Les modes de raisonnement informel des élèves de lycée lors de prises de décision en classe sur une question socio-scientifique

Higher secondary students' informal reasoning modes during classroom decision-making on a socio-scientific issue

Elie Rached

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ree/2258>

DOI : 10.4000/ree.2258

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Elie Rached, « Les modes de raisonnement informel des élèves de lycée lors de prises de décision en classe sur une question socio-scientifique », *Recherches en éducation* [En ligne], 32 | 2018, mis en ligne le 01 mars 2018, consulté le 23 octobre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/ree/2258> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.2258>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Les modes de raisonnement informel des élèves de lycée lors de prises de décision en classe sur une question socio-scientifique¹

Elie Rached²

Résumé

Cet article porte sur le raisonnement mis en œuvre par des élèves de lycée lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre d'une séquence d'enseignement intégrant les débats sur le réchauffement climatique. Trente élèves français ont eu à répondre au même questionnaire de recherche avant et après la séquence d'enseignement. Nous examinons les choix effectués par les élèves, le contenu des arguments mobilisés, les domaines de référence évoqués (scientifique, technique, économique, etc.) et les modes de raisonnement adoptés. Les résultats indiquent que la totalité des élèves font un choix au post-test et que la majorité des élèves modifient leur choix initial. Les élèves privilégient les contenus renvoyant au domaine de référence sociétal et mobilisent un mode de raisonnement renvoyant à la fois aux domaines scientifique et sociétal, mode de raisonnement dit « combiné » qui s'accroît au post-test. L'adoption par les élèves d'un mode de raisonnement donné au pré-test ne semble pas être lié à un choix donné d'un système de chauffage, ni au pré-test ni au post-test. Les élèves ayant des modes de raisonnement scientifique ou sociétal au pré-test adoptent davantage d'autres modes de raisonnement au post-test que ceux ayant un mode de raisonnement « combiné ».

Depuis une trentaine d'années, de nombreux chercheurs en éducation conduisent des recherches à propos de l'intégration de questions socio-scientifiques (QSS) (Sadler, 2004) ou questions socialement vives (QSV) (Simonneaux & Legardez, 2010) dans l'enseignement et/ou se réfèrent à l'argumentation dans leurs travaux.

Les QSS portent sur des problèmes souvent mal structurés impliquant les sciences et les techniques. Elles peuvent avoir des solutions multiples et être à l'origine de dilemmes sociaux complexes. Ce sont des questions « chaudes » ou « potentiellement chaudes » dans la société et en débat dans la sphère scientifique. Le réchauffement climatique (GIEC, 2008, 2013), les aliments génétiquement modifiés (Simonneaux, 2003) et les énergies alternatives en sont des exemples.

S'appuyant sur une vision des sciences inséparables de la société et dans la perspective d'une éducation émancipatrice ou citoyenne qui prône une culture scientifique pour tous, différents chercheurs en éducation, notamment scientifique, invitent à introduire des QSS en classe (Roberts, 2007 ; Sadler, 2004 ; Simonneaux, 2003 ; Simonneaux & Legardez, 2010). Il s'agit d'outiller les apprenants pour qu'ils puissent prendre des décisions adaptées lorsqu'ils seront confrontés à ces questions. Il s'agit également d'offrir l'opportunité aux apprenants d'aborder une réflexion sur la nature des sciences (Albe, 2008 ; Albe & Pedretti, 2013 ; Driver et al., 2000 ; Kolstø, 2001 ; Sadler et al., 2004).

Dans la perspective de proposer un enseignement renvoyant une image de la science la plus « authentique » possible (Duschl, 2008), certains chercheurs mettent l'accent sur l'argumentation car elle est au cœur du travail de construction d'explications et d'évaluation des preuves conduit

¹ Cette recherche a bénéficié d'une bourse pour la mobilité des chercheurs de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF-BMO).

² Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER), École Supérieure du Professorat et de l'Éducation (ESPE) de Nice, Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation (LINE), Université Nice-Sophia-Antipolis. L'auteur remercie chaleureusement les experts qui ont évalué l'article ainsi que Laurence Maurines pour les retours et les conseils qui ont permis l'amélioration de cet article.

au sein de la communauté scientifique (Duschl & Osborne, 2002 ; Driver et al., 2000). Il s'agit dans ce cas non seulement d'enseigner *ce qu'on sait* et *ce qu'on doit faire*, mais aussi d'enseigner *à propos des sciences*, d'enseigner *comment on sait* et *pourquoi on pense savoir*.

Ces deux courants sont à l'origine de nombreux travaux sur le raisonnement mis en œuvre lors de la formation ou de l'adoption d'une position donnée. Dans le cas des questions parfois complexes de la vie quotidienne et n'ayant pas nécessairement de solution définitive, le raisonnement mis en œuvre est qualifié d'informel (RI) (Johnson & Blair, 1991 ; Perkins et al., 1991 ; Sadler & Zeidler, 2005). Il s'agit d'un raisonnement sur les causes et les conséquences, les avantages et les inconvénients, les « pour » et les « contres » de propositions alternatives et de décisions particulières. À la différence du raisonnement formel, lors d'un RI, les arguments ne forment pas nécessairement une longue chaîne d'un raisonnement déductif mais plutôt plusieurs branches, les arguments fournis pouvant conduire à des positions opposées. De plus, suite à la donnée de nouvelles informations ou à une évaluation critique de celles déjà fournies, des arguments peuvent être ajoutés ou soustraits (Perkins et al., 1991). Par ailleurs, lors d'un RI, les prémisses peuvent ne pas être explicitement mentionnées si bien que, les conclusions d'un RI peuvent être parfois difficilement distinguées (Wu & Tsai, 2007). Les processus de résolution et de négociation de QSS impliquent notamment l'application d'un raisonnement informel (RI) (Sadler, 2004 ; Sadler & Zeidler, 2005).

Le RI est considéré comme ayant un rôle important également dans l'investigation scientifique. En effet, bien que les résultats scientifiques soient fréquemment exprimés à l'aide du langage formel des mathématiques et de la logique, ils peuvent trouver leur origine dans le RI (Perkins, Farady & Bushey, 1991 ; Tweney, 1991). C'est ainsi que Troy Sadler (2004), en s'inscrivant dans la continuité de Thomas Samuel Kuhn (1962) et de son livre *The structure of scientific revolutions* et en adoptant une vision post-positiviste, considère qu'un RI correspond à la fois au raisonnement qu'un scientifique utilise pour appréhender un « phénomène naturel » et à celui qu'un citoyen mobilise pour prendre une décision éclairée sur une « question » qui est objet de controverses.

L'étude présentée dans cet article s'inscrit dans ces courants de recherche. Elle explore la façon dont des élèves, dans un contexte « scolaire », raisonnent afin de prendre une décision sur une QSS. Nous esquissons tout d'abord un panorama des différentes façons d'aborder les processus de prises de décision et le RI dans les recherches en éducation, en particulier dans le champ des QSS. Ensuite, nous présentons nos questions et méthodologie de recherche, notamment le questionnaire de recherche qui nous a permis de récolter nos données. Nous donnons les résultats obtenus et les discutons avant de conclure.

1. Prise de décision et raisonnement informel dans les recherches en éducation

■ Processus de prises de décision

Pour plusieurs chercheurs en éducation, les processus de prises de décision et le RI sont intimement liés. Une prise de décision reposerait sur des processus consistant à examiner des solutions, choix ou actions alternatives et sur des jugements fondés sur les valeurs du décideur. Pour Koos Kortland (1996), les processus de prises de décision peuvent être « modélisés » par la procédure suivante : identification d'un problème, développement des critères, génération et évaluation de solutions alternatives, choix et implémentation de la « meilleure » solution. Cependant, les résultats de recherche indiquent que les processus de prises de décision ne respectent pas nécessairement cet enchaînement. Les différentes étapes peuvent être inter-reliées, le développement des critères d'évaluation des alternatives n'étant pas élaboré en avance mais en interagissant avec l'examen des alternatives et de leurs conséquences. Certaines décisions alternatives peuvent aussi ne pas être prises en compte (Kortland, 1996).

■ *Un ou deux systèmes mentaux pour interpréter le RI*

Des débats existent dans la littérature en éducation sur la façon de représenter au mieux les mécanismes mentaux du RI des apprenants dans le cadre d'une prise de décision ou de position sur une QSS. Fang-Ying Yang et Roger Anderson (2003) et Ying Tien Wu et Chin Chung Tsai (2007) se fondent sur des cadres théoriques issus des champs de recherches en psychologie cognitive et en épistémologie.

Les premiers interprètent la tendance d'une personne à agir d'une façon particulière ou à adopter une manière de pensée donnée lors d'une prise de décision comme une manifestation de la structure de ses connaissances ainsi que de ses convictions épistémologiques à propos du type d'informations considérées comme importantes. Ces représentations et structures interagissent avec les informations fournies pour en amplifier ou supprimer certains aspects en fonction de leur compatibilité. Connaître les schémas des processus d'information et les connaissances antérieures se révèle ainsi fondamental pour déterminer comment les informations sont évaluées et utilisées dans la prise de décision. Afin de résoudre un problème, les apprenants construisent des modèles mentaux hypothétiques en se fondant sur leurs connaissances et convictions puis fournissent une conclusion la plus cohérente possible avec leurs schémas mentaux à propos du problème posé. D'autres facteurs peuvent cependant influencer le processus de prise de décision comme les valeurs et les émotions.

Les seconds considèrent que les capacités de RI de l'apprenant reposent sur deux processus différents associés à deux systèmes cognitifs distincts. Soit, un apprenant prend une décision intuitive en développant immédiatement un modèle mental initial à partir de ses expériences passées et de ses connaissances et convictions personnelles antérieures ; soit, il entre dans une phase de pensée hypothétique au cours de laquelle le modèle initial sera révisé et de nouveaux modèles mentaux seront construits jusqu'à ce qu'une décision soit prise.

Ces travaux nous indiquent qu'une prise de décision individuelle est complexe et implique de considérer des dimensions multiples en interaction. Ainsi, une prise de décision dépend, entre autres, des connaissances antérieures, des schémas de traitement de l'information, des émotions ressenties, de la façon de percevoir la pertinence du problème, mais également, de la capacité de l'individu à s'adapter à son environnement (Yang & Anderson, 2003).

■ *Accéder au RI via l'analyse de l'argumentation et des arguments*

L'étude du RI et de l'argumentation en éducation relève de différentes approches.

En ce qui concerne les relations entre RI et argumentation, deux positions se rencontrent. Si pour certains chercheurs (Zohar & Nemet, 2002) l'argumentation peut être considérée comme la partie centrale du RI, pour d'autres elle n'est que le moyen de l'atteindre, même si l'« accès » aux processus cognitifs et affectifs n'est pas automatique (Sadler & Zeidler, 2005). L'argumentation est alors considérée comme l'expression du RI et non le RI lui-même. Si une argumentation de qualité révèle un raisonnement informel de qualité, une argumentation faible ne révèle pas nécessairement un raisonnement informel faible. Nous adoptons ce deuxième point de vue.

En ce qui concerne l'argumentation, une distinction est souvent faite dans la littérature entre un argument et le processus « d'arguer » lui-même, autrement dit l'argumentation (Osborne et al., 2004). Mais il est aussi souligné que les deux sont inter-reliés, un argument ne prenant sens qu'au sein d'une argumentation (Kuhn & Udell, 2003). Si certains chercheurs s'intéressent à la structure de l'argumentation en distinguant affirmations, conclusions, justifications, raisons ou soutiens (Zohar & Nemet, 2002), d'autres examinent les arguments, en particulier le contenu notionnel mobilisé (Sampson & Clark, 2008 ; Von Aufschnaiter et al. 2008). Des différentes façons d'examiner ce contenu, nous en présentons deux en lien avec les questions de recherche abordées ici (voir Rached, 2015, pour plus de détail).

Wu et Tsai (2007) et Yang et Anderson (2003) examinent les types d'informations mobilisées par les apprenants lors d'une prise de décision à propos d'une QSS. Ils montrent qu'elles appartiennent à différents domaines de référence (scientifique, technique, économique, écologique, etc.) et que ces domaines peuvent être mobilisés ou non de façon équivalente. Ils dégagent ainsi l'existence de différents « modes » du RI. Dans le « mode » de RI qu'ils désignent par scientifique ou par sociétal, certaines informations sont privilégiées par rapport à d'autres : il s'agit des informations scientifiques et techniques dans le premier cas et des informations sociétales dans le second (politique, économique, etc.). Dans le mode de RI qu'ils dénomment combiné, les deux types d'informations (scientifiques et sociétales) sont mobilisés de manière équilibrée.

D'autres chercheurs s'intéressent au contenu scientifique mobilisé et soulignent que pour peser les avantages et les inconvénients des options disponibles, l'utilisation de connaissances conceptuelles pertinentes est nécessaire (Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002 ; Lewis & Leach, 2006). Les résultats des recherches indiquent que certains apprenants réussissent à fonder leur décision sur des connaissances conceptuelles et techniques pertinentes en plus des jugements de valeurs, ce qui les conduit par exemple à favoriser les considérations écologiques sur les considérations économiques. L'engagement des apprenants dans des discussions « raisonnées » pour une prise de décision dépendrait par ailleurs de leur capacité à identifier les questions « clés » qui requièrent la compréhension de certaines connaissances scientifiques pertinentes de base (Lewis & Leach, 2006).

2. Problématique et questions de recherche

Cette étude fait partie d'une recherche plus large portant sur la conception, la mise en œuvre et l'analyse d'une séquence d'enseignement sur l'argumentation et la prise de décision sur une QSS intégrée à un curriculum « traditionnel ». Cette QSS porte sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation individuelle dans un contexte d'étude en classe prenant en compte la question du réchauffement climatique et intégrant un débat et l'exploitation d'un dossier d'informations.

Nous cherchons au travers de l'étude des arguments à préciser les mécanismes mentaux du RI mis en œuvre par les élèves lors de la prise de décision sur la QSS et à examiner si ceux-ci évoluent suite à l'enseignement suivi. Compte tenu de ce qui précède, nos questions de recherche sont les suivantes³ :

- 1) quels choix (de système(s) de chauffage ou de sources énergétiques) les lycéens font, au pré-test et au post-test, lors de leurs prises de décision sur une QSS ? Modifient-ils leurs choix au post-test ?
- 2) à quels domaines, scientifiques (Sc), techniques (T) ou sociétaux (économiques, pratiques, environnementales, etc.) se réfèrent-ils lors du choix d'un système de chauffage pour une habitation ?
- 3) un élève privilégie-t-il un domaine de référence spécifique aux dépens d'autres domaines, autrement dit, quel(s) mode(s) de RI (scientifique, sociétal ou combiné) un élève adopte-t-il lors d'une prise de décision ?
- 4) quelles sont les relations éventuelles entre les choix effectués et les modes de RI adoptés ?

Faute de place, nous n'aborderons pas la question relative à l'origine des informations mobilisées par les élèves (sont-elles issues du dossier d'informations ou d'un acquis antérieur, scolaire). Nous tenterons uniquement lors de la discussion de préciser les mécanismes mentaux du RI que les apprenants mettent en œuvre.

³ La qualité du RI, la validité des connaissances scientifiques et techniques mobilisées et les liens éventuels entre elles feront l'objet d'un autre article (Rached, soumis).

3. Méthodologie de recherche

La recherche est conduite selon une méthodologie relevant du «Design-Experiment » (Cobb et al., 2003). Ce cadre théorique encadre la conception d'un environnement d'enseignement-apprentissage « situé » et celle des moyens et conditions nécessaires pour le soutenir (pour plus de détails voir Rached, 2015).

■ *La séquence d'enseignement et la population étudiée*

• *La séquence d'enseignement*

La séquence d'enseignement a été élaborée pour la classe de première de la série scientifique. Les programmes scolaires en physique-chimie (PC) de cette classe mentionnent en effet des contenus et des compétences à acquérir en lien avec la QSS en question. Citons à titre d'exemple : « Écrire une équation de combustion. Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu » (MEN, 2010a). Les élèves de ce niveau sont susceptibles d'avoir abordé la QSS en classe de seconde générale et technologique, les programmes de deux disciplines scolaires demandant également l'intégration d'éléments relatifs à la question climatique et à ses liens éventuels avec la question énergétique : « Représenter un cycle du carbone simplifié mais quantifié pour comprendre en quoi l'utilisation des combustibles fossiles constitue un enjeu planétaire » (MEN, 2010b) ; « L'enjeu énergétique... Impacts environnementaux et tensions géopolitiques... Quels choix énergétiques pour l'avenir ? » (MEN, 2010c).

La séquence a été réalisée à la fin du deuxième trimestre de l'année académique. Elle dure six heures, s'étale sur trois jours et comporte neuf séances (pour plus de détails, voir annexe figure 1). Après avoir reçu un enseignement restreint visant l'acquisition de connaissances scientifiques (séance 2), les élèves sont invités à débattre et à prendre une décision sur une question énergétique locale, le choix d'un système de chauffage pour une habitation (séances 5, 6 et 7). Ce choix est à faire en tenant compte des débats sur une question se posant à l'échelle de la planète, le réchauffement climatique, et sur le rôle éventuel joué par les activités humaines (à titre d'exemple, les émissions de gaz à effet de serre provenant de la combustion des énergies fossiles) (pour plus de détails, voir Rached, 2012, 2015).

La séquence d'enseignement est organisée de sorte à offrir aux élèves, d'un côté, l'opportunité de pratiquer l'argumentation (séances 3, 4, 5, 6 et 7) et d'un autre, la possibilité d'avoir accès à des arguments de qualité notamment grâce à la distribution de documents (séances 3, 4 et 5) et d'une grille mentionnant des critères pouvant être pris en compte pour faire un choix (séances 5, 6 et 7). Par ailleurs, la séquence offre également aux apprenants la possibilité de se confronter à des éléments relatifs à la nature des sciences comme la question du consensus en sciences et de la validité des preuves expérimentales et des explications présentées (séances 3 et 4), la limite des sciences à aborder certaines questions (séances 3, 4, 5, 6 et 7).

• *Population étudiée*

Nous avons mené notre étude auprès de trente-deux lycéens français en classe de première de la série scientifique âgés de quinze à seize ans. L'échantillon d'étude est constitué des trente élèves présents à toutes les séances. Le lycée est situé dans un quartier favorisé d'une grande ville française et les élèves sont issus de familles de classes sociales supérieures.

À la fin de la séquence, les élèves sont interrogés oralement par le chercheur. Ils indiquent qu'ils n'ont jamais discuté en classe de sujets relevant de questions énergétiques en relation avec les débats sur le réchauffement climatique.

- *Recueil des données : le questionnaire de recherche*

Nous avons élaboré un questionnaire afin d'examiner la nature et l'étendue des connaissances scientifiques, techniques et sociétales des élèves en relation avec la QSS en question, leurs connaissances des débats en cours sur les questions climatiques et énergétiques et leur choix de système de chauffage pour une habitation. Le questionnaire comprend douze questions et a été présenté aux élèves avant et après la séquence d'enseignement. Dix questions portent sur les connaissances scientifiques des élèves sur la météo, le climat, l'effet de serre, le rendement, la puissance, la conversion et le transfert énergétique, la combustion, le principe de fonctionnement d'une centrale électrique. Une question concerne les débats sur le(s) changement(s) climatique(s) et une question porte sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation.

Le questionnaire a été préalablement testé sur un autre échantillon d'élèves volontaires, de même niveau scolaire mais appartenant à un autre établissement scolaire. Cet établissement se situe dans la banlieue de la ville où se trouve la classe expérimentale. Certains de ces élèves volontaires sont considérés par l'enseignante qui nous a aidés à faire passer le questionnaire comme des « élèves en difficulté scolaire ».

Dans cet article nous présentons les résultats de l'analyse des réponses individuelles écrites par chaque élève à une seule question du pré-test et du post-test. Il s'agit de la question 12 du questionnaire présenté aux élèves lors de la séance 1 (pré-test) et de la séance 8 (post-test). Afin de faciliter l'accès au RI des apprenants nous avons demandé aux élèves d'explicitier cinq raisons pour justifier leur choix. Nous leur avons également demandé de se servir de leurs connaissances scientifiques pour appuyer leur choix.

Question 12 : « Vous venez d'emménager dans une nouvelle habitation qui ne possède pas de chauffage. Vous décidez d'en installer un. Quel type de chauffage choisissez-vous ? Donner 5 raisons pour justifier ce choix. Expliquer vos raisons en utilisant vos connaissances scientifiques. ».

■ *Analyse des données recueillies*

Pour analyser le RI mis en œuvre par les apprenants lorsqu'ils répondent individuellement à un questionnaire écrit, nous avons procédé à l'analyse des arguments fournis. Nous avons suivi la méthodologie mise en œuvre par Claudia Von Aufschnaiter et al. (2008). Compte tenu qu'une réponse peut contenir plusieurs arguments, nous avons découpé la réponse de chaque élève en des unités plus petites. Nous avons ensuite cherché à caractériser le contenu de chaque unité et le domaine de référence évoqué. Nous explicitons ceci dans ce qui suit et l'illustrons à l'aide d'un exemple (tableau 1 ci-après).

Afin d'établir la fiabilité interne de nos analyses qualitatives (Guba & Lincoln, 1994 ; Sadler & Zeidler, 2005 ; Shenton, 2004), nous avons procédé à des cycles itératifs de codage et de comparaison d'un échantillon des données collectées (20%), réalisés d'une façon indépendante par l'auteur de cet article et par deux autres chercheur(e)s engagé(e)s dans la recherche. Des discussions ont été engagées afin de résoudre les désaccords sur certaines analyses et aboutir finalement à un accord final sur 75% des analyses. Par la suite, l'auteur de cet article a procédé à l'analyse de la totalité des données qui restaient.

- *Choix d'un système de chauffage, contenus et domaines de référence des arguments*

Nous avons repéré dans les contenus analysés les systèmes de chauffage et/ou les sources énergétiques auxquelles les élèves font référence au pré-test et au post-test. En outre, nous avons examiné si les élèves modifient au post-test leurs choix de systèmes de chauffage et/ou de sources énergétiques faits au pré-test (pour les résultats d'analyse, voir tableau 2 ci-après).

En ce qui concerne les domaines de référence évoqués par les apprenants, nous nous sommes appuyé sur les travaux de Yang et Anderson (2003) et Wu et Tsai (2007) sur les informations (sociétales, écologiques, économiques, pratiques, etc.) que les apprenants peuvent prendre en considération lors d'une QSS.

Afin de mieux répondre à nos questions de recherche, nous avons regroupé d'un côté les contenus faisant référence à des domaines techniques (T) et scientifiques (Sc) et, d'un autre côté, les contenus faisant référence à des domaines économiques, pratiques, environnementaux, etc. Nous avons appelé ce regroupement dimension Sociétale (S). Les contenus que nous pouvions interpréter comme relevant, à la fois, d'aspects sociétaux et techniques (et/ou scientifiques) ont été codés comme appartenant aux deux domaines (S et Sc ou S et T ou S et Sc/T). Le tableau 1 montre que l'argument « rendement [du système de chauffage] supérieur à 90 % » a été considéré comme pouvant porter non seulement sur un contenu scientifique (une caractéristique T du rendement énergétique du système de chauffage) mais également sur un contenu économique (une caractéristique d'un système qui ne gaspille pas d'énergie donc de l'argent).

Tableau 1 - Exemple d'analyse des contenus des arguments mobilisés et de leurs domaines de référence au post- test par l'élève n°4 en réponse à la question 12 du questionnaire

Transcription	Contenus ^a	Domaines de référence ^b
Un chauffage au fioul	Choix du chauffage au fioul	/
Durée de vie 25 ans	Caractéristique du chauffage, durée de vie de système / rentabilité du système durable	T et S
Coût au watt assez faible	Coût au watt du système, faible / unité de puissance le watt	T et Sc (watt) / S (le coût)
Coût d'installation assez faible	Coût d'installation du système, faible	S
Également (environ 5000 euros sans le remboursement de l'état)	Montant du coût d'installation / remboursement du coût par l'état	S S
Sensation de confort	Aspect de confort du système	S
Rendement supérieur à 90 %	Efficacité énergétique du système, Rendement énergétique du système / Rentabilité économique	T, Sc et S

Note de lecture : a) contenus analysés à l'aide du cadre d'analyse de Von Aufschnaiter et al. (2008) ; b) domaines de référence analysés à l'aide du cadre d'analyse modifié de Wu et Tsai (2007) et Yang et Anderson (2003)

• Modes de RI

Pour analyser les modes de RI, nous nous sommes fondé sur la méthodologie de Yang et Anderson (2003). Nous avons examiné les contenus mobilisés dans la réponse de chacun des élèves, prise comme unité d'analyse, en leur attribuant l'un des modes du RI suivants : Sc/T, Sociétal, ou une combinaison Sc(/T) et Sociétal (pour des exemples d'analyse, voir ci-dessous ; pour les résultats, voir tableau 4 ci-après). La réponse d'un élève renvoyant uniquement au domaine scientifique ou sociétal a été codée comme relevant respectivement d'un RI scientifique (exemple a) ou sociétal (exemple b). Nous avons codé la réponse d'un élève comme relevant d'un RI combiné quand celle-ci renvoie à la fois aux domaines scientifique et sociétal (exemple c).

Exemple d'analyses des modes de RI mobilisés au pré-test

a) Mode de RI orienté Sc (et/ou T)

Réponse de l'élève n°7 : « Tout dépend de la taille de la pièce. Plus la pièce est grande plus le chauffage doit être puissant çàd [c'est-à-dire] plus l'énergie dépensée par effet de joule est importante. Ce chauffage doit chauffer la pièce par convection, çàd par mouvement d'air pour que la température soit égale dans toute la pièce. »

b) Mode de RI orienté sociétal

Elève n°25 : « Pour des raisons économiques je choisis le chauffage électrique et plus facile à installer. »

c) Mode de RI combiné, orienté vers une combinaison Sc (et/ou T) et sociale

Elève n°4 : « Je choisis un chauffage électrique parce qu'il est composé de résistance dont le rendement est 1, parce que l'électricité est renouvelable facile à installer (une prise de courant). »

4. Résultats

■ Choix des élèves

Au post-test, les trente élèves s'engagent dans la prise de décision en choisissant explicitement un système de chauffage ou une source énergétique. Ils n'étaient que vingt-quatre à le faire au pré-test, dont cinq ne précisaient pas explicitement un système de chauffage ou une source d'énergie primaire ou secondaire à leur système de chauffage. Les choix des vingt-quatre élèves qui répondent à la fois au pré-test et au post-test sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 2 - Systèmes de chauffage ou sources énergétiques choisis par les 24 élèves au pré-test et au post-test en réponse à la question 12 (en effectif)

	Pré-test	Post-test
<i>Une seule source évoquée</i>	16	16
<i>Electrique</i>	13	8
<i>Bois</i>	0	5
<i>Gaz</i>	1	0
<i>Fioul</i>	0	1
<i>Charbon</i>	1	0
<i>Solaire</i>	1	2
<i>Deux sources évoquées</i>	3	8
<i>Electrique produit par le solaire</i>	2	0
<i>Mixte : Solaire + un autre</i>	1	6
<i>Electrique (ou un autre système)</i>	0	1 (Fioul) 1 (Gaz)
<i>Pas de choix explicites</i>	5	0

Au pré-test, la majorité des élèves choisit un système de chauffage électrique (treize + un associé à un système solaire). Ils ne sont que dix à le faire au post-test. En revanche, au post-test la majorité des élèves choisit un chauffage solaire ou au bois (treize élèves à la place des quatre au pré-test). Cinq élèves choisissent un système au bois au post test (il n'y en avait aucun au pré-test). Le bois et le solaire sont considérés dans les documents distribués aux élèves comme des sources renouvelables en France et sans un impact carbone majeur (ça n'a pas été

le cas des autres sources énergétiques, au fioul, au gaz ou électrique principalement produite par une énergie nucléaire).

En outre, au post-test, six élèves ajoutent un système d'appoint au système solaire (il n'y en avait qu'un seul au pré-test). Deux élèves proposent même deux systèmes différents de chauffage dépendant de la nature et des caractéristiques de l'habitation. La question de l'efficacité énergétique du système solaire a été évoquée dans les documents distribués aux élèves et dans les débats et discussions pendant la séquence d'enseignement.

La majorité (seize) des vingt-quatre élèves changent leur choix de systèmes (ou de sources énergétiques) au post-test. Parmi ces seize élèves, trois gardent la source initialement choisie au pré-test et y rajoutent au post-test une nouvelle source énergétique ou un nouveau système de chauffage, tandis que cinq élèves qui ne mentionnaient pas explicitement un choix de système de chauffage ou une source énergétique, le font au post-test. Toutefois, un groupe d'élèves (huit élèves) conserve le même choix d'un système de chauffage ou la même source d'énergie au pré-test et au post-test. Tous ces élèves optent pour un système de chauffage électrique sans nécessairement indiquer la source primaire de l'énergie électrique.

■ Domaines de référence mobilisés

Afin de répondre à la seconde question de recherche portant sur les domaines de référence mobilisés par les élèves lors de leurs prises de décision sur une QSS, nous avons analysé les contenus des arguments mobilisés par les vingt-quatre élèves qui ont répondu au pré-test et au post-test à la question 12 (tableau ci-après).

Tableau 3 - Domaines de référence mobilisés par les 24 élèves qui ont fait un choix de systèmes de chauffage ou de sources énergétiques au pré-test et au post-test en réponse à la question 12

Domaines de référence	Pré-test			Post-test		
	Sc / T	Sociétal	Sc/T et Sociétal	Sc / T	Sociétal	Sc/T et Sociétal
Nombre et (%) d'occurrence dans les contenus	35 (26,9%)	56 (43%)	39 (30%)	49 (24%)	87 (42,6%)	68 (33,3%)
Total d'occurrence		130			204	

Si le nombre d'occurrence des différents domaines de référence évoqués est plus élevé au post-test (204) qu'au pré-test (130), leur répartition en pourcentages ne change pas. On observe de plus que les contenus du domaine S sont mobilisés en priorité au pré-test (43%) et au post-test (42,6%) et que ceux du domaine Sc/T sont moins mobilisés. Les élèves de première de la série scientifique privilégient le domaine Sociétal pour prendre une décision au pré-test comme au post-test. Cependant, les contenus évoquant les domaines Sc (/T) ou susceptibles d'être interprétés comme y renvoyant également (Sc/T et Sociétal) sont relativement présents au pré-test (26,9 et 30%) comme au post-test (24 et 33,3%). Le pourcentage de contenus dans lesquels le domaine Sc (/T) est présent pourrait ainsi aller jusqu'à un pourcentage relativement élevé (de l'ordre de 55%) aussi bien au pré-test qu'au post-test.

Par ailleurs, en faisant une distinction entre les domaines Sc et T, nous constatons qu'au pré-test, les contenus évoquant le domaine T sont majoritaires et les domaines Sc minoritaires. Au post-test, les contenus les évoquant conjointement sont en revanche majoritaires. Il est également à noter que sur la quasi-totalité des vingt-quatre réponses (sauf une seule au pré-test), les élèves font référence à au moins deux domaines de référence lors de leurs prises de décision.

■ Modes de RI des élèves

Le tableau 4 montre que lors de leurs prises de décision sur la QSS, les élèves adoptent majoritairement un mode de raisonnement combiné au pré-test (13/24) et qu'ils le font davantage au post-test (19/24). En outre, le mode de raisonnement Sc minoritaire au pré-test (2/24), disparaît complètement au post-test. Il est remplacé par un mode de raisonnement combiné. Il semblerait que les élèves ne perçoivent plus le problème posé comme une question uniquement Sc et T. De même, une grande partie des élèves ayant un mode de raisonnement sociétal au pré-test (6/9) adopte un mode de raisonnement combiné au post-test. Cependant, les élèves ayant un mode de raisonnement combiné au pré-test gardent en majorité le même mode de raisonnement au post-test (11/13). Ils sont moins susceptibles de changer leurs modes de raisonnement.

Tableau 4 - Modes de RI mobilisés par les 24 élèves de première Sc qui fournissent une réponse au pré-test et au post-test à la question 12

Pré-test \ Post-test	Scientifique		Sociétal		Combiné		Total
	Mode ^a identique	Mode différent	Mode identique	Mode différent	Mode identique	Mode différent	
Scientifique	/	/	/	/	/	/	0
Sociétal	/	/	3	/	/	2	5
Combiné	/	2	/	6	11	/	19
Total	2		9		13		24

Note de lecture : a) nombre d'élèves qui adoptent un mode de RI identique (ou différent) au post-test

■ Liens éventuels entre les choix et les modes de RI

En réponse à la quatrième question de recherche nous avons comparé les modes de raisonnement adoptés par les élèves au pré-test à ceux adoptés au post-test, et les changements éventuels de choix au post-test (tableau 5 ci-après).

Tableau 5 - Modes de RI des 24 élèves ayant répondu au pré-test et post-test et leurs changement(s) éventuels de choix de systèmes de chauffages ou de sources énergétiques au post-test

Pré-test \ Post-test	Scientifique		Sociétal		Combiné		Total
	Choix ^a identique	Choix différent	Choix identique	Choix différent	Choix identique	Choix différent	
Scientifique	/	/	/	/	/	/	0
Sociétal	/	/	1	2	/	2	5
Combiné	/	2	3	3	4	7	19
Total	2		9		13		24

Note de lecture : a) nombre d'élèves qui adoptent un choix identique (ou différent) de systèmes de chauffage ou de sources énergétiques au post-test

Les élèves qui modifient leur choix au post-test ont adopté différents modes de RI au pré-test. Cela suggère qu'il n'y a pas un lien direct entre le mode de RI adopté par un élève et la modification de son choix.

Cependant, nous constatons que la totalité des élèves (2/2) adoptant un mode de raisonnement Sc et qu'une majorité (6/9) d'élèves adoptant un mode S au pré-test changent de choix (ils sont une minorité (2/13) des élèves adoptant un mode de raisonnement sociétal à le faire aussi). Il semblerait que les élèves optent davantage à la fin de la séquence pour un raisonnement combiné, ce qui est cohérent avec les objectifs de la séquence d'enseignement, la nature et l'étendue de la question posée.

5. Discussion

■ **Nature et nombre des domaines de référence mobilisés dans les contenus des arguments**

• *Mobilisation de contenus Sc et T*

Les résultats de notre étude indiquent la capacité de nos élèves à mobiliser des contenus Sc et T dès le pré-test. Une analyse approfondie de ces contenus indique que certains sont mobilisés au pré-test comme au post-test (par exemple, la notion d'énergie ou de source renouvelable) tandis que d'autres disparaissent (par exemple, la convection) ou apparaissent (par exemple, KWH). Cependant, les élèves mobilisent davantage de contenus T que Sc.

• *Utilisation des informations Sc/T et S*

Les élèves utilisent d'une façon différente les informations Sc/T et S pour effectuer leur choix. Certains des élèves ayant un RI combiné utilisent les informations Sc/T pour justifier les informations sociétales qu'ils évoquent (à titre d'exemple l'élève 8 au post-test « ... écologique car ne rejette pas de CO₂ »). D'autres utilisent les informations Sc/T pour soutenir un choix sans évoquer de lien explicite avec des contenus sociaux (à titre d'exemple, voir exemple 2, élève n°4 au post-test : « ... durée de vie 25 ans ... rendement supérieur à 90% »).

■ **Les mécanismes du mode de raisonnement informel combiné**

Considérant qu'un mode de raisonnement combiné, utilisant à la fois des contenus sociétaux et scientifiques, est plus complexe que les modes de raisonnement qui ne considèrent qu'un des deux aspects de la question (Yang & Anderson, 2003), nous analysons en détail, dans les paragraphes suivants, les réponses des treize élèves relevant d'un mode de raisonnement combiné avant enseignement.

Au pré-test, les élèves se basent sur leurs connaissances et convictions personnelles pour établir un modèle mental (initial) et élaborer une conclusion au problème posé en choisissant un système de chauffage. Après avoir suivi la séquence d'enseignement, incluant notamment des débats en équipes sur le choix d'un système de chauffage parmi plusieurs systèmes proposés, les élèves ont au post-test des approches différentes pour élaborer leurs conclusions et fournir une solution au problème posé.

Certains des élèves (cinq) après avoir construit au pré-test un modèle mental initial et avoir été confrontés aux informations disponibles durant la séquence, *conservernt au post-test le choix initial et cherchent à le consolider*. Ils utilisent certaines des raisons et convictions initiales mais en abandonnent d'autres. Ils tiennent compte « partiellement » des informations disponibles, notamment en conservant uniquement les raisons qui justifient leur choix initial et qui sont donc compatibles avec leur modèle mental initial. Ces élèves cherchent surtout à conforter davantage

leur choix initial tout en évoquant aussi les avantages de leurs choix par rapport à d'autres choix disponibles. Un exemple de réponses de ce type est donné dans le tableau (élève n°8). Cet élève conserve au post-test le même choix de système électrique et évoque le même aspect « écologique » du système, mais en le comparant au fioul, abandonne les aspects T et Sc et aborde pour la première fois la question du coût.

D'autres élèves (six) ayant fait un choix donné au pré-test en construisant un modèle mental initial changent complètement de choix au post-test et des raisons qui soutiennent leur choix. Les élèves semblent *abandonner le modèle mental construit initialement et adopter un nouveau modèle*. Les élèves se servent ainsi des informations disponibles durant la séquence d'enseignement pour soutenir un autre choix au post-test en développant une autre approche à la question. Cependant, ces élèves n'évoquent à aucun moment les autres systèmes ou autres solutions alternatives. Les réponses de l'élève n°4 relèvent de ce cas. Cet élève abandonne les raisons évoquées relatives à l'écologie et au côté pratique du système et opte pour un autre système de chauffage, au fioul, en faisant appel à d'autres raisons relatives au coût du système et à sa durée de vie. Cependant, cet élève conserve une unique raison initiale relative au rendement du système.

Un élève (l'élève n°18) élabore au post-test d'autres *modèles mentaux qui cohabitent avec le modèle initial*. L'élève s'en sert quelques fois pour avoir plusieurs choix dont certains correspondent aux choix et raisons initiaux et d'autres peuvent même s'y opposer. L'élève semble être toujours dans un processus de RI, autrement dit de confrontation entre les choix, les informations et les modèles mentaux initiaux, et la possibilité d'élaboration d'un nouveau modèle mental.

Terminons en signalant qu'un élève change de système de chauffage mais garde par contre les mêmes raisons qui soutenaient son choix initial.

Tableau 6 - Exemples de mécanismes du mode de raisonnement informel combiné

Élève	Mécanismes correspondants	Réponse au Pré-test	Réponse Post-test
n°8	Modèle initial conservé et consolidé	« Chauffage électrique car le moins polluant, placé en bas du mur pour qu'il y ait une bonne conduction, chauffage construit avec des matériaux recyclés (plus écologique). »	« Je prendrais un [système de chauffage] à l'électricité car : c'est celui qui a le coût d'installation le moins cher, bien rentable au bout de dix ans, écologique car ne rejette pas de CO ₂ contrairement au fioul, son prix au KWh est peu cher, pas besoin de beaucoup d'entretien. ».
n°4	Abandon du modèle mental construit initialement et adoption d'un nouveau modèle	« Je choisis un chauffage électrique parce qu'il est composé de résistance dont le rendement est 1, parce que l'électricité est renouvelable facile à installer (une prise de courant) »	Voir tableau 1
n°18	Modèles mentaux qui cohabitent avec le modèle initial	« Je choisirai un chauffage traditionnel. En effet par énergie solaire il faut se trouver dans un lieu adéquat afin d'obtenir assez d'énergie. J'opterai bien entendu pour un chauffage une vanne thermostatique afin d'éviter les pertes d'énergie »	« Je choisirai le chauffage électrique ou le chauffage à chaudière à combustion de gaz. Il faut être réaliste en ville, en immeuble, dans un pays de l'hémisphère Nord, les panneaux solaires ne suffisent pas le confort du chauffage électrique est minimal car c'est un chauffage par le sol. La chaudière à gaz est utile, pas très écologique, mais c'est la solution la plus facile pour un appartement. Le prix n'est pas excessif. »

■ **Prises de décision sur une QSS**

● *Évolution du raisonnement informel dans le cadre d'une QSS ?*

Les résultats de notre recherche indiquent un changement dans les choix effectués par les élèves entre le pré-test et le post-test. Ils montrent également un changement dans les modes de raisonnement informel des élèves, ceux-ci s'orientant davantage vers un mode de raisonnement combiné. En outre, ils révèlent que les élèves fournissent au total davantage d'arguments relevant des différents domaines de référence au post-test et qu'il n'y a pas eu de changement significatif de leur répartition par domaine de référence. Ainsi, engager les élèves dans une séquence d'enseignement sur une QSS, notamment sur des prises de décision sur des questions de tous les jours, semble impacter le raisonnement informel de ces apprenants. Cependant, compte tenu de la courte durée de cette séquence d'enseignement, la question se pose de savoir si cet impact reflète une évolution du raisonnement des élèves ou s'il traduit seulement une amélioration de la manifestation de ce raisonnement déjà développé par les élèves.

● *Influence du contexte*

Nous pouvons également nous demander, si le choix de la question portant sur le choix d'un système de chauffage, une question de la vie de tous les jours, n'a pas eu une influence sur nos résultats. Autrement dit, la question de l'influence du contexte (soient la familiarité et la nature de la question) sur la prise de décision des élèves se pose. Cependant, notre recherche n'a pas abordé une prise de décision énergétique dans différents contextes pour étayer cela.

■ **Nos résultats à la lumière de la littérature**

Nos élèves mobilisent bien des contenus scientifiques et techniques lors de leur prise de décision. Cependant, ce sont surtout les contenus techniques qui sont mobilisés au détriment des contenus scientifiques. Cela rejoint d'autres recherches mentionnant que les apprenants ont des difficultés à mobiliser des connaissances scientifiques, en particulier pertinentes, dans le cadre d'une QSS (Albe, 2008 ; Albe & Gombert, 2011 ; Grooms & al. 2014 ; Kolstø, 2006 ; Sadler, 2004 ; Sadler & Fowler, 2006 ; Sadler & Zeidler, 2005 ; Wu & Tsai, 2007). Cependant, certaines de ces recherches précisent que ce sont surtout les connaissances scientifiques « scolaires » qui sont en question (Kolstø, 2006 ; Lewis & Leach, 2006), d'autant plus que certains élèves ne les trouvent pas pertinentes pour les QSS (Lewis & Leach, 2006). D'autres recherches ont également démontré la capacité des élèves, du niveau correspondant au collège en France, à mobiliser globalement des connaissances techniques pertinentes et comparables à celles d'un expert, dans le cadre d'une séquence portant sur une question authentique (Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002). Il serait intéressant dans des recherches futures d'examiner la pertinence des contenus scientifiques mobilisés.

La majorité de nos élèves opte pour des modes de raisonnement combiné (Sc/T et sociétal) et davantage au post-test qu'au pré-test. On retrouve ici la capacité des élèves du secondaire à faire référence à la fois à des informations Sc (et T) et S lors de leurs prises de décision sur une QSS dégagée par d'autres chercheurs (Wu & Tsai, 2007 ; Yang & Anderson, 2003 ; Sadler & Zeidler, 2005 ; Simonneaux, 2003 ; Oliviera & al., 2012). Compte tenu des travaux qui révèlent la difficulté des élèves du lycée à mobiliser des arguments incluant des informations de types différents (Molinatti & al., 2010) ou l'influence du contexte sur la prise de décision des élèves du collège (Lewis & Leach, 2006), il serait nécessaire de poursuivre l'étude en proposant d'autres QSS.

Des recherches indiquent la capacité des élèves à mobiliser des points de vue relatifs à des aspects de la nature des sciences comme le caractère provisoire et l'aspect social des sciences dans le cadre d'une QSS relative à la question du réchauffement climatique (Sadler & al., 2004). À la différence de Yang et Anderson (2003), nos élèves n'évoquent jamais des positions « scientifiques théoriques » opposées, ni discutent de la validité des preuves et des explications

fournies par les groupes de scientifiques sur la question du réchauffement climatique, hormis quelques-uns qui abordent la question des émissions de gaz à effet de serre des systèmes de chauffage. Toutefois, nous ne leur avons pas demandé explicitement dans notre recherche de le faire dans la question 12, comme le font Yang et Anderson (2003) lors de leur entretien. Engager des lycéens dans l'étude de QSS ne mène donc pas nécessairement à ce que les élèves mobilisent des connaissances sur la nature des sciences en réponse à la question 12 du pré-test et du post-test.

Comme le suggère le modèle théorique de Wu et Tsai (2005), la capacité dégagée chez les élèves à modifier leurs choix, leurs modes de raisonnement, en particulier vers un mode de raisonnement combiné, et à intégrer plus d'informations à leurs réponses, notamment celles présentées à eux, nous conduit à émettre la conclusion provisoire suivante : certains de nos élèves de première S font appel au post-test, à des systèmes de RI plus réfléchis qui pourraient être associés à un raisonnement hypothétique.

Cependant, la capacité des élèves à faire ces opérations suite à une séquence d'enseignement d'une QSS de courte durée, nous interpelle et nous amène à supposer que nos élèves avaient peut-être déjà développé ces capacités du RI avant même la séquence et que la séquence d'enseignement les a incités à les mobiliser. La littérature (Zohar & Nemet, 2002) mentionne en effet que l'évolution du raisonnement est un processus très long notamment lorsqu'il s'agit d'améliorer la qualité du RI, à titre d'exemple, mobilisation de justification(s), de contre-argument(s) et de réfutation(s). La question se pose donc de prolonger l'étude en analysant non seulement les « modes » de raisonnement des élèves mais aussi la qualité de leur raisonnement et le contenu scientifique des arguments. La question se pose également d'examiner quelle est la place de la dimension affective et d'une approche intuitive dans la décision prise par les élèves. Des études indiquent en effet qu'ils peuvent avoir, face à une QSS, un RI rationalisé (non basé suivant les auteurs sur l'affectif et fondé par exemple sur les droits, les questions techniques, les effets secondaires, etc.) ou un RI émotif, qui est une combinaison, en reprenant les termes des auteurs de RI rationalisé et intuitif (fondé suivant les auteurs sur les sentiments et les réactions immédiates) (Sadler & Zeidler, 2005 ; Dawson & Venville, 2013) ou bien encore un raisonnement multidimensionnel (Rose & Barton, 2012).

Conclusion

Dans cette recherche, nous avons étudié les choix des élèves de première de la série scientifique, les arguments mobilisés, les domaines de référence évoqués et les modes de RI adoptés, lors de leurs prises de décision en classe sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le réchauffement climatique, en réponse à une question d'un questionnaire de recherche présenté avant et après une séquence d'enseignement sur une QSS. Les résultats indiquent que les choix effectués sont divers et que certains élèves ont la capacité à mobiliser à la fois des informations Scientifiques/Techniques et sociétales qui leur permettent de tenir compte de l'étendue de la question. Les élèves adoptent différents modes de RI, majoritairement combinés. De plus, les élèves sont capables de modifier à la fois leurs choix et leurs modes de RI dont certains reflètent des modèles mentaux complexes.

Amener les élèves à prendre position sur une QSS devrait les aider à saisir l'étendue de ces questions. Cela pourrait également mieux les outiller pour faire face à des choix sociétaux en relation avec les sciences et les techniques qui nécessitent à la fois des connaissances et compétences dans le domaine des sciences et hors ce domaine. Ces propositions résonnent avec certaines des visées du nouveau curriculum français relatives à la scolarité obligatoire qui intègre des domaines de formation multiples dans le cadre du socle commun de connaissances, de compétences et de culture (MEN, 2015). Citons à titre d'exemple, les domaines 3, la formation de la personne et du citoyen, et 4, les systèmes naturels et les systèmes techniques.

Cette recherche contribue à une meilleure compréhension des processus du RI des apprenants dans le cadre d'une QSS, pour résoudre des problèmes posés ayant des solutions multiples. La compréhension de ces processus pourrait éventuellement permettre aux éducateurs de mieux comprendre la façon dont des apprenants raisonnent face à des questions complexes et ouvertes, des processus de raisonnement qui ne se limitent pas uniquement aux QSS mais qui pourraient se manifester également lors de l'apprentissage de concepts, lois et principe scientifiques.

Cette recherche propose également un contexte qui offre aux élèves l'opportunité de se confronter à différents aspects relatifs à la nature des sciences, sans pour autant garantir que les élèves puissent se les approprier et les mobiliser. Cependant, il serait d'un grand intérêt de voir si cela se manifeste ailleurs, en particulier, dans les réponses fournies à la question 3 du questionnaire relative aux débats actuels sur le climat.

Bibliographie

ALBE Virginie (2008), « When Scientific Knowledge, Daily Life Experience, Epistemological and Social Considerations Intersect: Students' Argumentation in Group Discussions on a Socio-scientific Issue », *Research in Science Education*, vol.38, p.67-90.

ALBE Virginie et GOMBERT Marie-José (2011), « Intégration scolaire d'une controverse socioscientifique contemporaine : savoirs et pratiques d'élèves pour appréhender les savoirs et pratiques de scientifiques », *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, n°2, p.103-126.

ALBE Virginie et PEDRETTI Erminia (2013), « Introduction to the Special Issue on Courting Controversy: Socioscientific Issues and School Science and Technology/Introduction au numéro spécial sur rechercher la controverse: les questions socio-scientifiques dans les cours de sciences et de technologie à l'école », *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, vol.13, n°4, p.303-312.

COBB Paul, CONFREY Jere, DISESSA Andrea, LEHRER Richard et SCHAUBLE Leona (2003), « Design Experiments in Educational Research », *Educational Researcher*, vol.32, n°1, p.9-13.

DAWSON Vaille (2015), « Western Australian High School Students' Understandings about the Socioscientific Issue of Climate Change », *International Journal of Science Education*, vol.37, n°7, p.1024-1043.

DAWSON Vaille et VENNVILLE Grady (2013), « Introducing High School Biology Students to Argumentation About Socioscientific Issues », *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, vol.13, n°4, p.356-372.

DRIVER Rosalind, NEWTON Paul et OSBORNE Jonathan (2000), « Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms », *Science Education*, vol.84, n°3, p.287-312.

DUSCHL Richard (2008), « Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals », *Review of Research in Education*, vol.32, p.268-291.

DUSCHL Richard et OSBORNE Jonathan (2002), « Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education », *Studies in Science Education*, vol.38, n°1, p.39-72.

ERDURAN Sibel et JIMÉNEZ-ALEIXANDRE María-Pilar (2012), « Argumentation in Science Education Research: Perspectives from Europe », dans Doris Jorde et Justin Dillon (éds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*, Rotterdam/Boston/Taipei, Sense Publisher, p.253-290.

ERDURAN Sibel, OZDEM Yasemin et PARK Jee-Yuing (2015), « Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998-2014 », *International Journal of STEM Education*, vol.2, n°5, p.1-12.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) (2008), « Résumé à l'intention des décideurs », dans R.K. Pachauri et A. Reisinger (dir.), *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, p.1-23.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) (2013), « Résumé à l'intention des décideurs » dans T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung,

A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley, *Changements climatiques 2013 : les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Cambridge, Cambridge University Press, p.1-27.

GROOMS Jonathon, SAMPSON Victor et GOLDEN Barry (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*, vol.36, n°9, p.1412-1433.

GUBA Egon et LINCOLN Yvonna (1994), « Competing paradigms in qualitative research » dans N. Denzin et Y.S. Lincoln (dir.), *Handbook of qualitative research*, Thousand Oaks, Sage, p.105-117.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE María-Pilar et ERDURAN Sibel (2007), « Argumentation in Science Education: An Overview », dans S. Erduran et M.P. Jiménez-Aleixandre (éds.), *Argumentation in Science Education Perspectives from Classroom-Based Research*, Netherlands, Springer, p.3-27.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE María-Pilar et PEREIRO-MUÑOZ Cristina (2002), « Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management », *International Journal of Science Education*, vol.24, n°11, p.1171-1190.

JOHNSON Ralph et BLAIR Anthony (1991), « Contexts of informal reasoning: commentary », dans J.F. Voss, D.N. Perkins et J.W. Segal (éds.), *Informal reasoning and education*, Hillsdale, Erlbaum, p.131-150.

KOLSTØ Stein (2001), « Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues », *Science Education*, vol.85, n°3, p.291-310.

KOLSTØ Stein Dankert (2006), « Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk focused Socio-scientific Issue », *International Journal of Science Education*, vol.28, n°14, p.1689-1716.

KORTLAND Koos (1996), « An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue », *Science Education*, vol.80, n°6, p.673-689.

KUHN Thomas Samuel (1970), « The Structure of Scientific Revolutions », United States of America, International Encyclopedia of Unified Science, Second Edition, Enlarged, p.144-159.

LEWIS Jenny et LEACH John (2006), « Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge », *International Journal of Science Education*, vol.28, n°11, p.1267-1287.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (MEN) (2010a), *Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010*, Annexe du programme d'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de première de la série scientifique, En ligne <http://www.education.gouv.fr/>, consulté le 09/09/2017.

MEN (2010b), *Bulletin officiel spécial n°4 du 29 avril 2010*, Programme de sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde générale et technologique, En ligne <http://www.education.gouv.fr/>, consulté le 09/09/2017.

MEN (2010c), *Bulletin officiel spécial n°4 du 29 avril 2010*, Programme d'enseignement d'histoire-géographie en classe de seconde générale et technologique, En ligne <http://www.education.gouv.fr/>, consulté le 09/09/2017.

MEN (2015), *Bulletin officiel n°17 du 23 avril 2015*, Socle commun de connaissances, de compétences et de culture, En ligne <http://www.education.gouv.fr/>, consulté le 09/09/2017.

MOLINATTI Grégoire, Yves GIRAULT et Hammond CONSTANCE (2010), « High School Students Debate the Use of Embryonic Stem Cells: The influence of context on decision-making », *International Journal of Science Education*, vol.32, n°16, p.2235-2251.

NEWTON Paul, DRIVER Rosalind et OSBORNE Jonathan (1999), « The place of argumentation in the pedagogy of school science », *International Journal of Science Education*, vol.21, n°5, p. 553-576.

OLIVEIRA Alandeom, AKERSON Valarie et OLDFIELD Martha (2011), « Environmental Argumentation as Sociocultural Activity », *Journal of Research in Science Teaching*, vol.49, n°7, p. 869-897.

OSBORNE Jonathan, ERDURAN Sibel et SIMON Shirley (2004), « Enhancing the Quality of Argumentation in School Science », *Journal of Research in Science Teaching*, vol.41, n°10, p.994-1020.

PERKINS David, FARADY Michael et BUSHEY Barbara (1991), « Everyday reasoning and the roots of intelligence », dans James Voss, David Perkins et Judith Segal (éds.), *Informal reasoning and education*, p.83-105, Hillsdale, Erlbaum.

PUNTER Pilar, MONTSERRAT Ochando Pardo et JAVIER Garcia (2011), « Spanish Secondary School Students' Notions on the Causes and Consequences of Climate Change », *International Journal of Science Education*, vol.33, n°3, p. 447-464.

RACHED Elie (2015), *Argumentation socioscientifique : rôle des connaissances scientifiques et techniques ?*, Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Cachan (France).

RACHED Elie, HANNOUN Pascale, KATHER-SAOUMA Carla et ALBE Virginie (2012), «Argumenter et mobiliser des connaissances scientifiques, par des lycéens libanais dans le cadre de débats sur des controverses socioscientifiques : c'est possible ! », dans Patricia Schneeberger et Yann Lhoste (dir), *Actes du colloque des Septièmes journées scientifiques de l'ARDiST- Bordeaux*, 14-16 mars 2012, *Les cahiers d'Esquisse*, n°6, Tome 2, p. 123-134.

RUIZ-PRIMO Maria Araceli et FURTAK Erin Marie (2007), «Exploring Teachers' Informal Formative Assessment Practices and Students' Understanding in the Context of Scientific Inquiry», *Journal of Research in Science Teaching*, vol.44, n°1, p.57-84.

ROBERTS Douglas (2007), « Scientific Literacy / Science Literacy », dans Sandra Abell et Norman Lederman (dir.), *Handbook of Research on Science Education*, New York, Routledge, p.729-780.

ROSE Shari Levine et BARTON Angela Calabrese (2012), « Should Great Lakes City Build a New Power Plant? How Youth Navigate Socioscientific Issues », vol. 49, n° 5, p.541-567.

SADLER Troy (2011), « Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a means of achieving goals of Science Education », dans Troy Sadler (dir.), *Socio-scientific Issues in the Classroom Teaching, Learning and Research*, Netherlands, Springer, p.1-9.

SADLER Troy (2004), « Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research », *Journal of Research in Science Teaching*, vol.41, n°5, p.513-536.

SADLER Troy et FOWLER Samantha (2006), « A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation », *Science Education*, vol.90, n°6, p.986-1004.

SADLER Troy, CHAMBERS William et ZEIDLER Dana (2004), «Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue», *International Journal of Science Education*, vol.26, n°4, p. 387-409.

SADLER Troy et ZEIDLER Dana (2005), « The Significance of Content Knowledge for Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic Engineering Issues », *Science Education*, vol.89, n°1, p.71-93.

SHENTON Andrew (2004), « Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects », *Education for Information*, n°22, p.63-75.

SIMONNEAUX Jean et LEGARDEZ Alain (2010), « The Epistemological and Didactical Challenge Involved in Teaching Socially Acute Questions. The example of Globalization », *Journal of Social Science Education*, vol.9, n°4, p.24-35.

SIMONNEAUX Laurence (2003), « L'Argumentation dans les Débats en Classe sur une Technoscience Controversée », *ASTER*, n°37, p.189-214.

TOULMIN S. E. (2003), « The Uses of Argument Updated edition». New York: Cambridge University Press, updated Edition, 2003, p.87-131.

TWENEY Ryan (1991), «Informal reasoning in science». In James Voss, David Perkins & Judith Segal (Eds.), *Informal reasoning and education*, p.3-16, Hillsdale, Erlbaum.

VON AUFSCHNAITER Claudia, ERDURAN Sibel, OSBORNE Jonathan et SIMON Shirley (2008), « Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge », *Journal of Research in Science Teaching*, vol.45, n°1, p.101-131.

WU Ying-Tien et TSAI Chin-Chung (2007), « High School Students' Informal Reasoning on a Socio-scientific Issue: Qualitative and quantitative analyses », *International Journal of Science Education*, vol.29, n°9, p.1163-1187.

YANG Fang-Ying et ANDERSON Roger (2003), « Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use », *International Journal of Science Education*, vol.25, n°2, p.221-244.

ZEIDLER Dana, SADLER Troy, SIMMONS Michael et HOWES Elaine (2005), « Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education », *Science Education*, vol.89, n°3, p.357-77.

ZOHAR Anat et NEMET Flora (2002), « Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills through Dilemmas in Human Genetics », *Journal of Research in Science Teaching*, vol.39, n°1, p.35-62.

Annexe

Déroulement de la séquence

Tableau 6 - Descriptif de la séquence d'enseignement sur le choix d'un système de chauffage pour une habitation dans le cadre de débats sur le réchauffement climatique

Séances	Durée (mn)	Déroulement
1	45	Passation du questionnaire de recherche (pré-test)
2	55	Enseignement de connaissances scientifiques sur la météo, le climat, l'effet de serre, le rendement énergétique et la puissance.
3 et 4	40	Etude en équipes de 3 à 4 élèves de la position d'un groupe de scientifiques, parmi trois positions reflétant trois points de vue différents sur la question du (des) changement(s) climatique(s), et puis un exposé par équipe à l'ensemble de la classe. Les équipes d'élèves et les groupes à étudier ont été choisis par le chercheur et l'enseignante des sciences physiques de la classe. Les équipes sont composées suivant le niveau scolaire des élèves en sciences physiques (les notes scolaires). Les élèves ayant des notes élevées travaillent sur une position que les chercheurs estiment comme la plus difficile du point de vue des contenus scientifiques et techniques.
5, 6 et 7	55	Etude en équipes de 4 à 5 élèves (des équipes choisies par les chercheurs et l'enseignante de la classe et composées avec des élèves ayant des niveaux scolaires différents en sciences physiques et n'ayant pas de conflits personnels) du choix d'un système de chauffage parmi cinq proposés (ces systèmes de chauffages fonctionnent avec les sources énergétiques suivantes : électricité, bois, solaire, gaz et fioul). Des documents sont distribués aux élèves contenant les informations scientifiques, techniques et sociétales suivantes sur chaque système proposé : le fonctionnement technique, les sources énergétiques primaires, le coût du fonctionnement, le confort et efficacité énergétique et les impacts environnementaux. Une grille mentionnant des critères éventuels à tenir compte lors d'une prise de décision est également fournie aux élèves. Par la suite, les élèves font un exposé par groupe et des débats avec l'ensemble de la classe. Les élèves disposent pour cela d'un document écrit décrivant ces systèmes.
8	45	Passation du questionnaire de recherche (post-test)
9	10	Questionner les élèves oralement à propos de leur point de vue sur le déroulement et le contenu des séances.

Des exemples des questions utilisées dans le questionnaire de recherche

• Exemple 1

Questionnaire de recherche

Durée : 40mn
 Nom :
 Prénom :
 Date :
 Classe :

Nous garantissons l'anonymat de ce travail. Les résultats seront utilisés dans un but de recherche.
 Répondez à ces questions par écrit. Ne sautez pas de questions.

- 1.1. Qu'est-ce que le climat ?
- 1.2. Qu'est-ce que la météo ?

- 1.3. Y a-t-il une différence entre les deux (Oui ? Non ? Je ne sais pas) ? Si oui, quelle(s) différence(s) faites-vous ?
2. Quels sont selon vous les éléments intervenant dans le climat ? (Citez au moins 4 éléments).
- 3.1. Y a-t-il des débats actuels sur le climat ?
- 3.2. Si oui, quelles sont les idées débattues dont vous avez entendu parler ?
- 4.1. Qu'est-ce que l'effet de serre ?

- *Exemple 2*

7. Expliquez la production d'énergie électrique dans une centrale dont vous préciserez la source naturelle d'énergie.
- 8.1 Qu'est-ce que la combustion ?
- 8.2. Donnez un exemple et écrivez l'équation de la combustion complète du propane (C_3H_8).
- 9.1. Qu'est-ce qu'un transfert énergétique ? Donner un exemple.