnante qui sont visés. La réaction chimique de combustion en lien avec la libération d'énergie et le principe de méthanisation sont aussi des objectifs d'apprentissage pour ces élèves de deuxième année de lycée. Pour le panel d'étudiants-professeurs de sciences, ce sont les notions de rendement et de perte énergétique qui doivent émerger entre autres.

Ce jeu de rôle vise également à développer les aspects environnementaux liés aux dispositifs énergétiques renouvelables. Pour le panel de collégiens, le jeu doit permettre une prise de conscience de la complexité du choix d'une énergie renouvelable dans la mesure où les aspects environnementaux doivent être pris en compte.

Pour l'acquisition de connaissances sur les aspects économiques, chez les plus jeunes, cela se réduit à une gratuité ou non de la source énergétique alors que pour les lycéens, la globalité du coût des installations en fonction de la quantité d'énergie à produire doit être prise en compte. Pour les étudiants professeurs, ce jeu de rôle doit leur permettre de mettre à jour leurs connaissances scientifiques existantes et mettre en relation les aspects techniques et le rapport coût/ rendement.

Pour choisir une énergie renouvelable en fonction de sa capacité énergétique, il est attendu que les collégiens comparent les productions d'énergie des différents systèmes. Les lycéens doivent quant à eux mettre en œuvre des calculs de productions d'énergie en kilowattheure pour estimer l'adéquation d'un type d'énergie à une situation donnée. La relation entre la puissance et l'énergie est aussi à connaître. Concernant les étudiants professeurs, c'est une vision plus fine de la production énergétique d'une installation qui doit être développée via une activation de toutes leurs connaissances concernant notamment les pertes d'énergie thermiques et les rendements lors des transformations énergétiques via des convertisseurs.

Le jeu de rôle

Les participants au jeu de rôle sont répartis en 4 groupes de 4 personnes au maximum. Chaque groupe représente une des 4 communautés qui vivent sur une île fictive, l'île de KEP A (figure 1). Ce territoire est divisé en 4 parties délimitées par des frontières. Les communautés vivant sur cette île sont les NEOUS, les NERIFS, les NERES et les NESSIS. L'île est orientée géographiquement et les vents dominants sont précisés par le modérateur du jeu de rôle. Cet élément modifiable influence le déroulement du jeu.

L'objectif pour chaque groupe est de faire un choix de solution d'équipement en énergie renouvelable afin de rendre sa communauté autonome énergétiquement.

FIGURE 1



Carte de l'Ile KEPA

Chaque groupe représentant une communauté possède une carte de jeu présentant la localisation de ses villages, le nombre d'habitations, la géographie de leur territoire ainsi que leur mode de vie (figure 2).

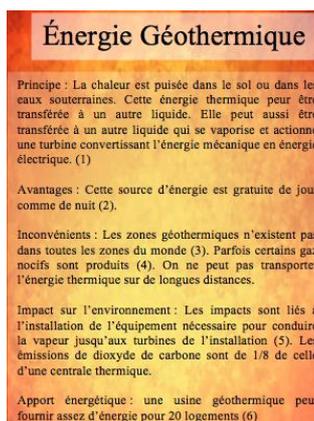
FIGURE 2



Exemple de « carte communauté »

Chaque groupe dispose de cartes informatives sur 8 formes d'énergies renouvelables (figure 3) : solaire, géothermique, éolienne, hydroélectrique, marémotrice, de houle, de combustion et de méthanisation. Elles ont été élaborées après expertise d'informations et discussions avec des enseignants de sciences et d'histoire-géographie-EC dans le cadre théorique du DBR qui est le notre. Pour chaque forme d'énergie renouvelable, les informations données concernent le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients, les impacts éventuels sur l'environnement et l'apport énergétique. Le recto de la carte donne des informations compréhensibles par des élèves de 14-15 ans. Au verso, des informations supplémentaires sont données. Elles s'adressent à des élèves de lycée et/ou à des étudiants et/ou enseignants de disciplines diverses en formation continue. Aucune interdiction n'est donnée aux plus jeunes d'utiliser les informations données au verso.

FIGURE 3



Exemple de « carte énergie »

Chaque groupe prend connaissance de l'objectif de ce jeu énoncé ci-avant, du contenu des cartes, des contraintes géographiques et économiques puis débat pendant un temps donné au sein de son groupe. Un rapporteur vient ensuite exposer la (les) solution(s) retenue(s) et les arguments concernant le choix fait par la communauté. Un autre membre du groupe place sur le plateau de jeu des symboles représentant les énergies choisies. Lorsque chaque groupe a exposé sa solution, les débats sont ouverts autour du plateau de jeu dans la mesure où les choix faits par certaines communautés ont des conséquences pour les autres. Les informations et les choix peuvent être discutés. Des rivalités, des négociations et des modifications des solutions peuvent alors émerger lors de cette mise en commun.

Les données et les méthodes d'analyse

Pour répondre à notre question de recherche à propos de l'acquisition de connaissances lors du jeu de rôle, un même questionnaire pré et post-jeu de rôle a été construit pour les trois panels. Il est composé des trois questions suivantes :

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 d'énergie cité dans la réponse à la question 1.

Le questionnaire pré-test a été passé de manière individuelle lors d'un cours de sciences quelques jours avant le jeu de rôle sous la surveillance du professeur de la classe. Les conditions ont été les mêmes lors de la passation du post-test deux semaines après le jeu de rôle. 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 formes d'énergie renouvelables après le jeu.

Pour ce qui concerne la deuxième question, dans laquelle il est demandé aux participants d'expliquer le principe du dispositif énergétique, nous avons effectué une analyse qualitative. 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.

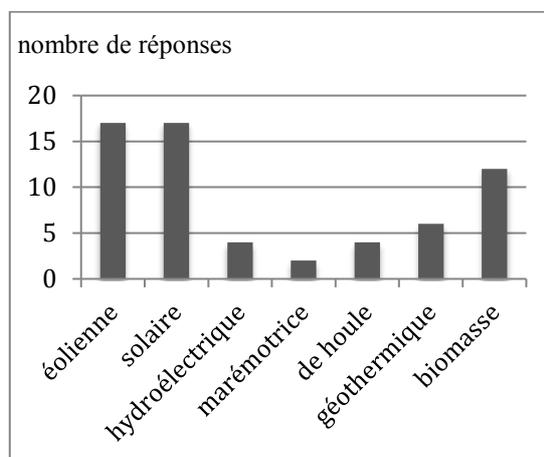
RÉSULTATS

Nous rendons compte dans cet article des résultats concernant le deuxième panel, celui des 17 élèves de deuxième année de lycée de classe scientifique. Nous avons fait ce choix pour une question de longueur pour le lecteur même si la confrontation des résultats obtenus avec les trois panels présente un réel intérêt pour répondre à d'autres questions de notre recherche.

Ce jeu de rôle permet-il aux participants d'acquérir des connaissances à propos de l'existence des différents dispositifs d'énergies renouvelables ?

L'analyse des réponses de la question 1 du questionnaire nous permet de répondre à cette question. Nous pouvons constater qu'avant la séance mettant en œuvre le jeu de rôle, les énergies les plus citées par la totalité des élèves sont les énergies éolienne et solaire (figure 4). Même si les élèves de cette classe scientifique citent ensuite l'énergie de biomasse, ils ne semblent pas faire de différence entre la biomasse par combustion et par méthanisation. Les réponses font en effet référence le plus fréquemment aux biogaz. Nous pouvons voir que toutes les formes d'énergie prévues dans le jeu de rôle par les concepteurs sont citées par l'ensemble des élèves même si les énergies marémotrice, hydroélectrique et de houle, ne sont citées qu'à la marge.

FIGURE 4

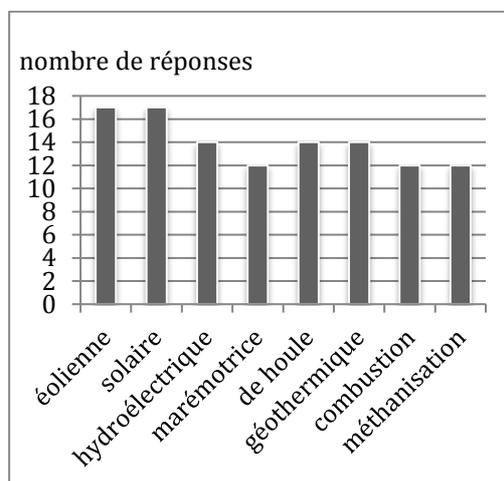


Les énergies renouvelables connues avant le « Jeu de rôle »

Les résultats du post-test mettent en évidence une connaissance plus élevée des différentes

formes d'énergie renouvelables (figure 5). Les 17 élèves ont, à nouveau, cité majoritairement 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 sont cités séparément, montrant ainsi une connaissance différenciée de l'utilisation de la biomasse. Les énergies ayant comme source énergétique l'eau ne sont plus ignorées non plus.

FIGURE 5



Les énergies renouvelables connues après le « Jeu de rôle »

Ce jeu de rôle permet-il aux participants d'acquérir des connaissances à propos du principe de fonctionnement des dispositifs d'énergies renouvelables ?

L'analyse des réponses à la question 2 met en évidence un nombre accru d'éléments explicatifs donnés après le jeu de rôle à propos du principe de fonctionnement des dispositifs énergétiques. En effet, les élèves ont fait référence à d'autres énergies renouvelables en dehors des énergies éolienne et solaire, et les biogaz. Dans toutes les réponses à la question concernant le principe de fonctionnement des dispositifs, des éléments présents dans les « cartes énergies » ont été relevés. L'utilisation des éléments explicatifs montre une meilleure compréhension du fonctionnement des différents dispositifs énergétiques proposés dans ce jeu de rôle.

Alors que les réponses des 4 élèves qui citaient l'énergie de houle faisaient apparaître une méconnaissance du fonctionnement du dispositif de conversion de l'énergie, les 14 réponses du post-test reprennent des éléments qui permettent aux élèves d'en expliquer le principe. A minima, les éléments font état « *du mouvement du flotteur qui donne de l'électricité* » et à maxima que « *c'est les oscillations de la surface de l'eau qui fait bouger les flotteurs reliés à une turbine qui transforme l'énergie mécanique en électricité* ». Les élèves ont bien saisi que c'est le mouvement des flotteurs qui peut être converti en énergie.

Les 2 élèves qui avaient cité l'énergie marémotrice n'avaient pas répondu à la question du principe de fonctionnement. Dans le post-test, les 12 élèves qui l'ont citée ont fait référence à minima « *aux mouvements de la marée qui entraîne des turbines* » et à maxima « *d'un barrage construit à l'entrée d'une rivière qui convertit l'énergie cinétique de la marée en électricité à l'aide d'une turbine* ». Il apparaît dans les réponses des élèves des éléments présents dans le contenu des « cartes énergies » même si le principe semble toujours difficile à maîtriser.

Les 6 élèves qui citaient la géothermie expliquaient que ce système utilisait la chaleur de la Terre sans plus de précision. Dans les réponses du post-test, nous avons noté que les élèves expliquent à minima que « *la chaleur de la Terre est utilisée pour faire tourner une*

turbine » et à maxima que « *la chaleur permet à un liquide de se transformer en vapeur et faire tourner une turbine* ». Nous voyons dans ces réponses que les élèves ont compris qu'il y a un dispositif intermédiaire qui permet une conversion énergétique.

L'énergie hydroélectrique était peu citée dans le pré-test. Dans les 4 réponses obtenues, le principe était peu développé et était résumé à un stockage d'eau dans un barrage. Dans les réponses des élèves au post-test, les éléments explicatifs font référence à la hauteur de stockage, à la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique et à l'usage d'une turbine. Les élèves ont compris le lien entre la hauteur de chute et la production d'énergie.

Concernant l'énergie de biomasse qui était citée de façon assez conséquente après les énergies solaire et éolienne, nous avons constaté que les élèves citaient les biogaz uniquement et n'avaient que peu de connaissances à leur sujet. Après le jeu de rôle, la majorité de ceux qui citent toujours l'énergie de biomasse distinguent l'énergie de biomasse sèche par combustion et la méthanisation. Les éléments explicatifs issus des cartes concernent à minima à la distinction des deux types de biomasse et à maxima les sources de la biomasse, l'origine du méthane, le système de transformation de l'énergie. Un élève explique que « *c'est de l'énergie chimique qui est transformée en électricité* ».

Tous les élèves citaient les énergies éolienne et solaire. Concernant le dispositif énergétique éolien, tous ont expliqué dans le pré-test que « *le vent fait tourner les pales de l'éolienne qui actionne un moteur* ». Dans le post-test, les éléments explicatifs vont au-delà de ce premier niveau de compréhension du principe. Ils précisent que c'est un générateur qui convertit l'énergie, que la rotation des pâles de l'éolienne est liée à la vitesse du vent et que cette énergie est appelée énergie cinétique. Concernant l'énergie solaire, dans le pré-test, les 17 élèves n'ont fait référence qu'aux panneaux solaires. Le principe était expliqué comme « *c'est la chaleur du soleil qui est transformée en électricité dans le panneau* ». Cette explication fait apparaître le panneau solaire comme un lieu de transformation sans plus de précision et de connaissance sur la manière dont l'énergie solaire peut être transformée. Après le jeu de rôle, une partie d'entre eux distingue à minima le système utilisant les panneaux photovoltaïques et le système de chauffe-eau solaire. Les précisions issues des cartes font référence à l'énergie rayonnante également, à des matériaux semi-conducteurs. Certains associent, de manière différenciée, l'énergie rayonnante et l'énergie thermique aux deux systèmes.

Ce jeu de rôle permet-il aux participants d'acquérir des connaissances à propos des avantages et des inconvénients d'un dispositif énergétique ?

L'analyse de la question 3 à propos des avantages et des inconvénients met en évidence une augmentation du nombre des inconvénients cités au détriment des avantages lors du post-test. Ce sont d'ailleurs ces éléments qui sont décisifs dans le choix de chacun des groupes quant à la solution retenue pour rendre sa communauté autonome énergétiquement lors du jeu de rôle. D'une manière générale, les élèves ne voient que des avantages économiques aux énergies renouvelables lors du pré-test comme lors du post-test même si des éléments supplémentaires sont apportés comme nous allons le préciser par la suite. Les avantages économiques sont donnés par rapport à la gratuité de la source énergétique. Aucun d'entre eux n'aborderait la question de l'exploitation énergétique ni des emplois liés à ce marché.

Concernant la géothermie, alors qu'ils déclaraient dans le pré-test que cette énergie 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. Alors que dans le pré-test, ils notaient la disponibilité continue de la source comme un avantage, dans le post-test, des éléments concernant la localisation des zones géothermiques sont apportés. Ils rajoutent aussi des éléments concernant la compatibilité de ce dispositif avec les cultures. Les élèves ont complexifié leur position

initiale dans la mesure où ils ont découvert que la géothermie n'est pas possible quel que soit le lieu.

Tous les élèves qui ont cité l'énergie solaire dans le pré-test ont noté comme inconvenient le problème de disponibilité de cette énergie lors de la nuit. Quelques-uns ont émis l'hypothèse que la fabrication des panneaux solaires serait polluante. Dans le post-test, des éléments relatifs à leur fabrication en Chine et à leur rentabilité ont été mis en avant. Dans les inconvenients, la surface d'installation a été questionnée ainsi que le recyclage partiel des matériaux de construction des panneaux photovoltaïques.

Tous les élèves avaient cité l'énergie éolienne dans le pré-test. Ils ont noté comme inconvenient, et comme pour le cas de l'énergie solaire, le problème de la disponibilité non continu de cette énergie. Dans le post-test, cet inconvenient a été repris par les élèves mais quelques-uns ont précisé que le fonctionnement de l'éolienne était dépendant de la vitesse du vent. Ils ont également pris en compte des éléments de géographie comme la présence de vent en bordure d'océan ou en montagne. Alors que les deux inconvenients majeurs de ce type d'énergie soulignés par les élèves dans le pré-test étaient le bruit engendré et leur impact sur les oiseaux, dans le post-test, ils signalent aussi des problèmes de zone de pêche. En effet, dans la carte énergie, des informations étaient données à propos des éoliennes off-shore. Concernant l'installation d'éolienne, des éléments sur le nombre d'éoliennes et de la place nécessaire en fonction de la consommation énergétique de la population ont été repris.

Comme développé précédemment, l'énergie de biomasse était la troisième énergie la plus citée dans le pré-test sans connaissance réelle du principe. Cela se retrouve dans les réponses du post-test. Dans les avantages, ils notaient que cette énergie était non polluante et que les biogaz venaient exclusivement des cultures. Aucun inconvenient n'apparaissait. Les élèves ont considéré que le préfixe « bio » supposait des gaz venant d'une agriculture biologique, donc « propre » dans leur esprit. Cette confusion est d'ailleurs assez commune. Dans le post-test, ils citent des avantages : l'utilisation de déchets animaux et végétaux. Nous avons noté qu'ils avaient différencié les procédés d'énergie de biomasse par combustion et par méthanisation dans l'analyse des réponses à la question 2. Des éléments explicatifs présents dans les cartes énergie apparaissent ici également. Ils abordent dans la réponse à la question 3, la possibilité d'une potentielle déforestation, de l'impact controversé sur le réchauffement climatique et le mauvais rendement.

Concernant les énergies qui ont comme source le mouvement de l'océan, soient les énergies marémotrice et de houle, qui étaient peu citées dans le pré-test, les élèves y avaient associé des inconvenients similaires, comme l'intermittence du phénomène et la nécessité d'être en bordure d'océan. Dans le post-test, des éléments explicatifs issus des cartes sont repris : la puissance de la houle, le mauvais rendement, la place nécessaire et la modification des zones de pêche. Pour l'énergie marémotrice, ils ont à minima précisé que ce dispositif nécessitait une « embouchure » particulière et à maxima que cela dépendait des « hauteurs » des marées, que cela pouvait modifier les écosystèmes et engendrer une pollution locale. Ils ont fait référence aussi au bon rendement de ce type d'installation. Le mot exact donné dans la carte était « estuaire ». Cependant les élèves ont compris qu'une telle installation nécessite des conditions géographiques particulières bien qu'ils n'aient pas fait référence à la nécessité d'avoir un marnage spécifique.

Pour l'énergie hydroélectrique peu connue d'après le pré-test, les élèves n'avaient noté qu'un seul inconvenient que nous qualifions d'ordre affectif : « *cela fait disparaître certains villages* ». Dans le post-test, ils ont repris des éléments de géographie comme la nécessité d'être en montagne pour créer des barrages et de gérer le débit d'eau en période de sécheresse. Ces réponses montrent une montée en complexité de leurs connaissances initiales dans la mesure où peu d'élèves connaissaient l'existence du principe.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de l'analyse du questionnaire mettent en lumière un gain de connaissances dans différents domaines pour les 17 élèves du panel 2. Elles concernent les différents systèmes utilisant les énergies renouvelables tant dans la connaissance de leur existence, de leur principe de fonctionnement que dans la nécessité de prendre en compte les inconvénients par rapport aux avantages en terme d'impact sur l'environnement, de disponibilité de ces énergies et des rendements associés. Ce sont les inconvénients qui ont été le plus développés dans le post-test. Les élèves semblent avoir pris conscience de ceux-ci. Ils se saisissent d'une partie de la complexité du choix des alternatives d'énergies renouvelables découvrant qu'elles ont toutes des inconvénients à prendre en compte. Cela contribue selon nous à complexifier leur point de vue et à avoir une vision moins naïve du problème énergétique.

Ces résultats sont également à discuter par rapport à différents points. Ils sont à moduler par rapport aux connaissances initiales des participants qui sont des élèves d'un lycée de bord d'océan. Ils sont familiers des éoliennes off-shore et de l'énergie de houle même si ils les ont peu citées avant le jeu de rôle. En effet, des projets sont développés depuis quelques années dans leur agglomération et ces projets sont régulièrement médiatisés. Quant à la connaissance de l'existence de l'énergie marémotrice, cela ne nous semble pas anodin. En effet, la visite du barrage de la Rance et du site marémoteur est une sortie pédagogique fréquemment organisée dans la région. Nous pouvons avancer que la proximité avec des énergies renouvelables présentes dans leur quotidien a une influence sur leurs connaissances initiales et sur l'intérêt qu'ils leur portent.

Concernant les avantages et les inconvénients cités, le contenu des cartes est décisif puisqu'il oriente l'argumentation pendant le jeu de rôle. Il est certain que la conception de telles cartes doit être questionnée dans un cadre d'EC critique. Certains participants ont d'ailleurs remis en cause certains éléments de ces cartes. Les remises en question concernent essentiellement les caractères polluants de certaines industries de construction des dispositifs énergétiques. Le déroulement du jeu de rôle a selon nous également un impact sur l'acquisition différente de connaissances par les élèves. Suivant le groupe communautaire représenté, les énergies à choisir varient puisqu'elles dépendent fortement de la géographie du territoire sur lequel il est installé. Si nous prenons l'exemple de l'énergie hydroélectrique, seule la communauté ayant des villages en montagne et des lacs peut y recourir au regard des éléments donnés sur la « carte énergie ». Les autres groupes n'ont donc pas eu à approfondir cette question.

Malgré ces points de discussion et au vu de nos résultats, nous défendons, comme d'autres chercheurs du champ des QSSs (Kolstø, 2001; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002; Zohar & Nemet, 2002; Lewis & Leach, 2006) l'idée qu'un enseignement basé sur l'étude d'une QSS contribue à augmenter les connaissances scientifiques des élèves. Ainsi, un apprentissage dans ce contexte peut permettre d'augmenter les connaissances scientifiques auxquels ces élèves feront appel dans leur future vie d'adulte. Cependant, les résultats d'autres recherches (Grooms, Sampson & Golden, 2014) ont montré qu'il y a un transfert peu important des connaissances d'une QSS étudiée à une autre.

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 et dans celle de Dori, Tal and Tsachu (2003), 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. Des nouvelles connaissances sont mises en lien avec les anciennes.

Un autre point sur lequel nous pouvons nous appuyer est qu'un contexte

d'apprentissage par le jeu de rôle augmente les connaissances des élèves les plus en difficulté. Ce résultat rapporté notamment par la recherche de Dori et al. (2003) peut être considéré comme pertinent au regard d'une EC qui vise à outiller tous les citoyens dans un cadre de démocratie non exclusive. Il serait donc tout indiqué de réitérer cette recherche avec des élèves engagés dans une autre voie pour mesurer l'impact de ce jeu de rôle sur l'apprentissage de connaissances à propos de la question du choix des énergies.

RÉFÉRENCES

- Albe, V. (2007). *Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. État des recherches et perspectives*. Mémoire de synthèse pour l'Habilitation à diriger des Recherches, Université Lyon 2, Lyon, France.
- Barrué, C. (2014). *L'enseignement des thèmes de convergence au collège : mise en débat d'une question socioscientifique en classe pour une éducation citoyenne*. Thèse de Doctorat, ENS de Cachan Université Paris Saclay, École Doctorale de Sciences Pratiques, Cachan, France.
- 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*, 39(1), 191-213.
- 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.
- Barthe, Y. (2006). *Le pouvoir d'indécision. La mise en politique des déchets nucléaires*. Paris: Economica.
- Bonneuil, C. (2004). *Les transformations des rapports entre sciences et société en France depuis la seconde guerre mondiale : un essai de synthèse*. Communication présentée au « Colloque Sciences Médias Et Société », Lyon ENS-LSH, France.
- 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.
- Byrne, J., Ideland, M., Malmberg, M., & Grace, M. (2014). Climate change and everyday life: repertoires children use to negotiate a socio-scientific issue *International Journal of Science Education*, 36(9), 1491-1509.
- Callon, M., Lascoumes, P., & Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*. Paris: Seuil.
- Dori, Y. J., Tal, R., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies: can we improve higher-order thinking skills of non-science majors? *Science Education*, 87, 767-793.
- 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, 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, France.

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, 1017-1043.

Kolstø, S. D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22, 645-664.

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.

Lewis, J., & Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues: the role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28, 1267-1287.

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, 2235-2251.

Pedretti, E. (1999). Decision making and STS education: exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *Journal of School Science and Mathematics*, 99, 174-181.

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- 42.

Simonneaux, L. (2006). Quel enjeu éducatif pour les questions biotechnologiques. In A. Legardez & L. Simonneaux (Dir.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions socialement vives* (pp. 33-60). Paris: ESF.

Simonneaux, L., Albe, V., Ducamp, C., & Simonneaux, J. (2005). Do high school students' perceptions of science change when addressed directly by researchers? *Eurasian Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 1(1), 21-40.

The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.

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.