



Éducation aux relations  
sciences et société





PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education) project

Le projet PARRISE est coordonné par le Freudenthal Institute, Utrecht University, The Netherlands; Marie-Christine Knippels & Frans van Dam.



Ce travail a reçu le soutien financier du 7ème programme cadre de l'Union Européenne pour le développement de la Recherche et de la Technologie, sous le n° d'agrément 612438.

[www.parrise.eu](http://www.parrise.eu)

---

**Enquêter sur les questions socioscientifiques:  
rapprocher l'éducation scientifique formelle et non  
formelle de ses enjeux de société**

*Décembre 2017*

**Auteurs**

Levinson, R., Knippels, M.C., van Dam, F., Kyza, E.,  
Christodoulou, A., Chang-Rundgren, S.N., Grace, M.,  
Yarden, A., Abril, A., Amos, R., Ariza, M.R., Bächtold, M.,  
van Baren-Nawrocka, J., Cohen, R., Dekker, S., Dias,  
C., Egyed, L., Fonseca, M., Georgiou, Y., Hadjichambis,  
A., van Harskamp, M., Hasslöf, H., Heidinger, C. Hervé,  
N., Karpati, A., Keedus, K., Kiraly, A., Lundström, M.,  
Molinatti, G., Nédélec, L., Ottander, C., Ottander,  
K., Quesada, A., Radits, F., Radmann, D., Rauch,  
F., Rundgren, C., Simonneaux, L., Simonneaux, J.,  
Sjöström, J., Verhoeff, R., Veugelers, W., Zafrani, E.

**Éditeurs**

Marie-Christine Knippels, Frans van Dam and Michiel  
van Harskamp

Traduit par Nicolas Hervé, Grégoire Molinatti, Olivier  
Morin, Lucas Nedelec, Jean Simonneaux & Laurence  
Simonneaux

**Designer**

Frank-Jan van Lunteren (DTP)  
Floris Roding (artwork)



## Partenaires du projet



Universiteit Utrecht

Utrecht University, Freudenthal  
Institute *(Project Coordinator)*  
The Netherlands



Institute of Education

University College London,  
Institute of Education  
England

UNIVERSITY OF  
Southampton

University of Southampton  
England



מכון ויצמן למדע  
WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Weizmann Institute of Science  
Israel



MALMÖ UNIVERSITY

Malmö University  
Sweden



UMEÅ  
UNIVERSITY

Umeå University  
Sweden

U. PORTO

University of Porto  
Portugal

Cyprus  
University of  
Technology

Cyprus University of Technology  
Cyprus



universität  
wien

University of Vienna  
Austria



École Nationale Supérieure de  
Formation de l'Enseignement Agricole  
France



University of Montpellier  
France



University for Humanistic Studies  
Utrecht  
The Netherlands

---

Radboud University



Radboud University  
The Netherlands



UNIVERSIDAD DE JAÉN

University of Jaén  
Spain



Energy Discovery Centre  
Estonia



Klagenfurt University  
Austria



Eötvös Loránd University  
Hungary



Stockholm University  
Sweden

---

---

# Table des matières

---

Préface	3
1 — Introduction	5
2 — Cadre pédagogique: Socio-Scientific Inquiry-Based Learning (SSIBL)	11
Étape 1: Soulever des questions authentiques ('Questionner')	
Étape 2: Énaction ('Découvrir')	
Étape 3: Action sur le monde ('Agir')	
3 — SSIBL au sein de la classe	29
Annexe 1 — Soulever des questions authentiques: 'Questionner'	43
Annexe 2 — Énaction: 'Découvrir'	55
Annexe 3 — Éducation à la citoyenneté (CE)	63

---

# Préface

---

Ce livret est destiné aux enseignants qui souhaitent enrichir leurs pratiques d'enseignement pour y inclure le traitement des questions socioscientifiques, ce qui participe à enrichir et donner du sens à l'enseignement des concepts scientifiques. Il s'agit de développer la curiosité des jeunes vis-à-vis des relations entre sciences et sociétés et de soulever des questions importantes qui affectent leur vie. Nous nommons cette approche *Socio-Scientific Inquiry-Based Learning* (Enquêter sur les questions socioscientifiques), résumée par l'acronyme 'SSIBL'. Les deux premiers chapitres présentent une introduction aux fondements théoriques de SSIBL. Dans le troisième chapitre, le cadre SSIBL est envisagé du point de vue de la classe en en proposant une version simplifiée et des exemples d'enseignement.

D'autres exemples et des supports pédagogiques à destination des enseignants et des formateurs d'enseignants peuvent être trouvés sur [www.parrise.eu](http://www.parrise.eu).

# 1— Introduction



---

La science a une influence sur de nombreux aspects de nos vies. Les sources d'énergie renouvelables, les médecines personnelles, les systèmes de communication peuvent potentiellement les améliorer. —

Mais il existe des incertitudes dans leur développement et leurs impacts comportent des risques sociaux. Ces questions sont également sous-tendues par des valeurs sociales, politiques, culturelles et des controverses.

Par exemple, les sources d'énergie renouvelables apparaissent comme de bonnes solutions pour remplacer les sources d'énergie fossiles. Cependant, leur introduction implique des coûts et des emplois, et la production d'équipements tels que les panneaux solaires comporte des risques environnementaux.

Bien que ces développements scientifiques et leurs impacts nous affectent tous, ils nous questionnent également à des niveaux personnels, sociaux et globaux. Envisager ces questions à travers une démarche d'enquête est central dans l'approche *Socio-Scientific Inquiry-Based Learning* (SSIBL). SSIBL tente de trouver des solutions à ces questions socioscientifiques qui nous déroutent, et qui, au sein du programme STEM, soulèvent des défis dont les jeunes gens peuvent se saisir.

De manière compréhensible, une partie des enseignants appréhende le fait que l'exploration de questions sociales et éthiques puisse être éloignée des connaissances et des raisonnements à acquérir pour pouvoir réussir les examens de sciences. C'est pourquoi les contenus scientifiques sont importants dans l'approche SSIBL. Mais nous soutenons que la prise en considération des aspects sociaux et personnels permet d'approfondir ces connaissances et aussi de les problématiser. Cela nous rend

plus critique, pragmatique et compréhensif. L'**encadré 1** présente un résumé des principales caractéristiques de SSIBL.

### SSIBL pour les enseignants

Est un outil pratique pour développer leurs pratiques d'enseignement;

Est construit sur des pratiques effectives et quotidiennes d'enseignants;

S'appuie sur une synthèse de connaissances en sciences de l'éducation;

Favorise des opportunités pour mettre en œuvre les attendus des programmes scolaires;

Concernent des développements scientifiques et technologiques réels;

Propose des possibilités de collaboration avec des organismes au delà des programmes scolaires;

Encourage les jeunes gens à agir sur le monde réel.

**Encadré 1** — Principales caractéristiques de SSIBL

Nous commençons par une démarche basée sur l'enquête. Enquêter signifie poser des questions et chercher à mieux comprendre les problèmes qui nous intriguent. Ces questions peuvent aussi bien être larges que très focalisées. Elles peuvent venir de notre étonnement face à des phénomènes naturels ou être orientées par des problématiques sociales. Comment les nuages disparaissent-ils? Qu'est ce qui fait que le sucre est doux? Comment pouvons nous manger de manière plus saine et pourquoi c'est important? Est-ce que les nouvelles technologies sont vraiment telles qu'elles se présentent? Est-ce que les cigarettes électroniques sont mauvaises pour la santé?

Ce livret vous propose des exemples, des conseils, des perspectives et des idées pour mettre en œuvre cette approche dans votre enseignement. Dans cette perspective, nous:

1. Présentons le cadre théorique SSIBL (chapitre 2);
2. Suggérons des activités à tester (chapitre 3);
3. Proposons plusieurs autres stratégies sur lesquelles vous pouvez vous appuyer et qui sont mises à votre disposition (annexes).

## UN COMMENTAIRE SUR L'INNOVATION ET LA RECHERCHE RESPONSABLE

La Recherche et l'Innovation Responsables (Responsible Research and Innovation, RRI) représente les principes importants pour un développement socialement désirable, éthiquement acceptable et soutenable, des

### RRI

Il s'agit d'une expression initialement utilisée dans les sciences et l'innovation. Le but de la RRI est de rendre compte de l'importance de la participation du public et d'autres acteurs, comme de leurs interactions – travailler avec et pour les citoyens – pour assurer un développement des sciences et des technologies. En d'autres termes, comment la science et l'industrie peuvent développer des savoirs et des technologies désirables socialement, éthiquement acceptable et durable? Par exemple: est-ce socialement souhaitable que les kits de test génétiques puissent être vendus via internet? Comment peut-on limiter l'exploitation des personnes pauvres dans l'industrie minière (qu'est ce qui est éthiquement acceptable)? Comment s'assure-t-on de la durabilité, sur le plan environnemental et politique/social, de nouveaux procédés ou de nouveaux produits? Le terme RRI a été inventé récemment. C'est un élément central des politiques scientifiques et technologiques contemporaines de l'Union Européenne. Le projet PARRISE a opérationnalisé ce concept dans une perspective éducative.

sciences et des technologies. Il s'agit du contexte dans lequel a été développé le cadre SSIBL, dont les principaux éléments sont explicités dans l'encadré 2.

La **Figure 1** illustre les liens entre les différentes composantes du cadre SSIBL. Les anneaux les plus externes (RRI et Citoyenneté Critique) représentent les principes généraux de justice sociale. Les anneaux internes (SSI et IBSE) opérationnalisent ces principes dans des contextes d'enseignement formels et informels.



**Figure 1** — Traduction en termes éducatifs de la RRI (mobilisation et responsabilisation des enseignants de sciences)

# 2— Cadre pédagogique

Socio-Scientific Inquiry-Based  
Learning (SSIBL)



---

L'approche SSIBL met en lien science et société au sein de la classe comme en contexte d'éducation non formel, en mobilisant une approche centrée sur l'enquête. —

Dans les sociétés modernes, des controverses émergent souvent entre recherche, développement scientifique et technologique d'une part et responsabilité publique d'autre part. Les processus de production – incluant des valeurs sociopolitiques, des considérations économiques et des défis technoscientifiques – sont complexes et incertains, et les demandes sociales évoluent en permanence. L'approche SSIBL aborde le problème des relations entre sciences et sociétés à travers la perspective sous-jacente de sciences pour et avec les citoyens. Mais en évoquant les gens et le public, nous devons reconnaître que ces catégories recouvrent une diversité d'acteurs et de perspectives.

Les Acteurs incluent tous les individus impactés par les sciences et les technologies – incluant les jeunes gens qui sont aujourd'hui scolarisés – et qui vont avoir aussi une influence importante sur leurs développements dans les années à venir. SSIBL est une approche dans laquelle les jeunes gens enquêtent en citoyens actifs sur des questions socioscientifiques qui les intéressent, en envisageant des actions si cela leur semble nécessaire.

SSIBL réunit trois approches pédagogiques différentes, communes en contexte scolaire mais souvent travaillées de manière indépendante: la démarche d'investigation scientifique, l'éducation aux questions socioscientifiques et l'Éducation à la Citoyenneté.

La démarche d'enseignement SSIBL propose trois étapes: questions authentiques, énonciation et action. L'enseignement commence avec un questionnement authentique autour de questions socioscientifiques, qui fait sens pour les élèves. Pour explorer ces questions une enquête scientifique et sociale est envisagée (énonciation). Finalement, les étudiants sont motivés pour agir: former leurs opinions et formuler des solutions (action).

### Objectifs

1. Aider les jeunes à agir en tant qu'agent sociaux informés à travers une enquête qui met l'accent sur une éducation à la citoyenneté critique.

---

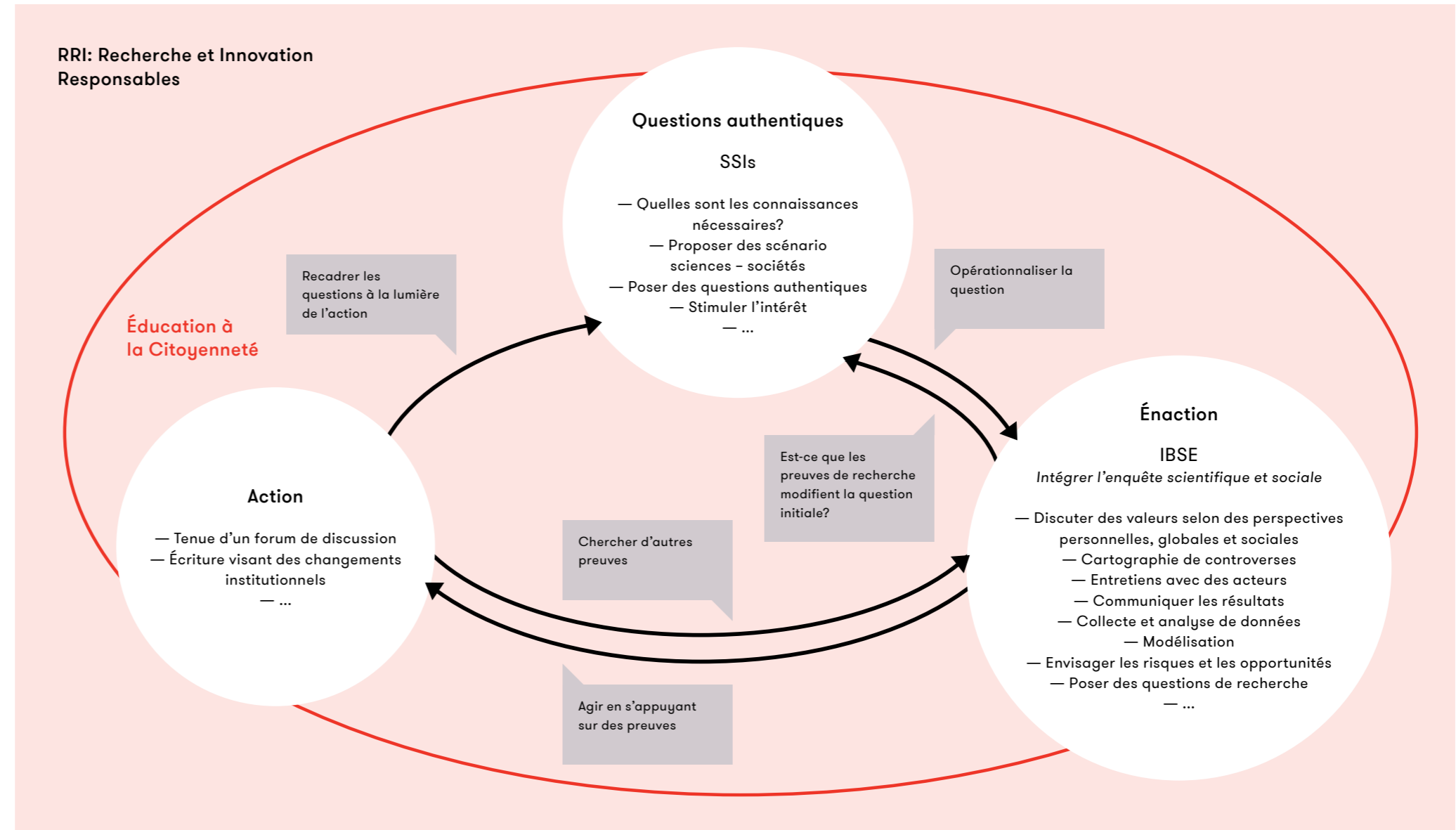
2. Encourager les jeunes à participer à des questions de recherche et d'innovation sous-tendues par la science et la technologie.

---

3. Développer l'intérêt des jeunes pour les sciences, les mathématiques et la technologie.

---

Ces trois principales étapes et les approches pédagogiques sous-jacentes sont représentées dans le modèle SSIBL (voir *Figure 2*). Dans la section suivante, ces étapes et ces approches sont discutées en détail.



**Figure 2** — Représentation de l'approche SSIBL (l'approche s'inscrit dans le contexte plus global de la RRI)

## Étape 1: Soulever des questions authentiques — [‘Questionner’]



Est-ce qu'aller à l'école à vélo est bon pour notre santé? Quels problèmes posent les nanotechnologies? Les composants de nos téléphones portables sont-ils produits de manière éthique? Comment pouvons-nous rendre notre école plus économe en énergie? Ce sont des exemples de questions authentiques.

Les questions authentiques présentent les caractéristiques suivantes, elles:

- Proviennent de questions qui intéressent et engagent les élèves (authenticité personnelle) et au sujet desquelles ils expriment leurs souhaits, leurs choix, pour trouver des réponses collectives (authenticité sociale);
- Impliquent un monde réel, complexe, des problèmes sérieux;
- Sont parfois d'emblée controversées quand il n'y a pas d'accord global sur les solutions ou sur les façons de cadrer la question;
- Sont inclusives et sensibles aux questions de genre;
- Sont des questions ou des problématiques qui émergent spontanément ou plus probablement, grâce à des supports proposés par les enseignants;
- Présupposent des changements sur le fait que des questions sont posées sur des sujets ou des problématiques qui peuvent être améliorés, par exemple rendus plus souhaitables sur le plan social et éthique.

Ces caractéristiques ont des implications. Pour les participants, un objectif partagé collectivement peut les conduire à aller au-delà

des murs de l'école, particulièrement lorsque la recherche de réponses à leurs questions peut les amener à travailler avec des chercheurs, avec des représentants politiques ou avec d'autres experts. SSIBL peut également impliquer des interactions dans les contextes d'éducation non formelle et / ou à travailler avec des organismes à l'extérieur de l'école.

La manière dont de telles questions sont soulevées est importante pour que la pédagogie SSIBL soit efficace. Il est important de noter à ce stade que toutes ces conditions qui favorisent l'émergence de questions authentiques sont peu probables à réunir. Cependant, il peut être enseigné aux élèves de faire émerger eux-mêmes des questions authentiques.

Dans l'annexe 1 *La machine à scénarios* est une façon pertinente d'aider les élèves à construire des questions authentiques.

## QUESTIONS SOCIOSCIENTIFIQUES

Les questions authentiques impliquent souvent des questions socioscientifiques (SSIs). Les SSIs mobilisent des connaissances scientifiques pour soulever des questions sociales. Par exemple, concernant les questions énergétiques, les élèves doivent comprendre les relations entre les carburants et l'énergie pour mesurer en quoi leur maintien présente un vrai coût économique et social. La compréhension biologique de l'importance de la diffusion de l'oxygène jusqu'aux cellules permet de comprendre les messages sur les effets néfastes du tabagisme,

à l'échelle personnelle et de la société; et ce qui peut être fait, comme exemplification des relations entre sciences et questions sociales. Concernant les habits qui respectent l'environnement, les propriétés chimiques et physiques particulières du dioxyde de titane (nano catalyseur) permettent d'appréhender les questions importantes de justice sociale dans leur production et leur distribution globale (voir le chapitre 3).

Parfois, les SSIs peuvent se présenter sous forme de dilemme ou de controverse mais ce n'est pas toujours le cas. Par exemple, tous les participants peuvent s'accorder sur le caractère non controversé d'une problématique et travailler ensemble pour trouver la meilleure façon de la résoudre. Cependant dans d'autres cas, il peut exister d'importantes différences entre les participants. On peut considérer qu'il y a controverse quand les différentes parties ont des arguments opposés mais soutenus par de bonnes raisons. Des personnes peuvent s'accorder sur le fait que le changement climatique est un problème urgent mais être en désaccord sur la meilleure façon de s'attaquer à ce problème.

### SSIs: types de controverses

Au sein des SSIs il existe différents types de controverses (1). Par exemple, tous les acteurs peuvent s'accorder sur les mesures à prendre pour assainir un cours d'eau local mais ne pas être d'accord sur les facteurs responsables de sa pollution parce que leur *mise en évidence* est complexe. Les acteurs peuvent aussi ne pas être

d'accord sur le fait d'agir en raison des coûts de traitement de l'eau qui pourraient avoir une influence sur la rémunération des personnes travaillant pour une industrie qui contribue à la pollution. Ces différences d'intérêts sont évidentes en ce qui concerne l'opposition entre les positions défendues par de nombreux éleveurs au sujet de la tuberculose du bétail au Royaume-Uni, et celles défendues par les environnementalistes. Par exemple, l'association nationale d'éleveurs du Royaume-Uni explique que des blaireaux sauvages sont porteurs de la tuberculose et la transmettent au bétail et donc que la population de blaireaux doit être régulée par abattage. De nombreux protecteurs de l'environnement argumentent que les agriculteurs devraient améliorer les conditions d'élevage et que les blaireaux constituent une composante essentielle de la nature et qu'ils doivent donc être protégés. Mais il y a aussi des *incertitudes* scientifiques. Certains scientifiques considèrent que l'abattage des blaireaux permet de contrôler efficacement la tuberculose du bétail, alors que d'autres pensent que non seulement l'abattage est inefficace mais que dans certains cas cela accélère la propagation. Il n'y a pas de solution simple au problème. *Les valeurs fondamentales et les priorités* jouent également un rôle dans la prise de décision.

Ainsi, les questions socioscientifiques conduisent à la construction de scénarios, qui constituent un fondement pour soulever des questions de recherche.

En termes de questions socioscientifiques, les exemples présentés dans le chapitre 3 incluent:

- *Des désaccords ou des controverses* (étant donné qu'il y a différentes possibilités pour réduire la déperdition énergétique de l'établissement scolaire, quelle est la meilleure? Est-ce que de nouveaux moyens de réduction de la pollution doivent être mis en œuvre quand leurs coûts sociaux sont très élevés?).

- *Un raisonnement.* Classiquement, les discussions autour des SSI sont susceptibles de mobiliser à la fois des raisonnements formels et informels. Quand les élèves discutent de leurs points de vue sur une question à partir de leurs expériences quotidiennes, ils mobilisent souvent des *raisonnements informels*. La justification d'une opinion reposant sur la mobilisation logique de savoirs scientifiques est un exemple de *raisonnement formel*. Selon le contexte, les deux types de raisonnements sont pertinents

---

### 1

Levinson, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

### 2

Sadler, T.D., Klosterman, M.L., & Topcu, M.S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. In Sadler, T. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom*. Dordrecht: Springer, 45-78.

### 3

Levinson, R. (2011). How Science Works: teaching controversial issues. In R. Toplis (ed.) *How Science Works*, London: Routledge, 56-70.

et les élèves devraient être encouragés à les distinguer. Sadler et al. (2011) **(2)** montrent qu'il existe des éléments prouvant que s'engager dans des SSI peut permettre aux élèves d'apprendre des savoirs scientifiques, de plus l'apprentissage est meilleur si les élèves sont intéressés par la question, et donc si elle leur semble authentique.

- *Des incertitudes et des risques.* Plusieurs SSI impliquent d'évaluer des incertitudes et des risques. Les élèves devraient être encouragés à distinguer différentes formes d'incertitudes. Effectuer des mesures avec un thermomètre, par exemple pour évaluer la température dans différentes zones de l'établissement (chapitre 3), implique un degré d'incertitude lié à la précision de l'instrument de mesure. Prédire les impacts sociaux, tels que savoir si les jeunes gens vont continuer de fumer tout en connaissant les risques biologiques, ou si les individus seraient prêts à porter des vêtements qui purifient l'air, sont des exemples d'*incertitudes sociales*. Le risque correspond à la probabilité d'occurrence d'un danger. Les élèves les plus âgés devraient être capables de faire la distinction entre risque relatif et absolu mais aussi de comprendre que l'estimation d'un risque peut être faite avec d'autres facteurs que les probabilités **(3)**.

Parfois, les élèves arrivent avec des questions qu'ils souhaitent traiter. Mais le plus souvent l'enseignant va les aider pour stimuler leur intérêt sur un thème particulier en utilisant des images, des clips vidéos, des extraits d'articles de journaux, des médias sociaux, en connexion avec la vie et les préoccupations des élèves.

## Étape 2: Énaction — (‘Découvrir’)



Pour passer d'une question à des solutions et à des actions, la recherche et le développement pour et avec les individus doit être participative et inclusive, impliquant un apprentissage basé sur l'enquête et une compréhension des liens entre science et société.

Cela sous-entend trois perspectives différentes:

1. Personnelle (Quel sens cela a pour moi?);
2. Sociale (Quel sens cela a pour ma famille, mes amis, ma communauté?);
3. Globale (Qu'est-ce que cela signifie plus largement?).

Les énoncés construits à travers le cadre pédagogique SSIBL vont être explicités ci-après en utilisant l'approche pédagogique de la démarche d'investigation en éducation scientifique.

### DÉMARCHE D'INVESTIGATION EN ÉDUCATION SCIENTIFIQUE (IBSE)

Dans l'enseignement scientifique, la démarche d'investigation se situe à l'étape de l'« énoncé ». Les élèves ont besoin de compétences et de savoirs pour mobiliser les éléments nécessaires à la recherche de solutions à une question authentique? Ces compétences sont multiples parce qu'elles impliquent une collaboration avec les autres, une prise en compte des points de vue de différents acteurs, comme la réalisation d'expériences.

Réaliser des expériences doit supposer d'avoir des idées et de les tester, de réunir et d'évaluer des données, avec une attention aux incertitudes dans la collecte et l'interprétation des données, et possiblement de poser de nouvelles questions comme le résultat d'une réflexion sur les données. Après avoir réuni des preuves, les élèves doivent expliquer en quoi ces preuves les aident à répondre à leurs questions.

Les enseignants peuvent souhaiter programmer l'apprentissage des élèves, particulièrement quand ils découvrent l'apprentissage par l'enquête. Au départ, les enseignants peuvent poser une question que les élèves vont devoir explorer. Par exemple, en se référant au cas des pertes énergétiques dans les écoles au chapitre 3, les enseignants peuvent demander aux élèves d'identifier quels sont les sites de l'établissement où les pertes énergétiques sont les plus importantes en hiver, afin de proposer des actions pour améliorer l'isolation. Plusieurs approches possibles sont présentées dans le *Tableau 1* où l'enseignant pourra disposer d'un ensemble d'instructions à destination des étudiants.

L'une des caractéristiques de l'IBSE au sein de la démarche SSIBL correspond au fait que les enquêtes y sont ouvertes et non prédéterminées, et qu'elles peuvent impliquer une palette large d'approches allant des expériences, aux sondages et aux débats.

Question	Comment pouvons-nous diminuer les pertes d'énergie de l'établissement en hiver?
Comment s'organiser	<p>Comment nous assurons nous que chacun participe?</p> <p>Qu'est-ce que mes amis pensent que nous devrions faire?</p> <p>Comment trouver la meilleure façon d'agir sur ce point?</p>
Choses à penser	<p>Quels sont les meilleurs endroits de l'établissement sur lesquels enquêter?</p> <p>Quand devrions-nous faire des mesures?</p> <p>Quel matériel devrions-nous utiliser?</p> <p>Devrions-nous faire des mesures à différents moments de la journée?</p>
Recueillir des données	<p>Comment allons-nous enregistrer les données?</p> <p>Comment pouvons-nous être sûrs que nos données sont précises?</p>
Interprétation	<p>Que nous disent les données?</p> <p>Où ont lieu les principales pertes énergétiques?</p> <p>Comment pouvons-nous y remédier?</p>

**Tableau 1** — Exemple d'enquête structurée

## APPROCHER SSIBL À TRAVERS IBSE

Une fois que les élèves ont exploré un scénario pour une thématique, ils ont besoin d'une bonne question de *recherche* pour orienter leur enquête. Trouver une bonne question de recherche n'est pas une tâche facile et cela pourra nécessiter l'aide du professeur. Premièrement la question doit permettre la *recherche* et elle a les caractéristiques suivantes:

- La question est adaptée au thème ou au scénario;
- La question est ouverte et la réponse n'est pas connue;
- Il n'y a qu'une seule question (par exemple quelles sont les principales raisons pour lesquelles des élèves de notre école se mettent à fumer dès le collège ?) (Il est à noter que des groupes d'élèves travaillant sur la même enquête peuvent s'intéresser à différentes questions de recherche, tant que chaque groupe s'intéresse à une seule question);
- La question est claire et précise;
- La question peut être traitée: on peut y répondre et elle peut être résolue dans un temps donné;
- Des données peuvent être réunies pour répondre à la question.

## Étape 3: Action — ('Agir')



Les solutions à des questions authentiques doivent impliquer une forme d'action. Par action, nous entendons des conclusions qui concernent la question initiale et qui se traduisent par des changements, ou par l'acquisition de savoirs pertinents, ou par la compréhension des raisons qui feraient que des changements ne seraient pas souhaitables.

L'action recouvre différentes choses comme:

- Réaliser un artefact;
- Exercer une pression sur des institutions ayant du pouvoir;
- Produire des supports didactiques;
- Promouvoir des changements institutionnels, par exemple dans les politiques éducatives;
- Tenir un forum de discussion;
- Monter une pièce de théâtre pour illustrer un dilemme devant un public;
- Écrire pour convaincre;
- Présenter les résultats sur une affiche pour inviter à d'autres discussions.

Proposer une solution peut amener à se poser de nouvelles questions, ainsi le processus est plus circulaire que linéaire (voir les **Figures 2 et 3**). Les actions peuvent à leur tour soulever de nouvelles questions, ainsi le processus pourrait être considéré comme étant en spirale et réflexif plutôt que linéaire.

## ÉDUCATION À LA CITOYENNETÉ

À travers l'éducation à la citoyenneté (CE), SSIBL aide les jeunes gens à se comporter comme des acteurs sociaux informés. SSIBL encourage les jeunes gens à prendre ensemble des décisions reposant sur des valeurs, décisions qu'ils peuvent mettre en œuvre. Dans une société démocratique, tous les acteurs devraient pouvoir contribuer et dans ce sens, les activités SSIBL devraient encourager la participation et le dialogue à travers le processus allant de l'émergence de questions à la proposition de solutions et à la mise en action via la réalisation d'une enquête.

### Caractéristiques de la CE au sein de SSIBL

L'idée centrale de la CE au sein de SSIBL est la participation sociale critique à travers l'action. Participer de manière critique et avec un dialogue constructif suppose:

- D'argumenter sur un sujet avec un investissement personnel, en mobilisant des preuves et de la rationalité;
- D'écouter attentivement et avec considération ce que les autres ont à dire;
- D'être ouvert pour changer ses points de vue. Si un autre participant propose un meilleur argument, il faut le juger sur ses mérites;
- De respecter les points de vue des autres. Chaque participant a le droit d'exposer ses points de vue et d'être écouté. Les déclarations racistes, sexistes, homophobes, ainsi que toutes les déclarations rabaissant

l'identité et le caractère d'un participant, ne sont ni respectueuses ni inclusives et n'ont pas leur place dans un dialogue constructif;

- D'être critique vis-à-vis des arguments pour lesquels on a des points de désaccord, s'ils sont basés sur des preuves insuffisantes ou sur des prémisses fragiles;
- D'encourager l'enthousiasme et l'engagement. Les participants très enthousiastes et profondément engagés sur un point de vue particulier peuvent parfois gêner le dialogue. Cependant, avec une posture d'ouverture et de transparence, cela peut être transformé de manière positive parce que cela aide les autres participants à réfléchir d'avantage à leurs propres points de vue.

Vous trouverez en annexe 3 plus d'informations concernant l'éducation à la citoyenneté.

### Résumé

L'apprentissage basé sur l'enquête sur les questions socioscientifiques (SSIBL) opérationnalise l'approche RRI en contexte éducatif. Cet apprentissage passe par des questionnements authentiques concernant des controverses posées par les impacts des sciences et des technologies sur la société. Ces questions sont ouvertes, elles impliquent la participation de l'ensemble des acteurs concernés et appellent à trouver des solutions pour agir.

SSIBL présente trois étapes principales:

- 1.** Poser des questions authentiques à propos de controverses (SSIs) soulevées par les impacts des sciences et des technologies sur la société. ('Questionner')
- 2.** *Énaction:* associer enquête sociale et scientifique (IBSE) pour explorer ces questions ouvertes. ('Découvrir')
- 3.** *Action:* Formuler des solutions pour aider au changement. ('Agir')



# 3— SSIBL au sein de la classe



Lorsqu'on choisit SSIBL comme stratégie pédagogique, une version simplifiée du modèle peut être utilisée (Figure 3). Ce modèle remobilise les trois étapes éducatives: Questionner, Découvrir and Agir.

Au cours de ces trois étapes, on retrouve les principaux objectifs de la RRI: désirabilité sociale, acceptabilité éthique et durabilité.

Par la suite, nous décrivons des activités pour des élèves d'âges différents. Le *Tableau 2* page 39 résume les principes de SSIBL retenus dans ces activités.

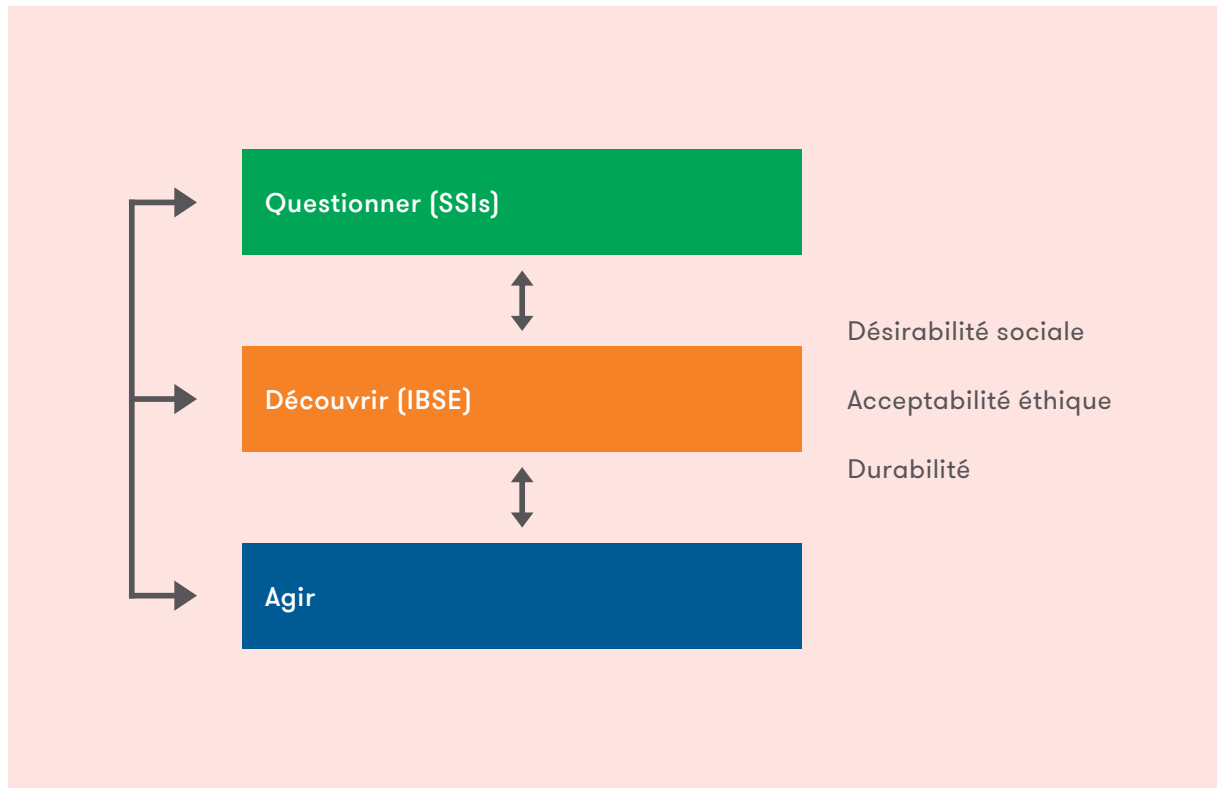


Figure 3 — Modèle simplifié de SSIBL



## 1. RÉDUIRE LES DÉPERDITIONS ÉNERGÉTIQUES DE L'ÉTABLISSEMENT

Une classe d'élève du primaire travaille sur l'énergie. Ils ont compris que l'énergie est une capacité à réaliser un travail et à permettre des changements. Ils ont appris que l'énergie est impliquée dans des phénomènes tels que la lumière, le mouvement, la chaleur, l'électricité, le son. Ils savent également que leur corps utilise de l'énergie pour permettre par exemple de soulever une charge, de venir à pied à l'école, de rester chaud quand il fait froid. Intuitivement, ils comprennent l'idée qu'ils ont besoin de nourriture pour réaliser ces choses là, mais ils ne connaissent pas bien le rôle que joue la nourriture. Alors, on leur apprend que la nourriture peut être considérée comme un carburant, au même titre que l'essence, le charbon ou le gaz qui permettent aux véhicules d'avancer ou de chauffer nos appartements. À travers les observations et les expérimentations, ils découvrent que l'utilisation d'un carburant nécessite des conditions particulières: la présence d'air et d'une source de chaleur.

À travers des discussions concernant leurs expérimentations et les relations entre l'utilisation de l'énergie dans leurs propres vies et plus généralement à l'échelle mondiale, les élèves en viennent à comprendre qu'il est nécessaire de faire des économies de combustibles. Ils décident ainsi d'enquêter sur la gestion énergétique de leur établissement pour qu'il soit maintenu chaud en hiver et frais en été. Leur enquête se déroule en quatre étapes:

1. Définir une stratégie pour résoudre la question des économies d'énergie au sein de leur établissement. Leur questionnement principal devient: comment pouvons-nous éviter les pertes énergétiques dans notre établissement? (**'Questionner'**)
2. Ils réalisent des mesures pour identifier quels sont les endroits qui sont froids et venteux en hiver ou chauds et inconfortables en été. (**'Découvrir'**)
3. Ils recherchent des informations et réalisent de petites expérimentations (par exemple comment les pertes thermiques d'une tasse d'eau chaude peuvent être diminuées en utilisant différents types de matériaux pour l'isoler) pour réduire les transferts énergétiques en hiver et les augmenter en été. (**'Découvrir'**)
4. Ils rédigent une brochure pour suggérer des pistes afin de rendre l'établissement plus efficace sur le plan énergétique, basées sur leurs

expériences, incluant également des mesures de réduction des éclairages et d'utilisation des équipements informatiques, et discutent de ces propositions avec l'équipe qui dirige l'établissement. ('Agir')

Cela implique des apprentissages relatifs aux combustibles et aux transferts énergétiques, par exemple:

- Exemples de transferts énergétiques;
- Les combustibles sont nécessaires pour initier un système de transfert d'énergie;
- Les combustibles fossiles nécessitent de l'air et une source de chaleur;
- Les flux de chaleur sont orientés des zones de haute température vers les zones de basse température;
- Les transferts énergétiques peuvent être optimisés pour faire des économies d'énergie et réduire ainsi les coûts.

### *Adaptations pour le cadre SSIBL*

Où ont lieu les pertes de chaleur à la maison / dans l'établissement scolaire? Comment peut-on évaluer ces pertes de chaleur? Est-ce que ces pertes varient selon l'heure de la journée? Quelles sont les données que nous avons besoin de réunir? Comment représenter et interpréter au mieux nos données (c'est à dire en utilisant des connaissances et des compétences mathématiques)? Quel est le matériel que nous allons utiliser (par exemple des caméras thermiques si c'est possible)? Comment allons-nous présenter nos données?

Comment saurons-nous si nos données sont fiables et précises? Comment pouvons-nous interpréter nos données en termes d'économie d'énergie tout en améliorant l'environnement d'apprentissage des élèves? Les élèves peuvent chercher comment sont isolés les bâtiments similaires à leur établissement. Comment prioriser les façons de diminuer les pertes énergétiques? De quelles ressources aurons-nous besoin? De quelles ressources avons-nous besoin? Comment persuader les administrateurs et les dirigeants de nous fournir ces ressources? (voir également le *Tableau 2*).



## 2. POURQUOI LES JEUNES GENS FUMENT-ILS?

Le tabagisme chez les adolescents est un problème de santé publique, au Royaume Unis par exemple, particulièrement parmi les jeunes femmes. Les élèves pourraient apprendre:

- Le rôle des bronches et des poumons et l'adaptation de leur structure à leur fonction;
- La biomécanique de la respiration (les mouvements de la cage thoracique et le rôle des muscles intercostaux);
- L'importance du dioxygène dans le métabolisme cellulaire et la nécessité de rejeter le dioxyde de carbone;
- La diffusion du dioxygène et du dioxyde de carbone à travers la membrane pulmonaire dans le sens des gradients descendants;
- Comment le sang transporte jusqu'aux (et depuis les) cellules.

Au cours de la leçon sur le passage de l'  $O_2/CO_2$ , les étudiants travaillent sur un modèle

de fumeur qui met en évidence les effets du tabagisme (Figure 4). Ils peuvent par exemple discuter dans quelle mesure ce modèle rend compte de ce qui se passe à la surface des poumons, les similarités et différences entre le modèle de poumon coton-laine et de réels poumons, de la surface pulmonaire, de sa nature spongieuse, comment les goudrons tâchent la surface des poumons, le rôle des bronches durant l'expiration et l'inspiration.

### *Adaptations pour le cadre SSIBL*

Les élèves peuvent chercher les impacts du tabagisme sur les jeunes, les facteurs de risques (possibilité de contracter une maladie pulmonaire grave combinée à la gravité des conséquences) et dans quelle mesure les cigarettes électroniques constituent une bonne alternative pour les jeunes gens dépendants. A la lumière de cette réflexion, les élèves peuvent discuter dans quelle mesure une meilleure connaissance pourrait modifier les comportements de leurs camarades fumeurs.

Les étudiants pourraient concevoir une enquête anonyme pour connaître la proportion de leurs camarades qui fument, pourquoi ceux qui fument le font et leur perception du tabagisme passif. Ils pourraient travailler en groupes pour concevoir et tester des questionnaires qu'ils pourraient soumettre à leurs camarades, par exemple via une enquête en ligne. Ils pourraient aussi rassembler des données pour explorer les liens entre tabagisme et pathologies survenant à plus long terme comme les emphysemes ou les cancers du poumon.

Sur la base de leurs recherches, les élèves conçoivent un poster qui pourrait être installé à un endroit visible de l'établissement. Les informations qu'ils rassemblent pourraient aussi modifier la façon de parler des risques liés au tabagisme. Voir aussi le *Tableau 2*.

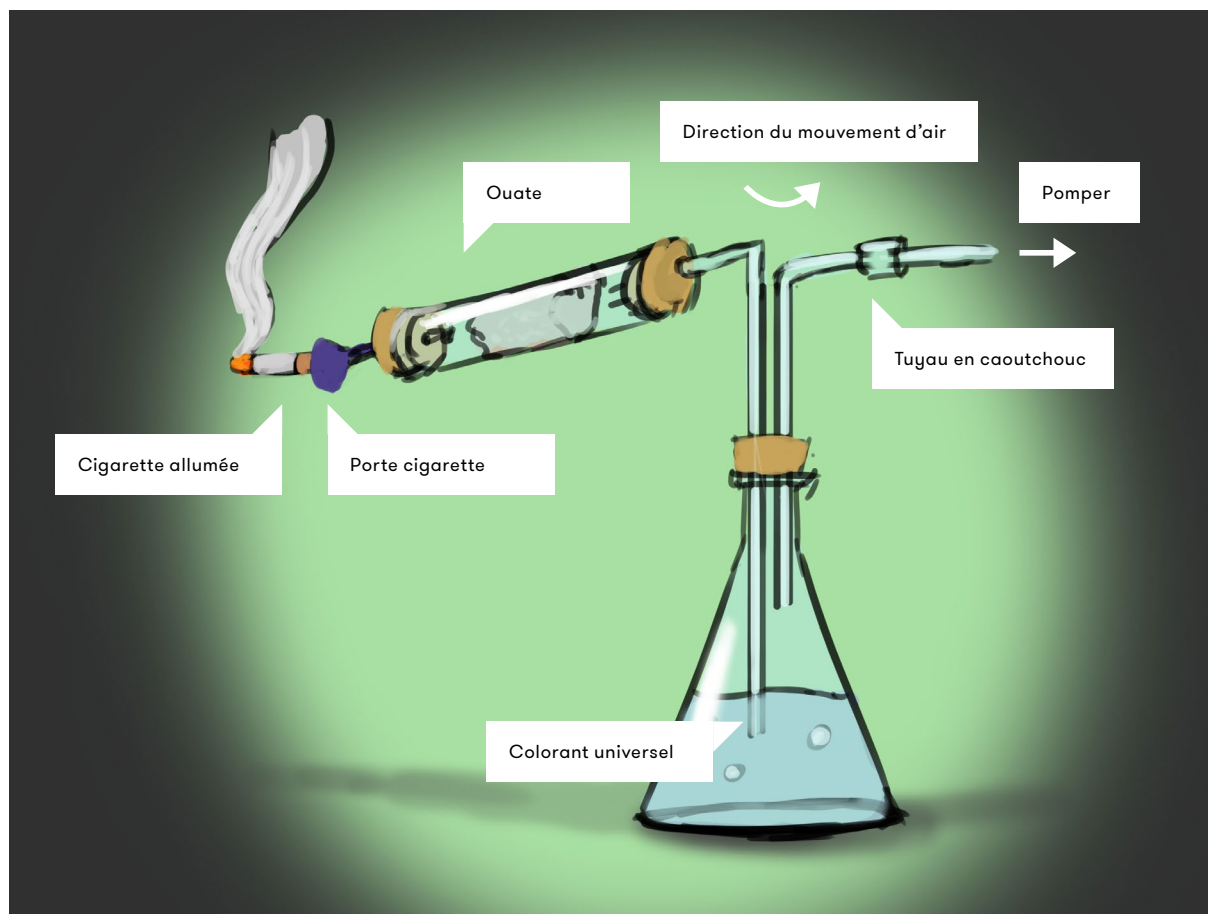


Figure 4 — Modèle de fumeur



### 3. LES HABITS ÉCOLOGIQUES

Cet exemple est basé sur un projet mené avec des élèves de 17 ans dans un cours de chimie. Cette activité a été initiée par un article de journal amené par un étudiant durant un cours de formation d'enseignant à l'University College de Londres <sup>(4)</sup>. L'article explique en quoi la pollution de l'air peut être réduite en portant des vêtements capables de purifier l'air.

La technologie des vêtements catalytiques fait référence à différents domaines de la chimie. Les jeans sont lavés à l'aide d'une poudre contenant

des nanoparticules d'oxyde de titane,  $TiO_2$ , qui ont des propriétés *photo-catalytiques*. Ces particules d'oxyde de titane agissent sur l'eau liquide et sur la vapeur d'eau de l'atmosphère en présence de lumière (d'où le terme de *photo-catalyse*), en produisant des radicaux libres qui sont très réactifs (les radicaux libres ont été évoqués en cours de chimie quand les étudiants ont étudié la dégradation des molécules organiques) et peuvent réagir avec les oxydes d'azote ( $NO_x$ ) toxiques présents dans l'air en les transformant en composés relativement inoffensifs. C'est particulièrement intéressant car les nanoparticules ont la propriété de rester fixées aux jeans, et, du fait de leur petite taille représentent une très grande surface de contact, ce qui permet d'accélérer la dégradation chimique des polluants  $NO_x$ . De plus, l'oxyde de titane a de nombreuses autres propriétés physiques et chimiques qui peuvent jouer un rôle dans la vie quotidienne (par exemple dans les dentifrices, les confiseries, les crèmes solaires, les cosmétiques, les pâtisseries).

Ainsi, le dioxyde de titane et son rôle de catalyseur dans les vêtements permettent non seulement la photo-catalyse, des réactions avec des radicaux libres et la nanochimie mais aussi des recherches sur l'efficacité des vêtements catalytiques dans la purification de l'air, et du rapport coût-efficacité. Par exemple combien de personnes devraient porter des vêtements catalytiques pour diminuer de manière significative les taux de  $NO_x$ ? Cette question pourrait être travaillée à partir de données secondaires. Quels pourraient être des effets secondaires?

#### 4

L'article de presse peut être consultés à l'adresse suivante: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-fashion-blog/clothes-tackle-city-pollution-laundry-additive>. Pour d'autres informations utiles sur les vêtements catalytiques, voir: <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/catalytic-clothing-purifying-air-goes-trendy/>

L'enquête peut prendre une autre orientation quand un étudiant faisant une recherche sur la production du Titane se rend compte qu'il est extrait des mines au Sierra Leone sous forme de rutile. En surfant sur des sites d'information, il découvre une dimension controversée qui n'était pas mentionnée dans la littérature principale: l'extraction du rutile a entraîné le déplacement d'une population importante et dégrade l'environnement local des personnes qui vivent au Sierra Leone, sans qu'ils en tirent d'importants bénéfices (5). Par ailleurs, si l'environnement local doit être protégé, voir amélioré grâce à l'activité minière, alors les coûts du rutile vont augmenter de manière considérable. Ce complément d'information conduit les élèves à soulever une nouvelle question: est ce que les bénéfices attendus du dioxyde de titane sont supérieurs aux préjudices? Si ce n'est pas le cas, comment la technologie des vêtements catalytiques peut-elle être justifiée? Les élèves travaillent sur une carte de controverse (annexe 2) pour identifier les relations entre différents acteurs: les entreprises minières, les mineurs, le gouvernement de Sierra Leone, les agriculteurs déplacés par les activités minières, les chercheurs chimistes, les designer de vêtements, les usines fabricant les poudres de lavage, les militants écologistes, le minéral rutile, les vêtements.

Cette question a alors été débattue au sein de l'ensemble du groupe. Les élèves ont considéré les bénéfices des utilisations du dioxyde de titane trop importants pour l'abandonner mais ont décidé d'alerter les groupes écologistes locaux sur les conditions de production.

Le **Tableau 2** sur la page suivante résume ces activités SSIBL.

---

5

<https://www.christianaid.org.uk/resources/about-us/sierra-leone-crossroads-seizing-chance-benefit-mining>



Contenus scientifiques	Questionner	Découvrir	Agir	Désirabilité sociale	Acceptabilité éthique	Durabilité
Diminuer les pertes énergétiques de l'établissement scolaire						
Transfert d'énergie, combustibles, économies de combustibles, isolation, imagerie thermique, échantillonnage, récolte de données.	Où se situent les principales pertes de chaleur dans l'établissement? Que peut-on y faire?	Meilleurs moyens de mesurer les pertes de chaleur; récolte de données précises; interprétation des données; efficacité des isolants; recherche sur l'isolation des bâtiments.	Présentation aux autorités de l'établissement scolaire et au conseil d'école des informations concernant les pertes de chaleur et les possibilités d'amélioration du problème. Reformulation du message pour convaincre les décideurs.	Identification des moyens d'améliorer le confort et le bien-être des élèves de l'école en limitant les coûts.	Les conséquences des actions doivent permettre d'améliorer les conditions de travail et de maximiser les bénéfices de tous les acteurs.	Economie de combustibles.
Pourquoi les jeunes gens fument-ils?						
Organisation et adaptation du poumon, biomécanique de la respiration, diffusion des gaz respiratoires, rôle du sang dans le transport de l'oxygène et du dioxyde de carbone, métabolisme cellulaire, modélisation des effets du tabagisme.	Est-ce que nos camarades connaissent les conséquences du tabagisme sur la santé? Que pensent-ils du tabagisme passif? Quels sont les meilleurs messages à transmettre sur le tabagisme aux jeunes en cours de biologie?	Réaliser un questionnaire valide; interpréter les résultats, explorer les relations entre connaissances sur les effets du tabagisme et le comportement, alternatives au tabagisme.	Réaliser un poster sur le tabagisme pour informer les camarades; négocier un endroit où mettre le poster dans l'établissement; sensibiliser les enseignants et les élèves à discuter des effets du tabagisme.	Tester des moyens pertinents pour sensibiliser aux effets du tabagisme sur la santé.	Ouvrir des discussions sur des questions de santé sans révéler des informations confidentielles sensibles.	Promotion de la santé.

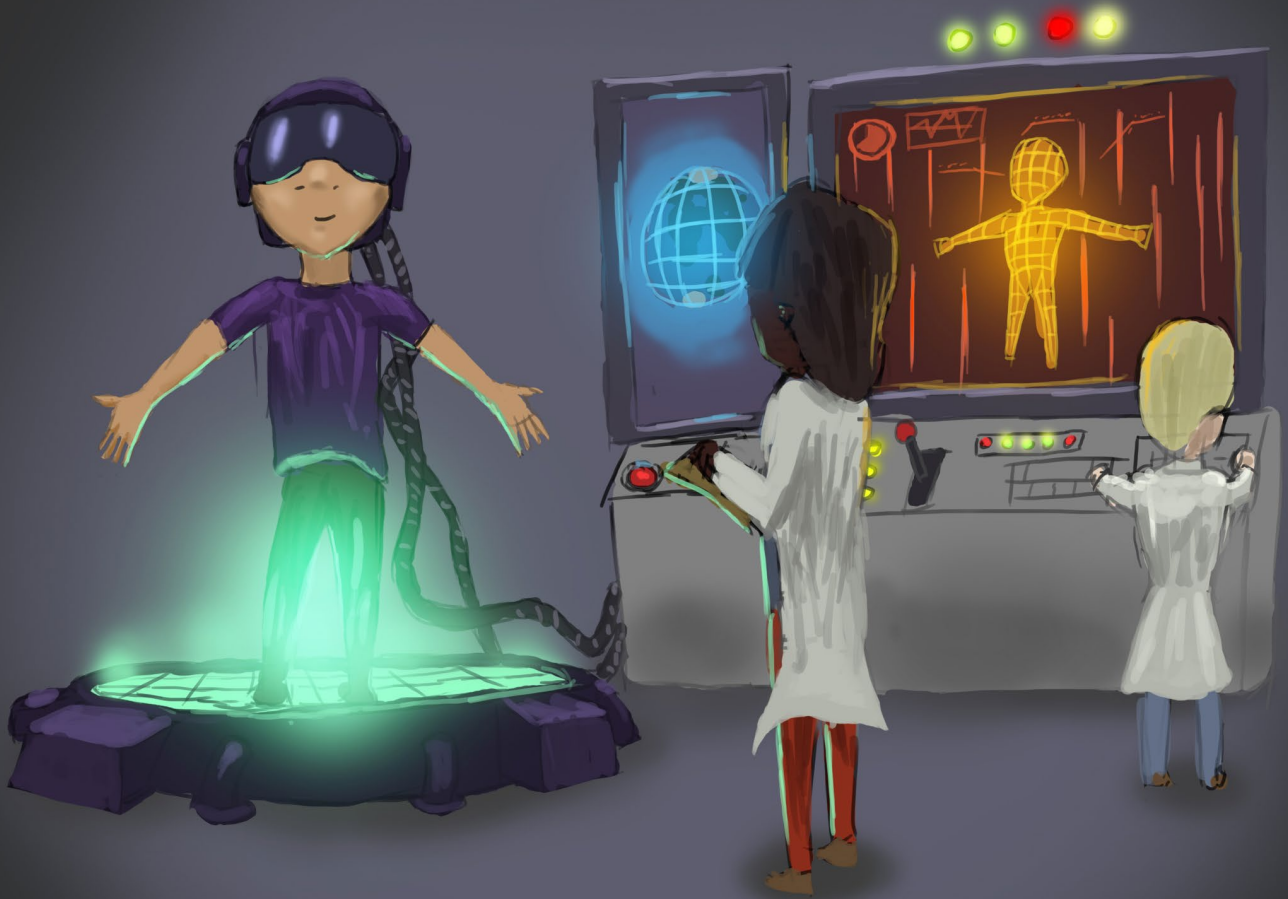
Tableau 2 — Résumé des activités SSIBL

Contenus scientifiques	Questionner	Découvrir	Agir	Désirabilité sociale	Acceptabilité éthique	Durabilité
Vêtements écologiques						
Propriétés des radicaux libres, photocatalyse, nano-chimie, NO <sub>x</sub> polluants.	Comment sensibiliser aux vêtements écologiques? Quelles sont les conditions pour que les vêtements écologiques aient un impact sur l'environnement? Quelles populations sont impactées par l'exploitation minière du dioxyde de titane? Quelles sont les meilleures façons de traiter les problèmes éthiques?	Utilisation de données secondaires pour évaluer les effets du port de vêtements catalytiques, et comment les améliorer? Identifier les conflits de valeurs et les positions d'intérêt dans la production de vêtements catalytiques.	Sensibiliser les groupes écologistes locaux à la controverse concernant l'activité minière, en se basant sur les données rassemblées autour de la production du dioxyde de titane et des bénéfices/inconvénients associés.	Utilisation de produits qui améliorent la qualité de l'air.	Prise en compte des bénéfices et des dommages pour tous les acteurs en mettant l'accent sur les conditions injustes de production.	Conditions sociales et économiques des bénéfices environnementaux.

---

# Annexe 1—

Soulever des questions  
authentiques: 'Questionner'



Lorsqu'on s'interroge sur la compatibilité d'un scénario avec le cadre SSIBL, la Machine à Scénario suivante, développée par l'équipe de Nijmegen, peut être utilisée (Figure S1).

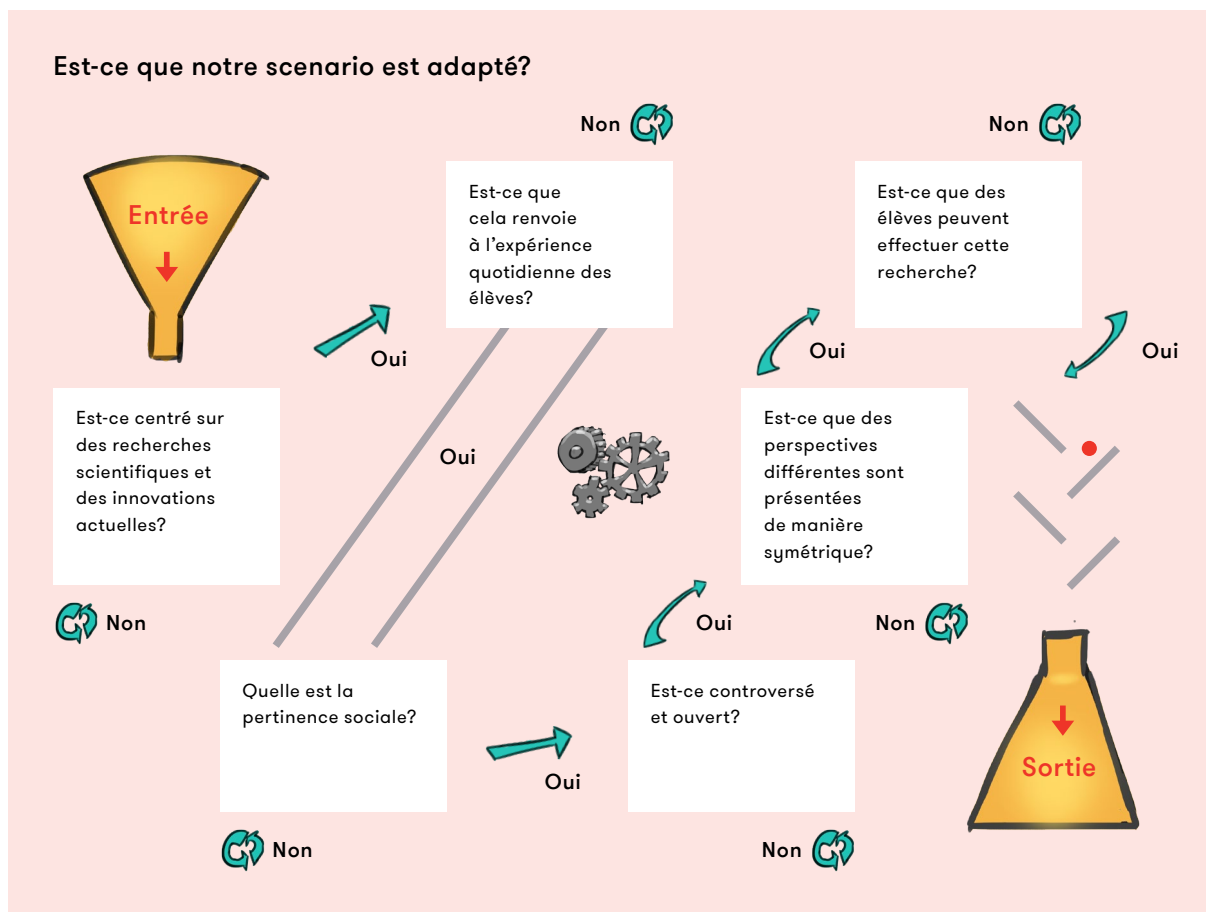


Figure S1 — La machine à scénario SSIBL

Thème de l'article	SSI
Biologie	
Vaccination et questions de santé	La vaccination dans la région du <i>bible belt</i> aux Pays Bas; les femmes enceintes, les voyages et le virus Zika; Ebola et l'interdiction de voyager; l'expérimentation animale.
Tabagisme et effets sur la santé	Tabagisme et restrictions gouvernementales; la valeur de la vie humaine (maladies versus médecine); maladies et style de vie.
Pénurie alimentaire en 2050	Quelle solution pour nourrir l'humanité dans les années futures?
Recherches sur les cellules souches	Sauver des vies avec des cellules souches, mais certaines personnes peuvent ne pas trouver cela éthique. Doit-on continuer à utiliser les cellules souches?
Utilisation de champignons pour combattre les maladies des plantes	Pouvons-nous – et devrions nous – modifier un champignon pour changer ses propriétés et les adapter à nos attentes?
Utilisation de la thérapie génique pour combattre la maladie d'Alzheimer chez la souris	Expérimentation animale. Utilisation de la thérapie génique. Les effets de la maladie d'Alzheimer.
Le lobbying de Coca Cola contre les lois de protection de la santé	Les gouvernements devraient-ils interdire le lobbying des multinationales quand il existe un risque sanitaire des produits concernés?

**Tableau S1** — Articles d'actualité au sujet de SSIs choisies par les enseignants en formation initiale à l'Université d'Utrecht

### Biologie, Mathématiques

Les adolescents fument et boivent plus souvent quand les parents ne sont pas à la maison

L'utilisation de substances nocives et les questions de santé.

### Chimie

Utilisation de vieux pneus de voiture pour le revêtement des terrains de sports

Les pneus de voiture contiennent des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) qui sont reconnus comme cancérigènes.

Uriner en pleine mer

Pourquoi les gens croient qu'il est nocif d'uriner dans la mer? Qu'en disent les scientifiques?

### Chimie, Biologie

Les plastiques retrouvés dans les poissons de haute mer

Devons-nous continuer à utiliser des sacs en plastiques non biodégradables?

Les hautes concentrations de pesticides retrouvées dans le muesli et les autres céréales

Quels sont les effets sur la santé des pesticides présents dans l'alimentation? Cela devrait-il continuer?

### Chimie, Biologie, Astronomie

Les particules de l'atmosphère de Mars

Des particules dans l'atmosphère de Mars peuvent causer la maladie d'Alzheimer, serons-nous jamais capables de vivre sur d'autres planètes que la Terre?

### Questions socioscientifiques tirées des actualités

Le **Tableau S1** présente une série d'articles de presse choisis par des enseignants en formation à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas): les SSI qui y sont liées, les questions soulevées et les disciplines mobilisées.

## APPROCHES POUR ÉLABORER UN SCENARIO POUR DES SSI

### Exemple d'activité: stimulation de l'intérêt des élèves

Un défi important dans l'enseignement des SSI est de stimuler l'intérêt des élèves. Lorsque les étudiants ne sont pas devant un dilemme ou

n'ont pas de questions pressantes, une stratégie efficace consiste à s'appuyer sur des productions médiatiques pour stimuler leur enthousiasme et ensuite la discussion. Cet exemple est issu d'un cours de formation d'enseignant utilisant le cadre SSIBL, sur les nanotechnologies, au sein de l'université de Malmö. *Ultra Ever Dry* propose un bon exemple de nanomatériau du fait de ses propriétés hydrophobes et qu'il est utilisé pour dissuader les comportements antisociaux. Dans le red light St. Paul district de Hambourg, de nombreux murs sont couverts avec *Ultra Ever Dry* pour une application surprenante. Quand les fêtards saouls urinent contre les murs, leur urine rebondit en créant un effet de dissuasion. Ce produit est maintenant utilisé dans d'autres villes (6). Cela pourrait-il devenir une façon d'éviter que les bâtiments deviennent des toilettes publiques?

D'autres exemples de ressources qui permettent de soulever des dilemmes peuvent être trouvés en ligne (7).

La thématique de la cigarette électronique a retenu l'attention des médias avec des experts y exprimant des points de vue très différents. Cela devrait motiver les élèves qui s'interrogent sur les arguments pour ou contre. Bien que la cigarette électronique soit interdite dans différentes régions d'Europe et du Royaume Unis, plusieurs experts pensent que c'est un bon moyen de sevrage tabagique. Voir par exemple l'article du Professeur David Nutt dans le *Guardian* d'Octobre 2016 (8).

6

Voir: <https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/04/st-pauli-pees-back-hamburg-red-light-district-revenge>

7

Voir par exemple: <http://www.fi.uu.nl/toepassing/en/28527/>

8

Voir: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2016/oct/14/vaping-saves-lives-madness-ban-smokers-cigarettes-kill>

9

Voir: <http://www.engagingscience.eu/en/2015/10/13/electronic-cigarettes>

Le titre est le suivant *Vapoter sauve des vies, ce serait fou de l'interdire*. Ce genre de titre va provoquer des discussions lorsque des experts ont interdit le vapotage. Le site ENGAGE propose des informations intéressantes sur la cigarette électronique (9).

### *Jeu de cartes*

Il existe de nombreux jeux téléchargeables qui peuvent être très utiles pour aider les élèves à appréhender les questions socioscientifiques et sociotechniques. On peut trouver en ligne sur Democs des jeux sous licence creative commons qui bien adaptés pour des élèves du secondaire, sur une diversité de questions (10). Des jeux de cartes, qui peuvent être téléchargés à partir du site *PlayDecide* (11), permettent de stimuler les discussions sur un ensemble de questions dont des questions socioscientifiques.

### *Bandes dessinées conceptuelles*

Les bandes dessinées constituent une autre possibilité pour motiver la discussion autour d'une question socioscientifique. La **Figure S2** présente un exemple de bande dessinée conceptuelle. A partir d'un scénario donné, les élèves et les enseignants peuvent produire leur propre bande dessinée en créant des bulles de texte exprimant différents points de vue.

### *Structurer un questionnement pour aborder un dilemme*

L'Université d'Utrecht utilise des ateliers tournants dans les cours de formation professionnelle initiale des enseignants stagiaires pour les aider à contextualiser et pour commencer à envisager différentes questions. Leur grille (**Tableau S2**) a été modifiée pour pouvoir être utilisée avec des élèves. Les exemples évoqués dans le chapitre 3 ont été repris pour illustrer le propos.

---

#### 10

Voir: <http://www.edinethics.co.uk/enhancement/ethentech-democs/democsgame.htm>

#### 11

Voir: <http://www.playdecide.eu/about.html>



Figure S2 — Exemple de bande dessinée conceptuelle

Questions	Cas A	Cas B	Cas C
De quoi traite le cas, quel est le sujet de la controverse?	Economies de combustibles dans l'établissement?	Tabagisme chez les jeunes.	S'attaquer à la pollution de l'air.
Quels sont les acteurs impliqués (quels sont leurs intérêts)?	Les élèves de l'établissement (qui veulent travailler dans un environnement sain); les gestionnaires de l'établissement (gestion des coûts énergétiques), les autorités locales (normes de construction des bâtiments).	Les élèves de l'établissement (addiction à la cigarette, que peut-on y faire, quelles sont les alternatives?); enseignants (comment traiter la question de manière pertinente dans le programme d'enseignement?); la direction de l'établissement (quelle doit être la politique de l'école?); les parents (quelle information pourrait nous aider?); les professionnels de santé (données concernant les comportements des élèves); l'industrie du tabac (profits, emplois...), le gouvernement (taxes importantes).	Les élèves de l'établissement (action contre la pollution de l'air, connaissances scientifiques pertinentes); groupes écologistes (pressions politiques à l'échelle locale, nationale en lien avec la jeunesse); communautés locales (moyens de réduire la pollution localement et de manière concrète); enseignants (en lien avec les programmes de chimie).

**Tableau S2** — Grille à préparer pour envisager différentes activités SSIBL

<p>Connaissances scientifiques pertinentes</p>	<p>Flux de chaleur; conductivité; mesure de température.</p>	<p>Respiration; mécanismes ventilatoires, diffusion des gaz respiratoires.</p>	<p>Catalyse, chimie organique; nanomatériaux.</p>
<p>Quelles sont les questions qui pourraient être soulevées? Quelles sont celles qui pourraient être travaillées par les élèves?</p>	<p>Quelles sont les zones de l'établissement où les pertes de chaleur sont les plus importantes? Comment maintenir l'établissement à une température plus chaude l'hiver et plus froide l'été? En même temps, comment faire des économies de combustible?</p>	<p>Quelles sont les effets biologiques du tabagisme? Comment l'industrie du tabac rend les cigarettes plus attrayantes? Pourquoi les jeunes fument des cigarettes? Quelles sont les meilleures façons d'aider les jeunes à arrêter de fumer?</p>	<p>Comment les vêtements écologiques permettent de diminuer la pollution de l'air? Quelle est l'efficacité des vêtements écologiques?</p>

## SOULEVER DES QUESTIONS EN CONTEXTES INFORMELS

*Un exemple de questions sur la production d'électricité soulevées lors de la visite d'un musée*

De jeunes élèves de l'école primaire ont visité une vieille usine de production d'électricité afin d'apprendre quelles sont les différentes façons de produire de l'électricité. Les enseignants ont été formés à la démarche SSIBL et l'utilisent pour construire leurs activités sur la production d'électricité. A travers la collaboration et

l'expérimentation, incluant la visite de l'Energy Discovery Centre (EDC) à Tallin en Estonie, les enseignants ont construit des séances d'enseignement et discuté avec les élèves, avant la visite du musée, des questions qui pouvaient être posées, comme par exemple:

- Les citoyens devraient-ils pouvoir choisir quelle source d'énergie ils souhaitent utiliser?
- Comme les décisions relatives à la production d'énergie sont-elles prises?
- Est-ce que les enfants peuvent participer à ces prises de décision?

Ces questions aident les élèves à penser le problème en se focalisant sur la question principale: comment l'électricité devrait-elle être produite en Estonie?

Ils découvrent différentes modes de transfert d'énergie, par exemple en expérimentant avec des turbines la relation entre mouvement et production d'électricité (*Photo S1*), et apprennent les différentes étapes historiques de la production d'énergie.

Les élèves sont encouragés à poser des questions concernant la façon dont est produite l'électricité qu'ils utilisent dans leur maison. Ils discutent en groupes les différents moyens qu'ils pourraient mettre en œuvre pour réduire leur facture énergétique domestique et comment ils pourraient utiliser d'autres sources de production d'énergie.



**Photo S1** — Les enfants cherchent le lien entre mouvement et production d'électricité



---

# Annexe 2—

Énaction: 'Découvrir'





Quand un actant change ou influence une interaction, cela a un effet sur les autres actants. Un nouveau gouvernement peut par exemple changer le mode de financement de la production de vaccins, ce qui va affecter qui doit être vacciné et comme cela est priorisé parmi d'autres questions de santé publique. Construire collectivement une carte de controverses aide les participants à discuter la question, un aspect ou un niveau particulier et permet de préciser les questions à poser pour poursuivre l'enquête.

### Analyse du cycle de vie

Suite à une intervention sur les risques des nanotechnologies dans un cours de formation d'enseignant de l'université de Malmö, un enseignant en formation initiale a décidé de faire une analyse du cycle de vie du nanomatériau *Ultra-Ever Dry* dont les propriétés hydrophobes ont de nombreuses applications dans les domaines de la vie quotidienne et sociale. L'analyse du cycle de vie a permis de produire une carte mettant en lien les différents acteurs impliqués (**Figure S4**). Cela a aidé les participants à identifier les acteurs, favorables ou défavorables à la technologie, particulièrement en termes d'acceptabilité éthique, de désirabilité sociale et soutenabilité des produits.

### Exemple d'activité: Modélisation

Cette activité sur les risques des addictions à la nicotine et à l'alcool a été mise en œuvre par les collègues de l'Université de Porto. Une

des caractéristiques majeures de cette activité concerne l'utilisation de l'espèce *Daphnia magna* comme modèle pour tester l'activité de la nicotine et de l'alcool. *Daphnia* est un minuscule crustacé avec un exosquelette translucide qui permet de compter facilement, en utilisant un microscope, les battements cardiaques.

Les modèles sont des représentations de systèmes et ils permettent aux scientifiques de prédire des effets mais il est important de distinguer entre modèles et réalité. Les modèles sont des simplifications et des approximations et peuvent permettre d'appréhender différents aspects d'un même phénomène. Par exemple le modèle atomique de Bohr aide les étudiants à comprendre les transferts électroniques mais ne donne pas d'informations sur l'orientation tridimensionnelle des orbites électroniques comme le fait le modèle orbital. Les squelettes montrent les positions des articulations dans le corps et permet de montrer les degrés de liberté du mouvement mais une compréhension complète du mouvement nécessite d'autres représentations comme l'imagerie médicale qui montre les insertions musculaires, et des vidéos présentant la marche humaine. Avec de jeunes enfants, un bon début pour commencer avec la modélisation peut être de leur montrer un modèle 3D d'une fleur ou d'un animal et de leur demander en quoi le modèle diffère de la réalité. Il y a aussi de plus en plus d'exemples de simulations en ligne <sup>(12)</sup> qui permettent aux élèves d'expliquer les phénomènes, de faire des prédictions et de résoudre des problèmes mais qui nécessitent de garder à l'esprit en quoi ces modèles sont simplifiés et en quoi les variables sont réduites.

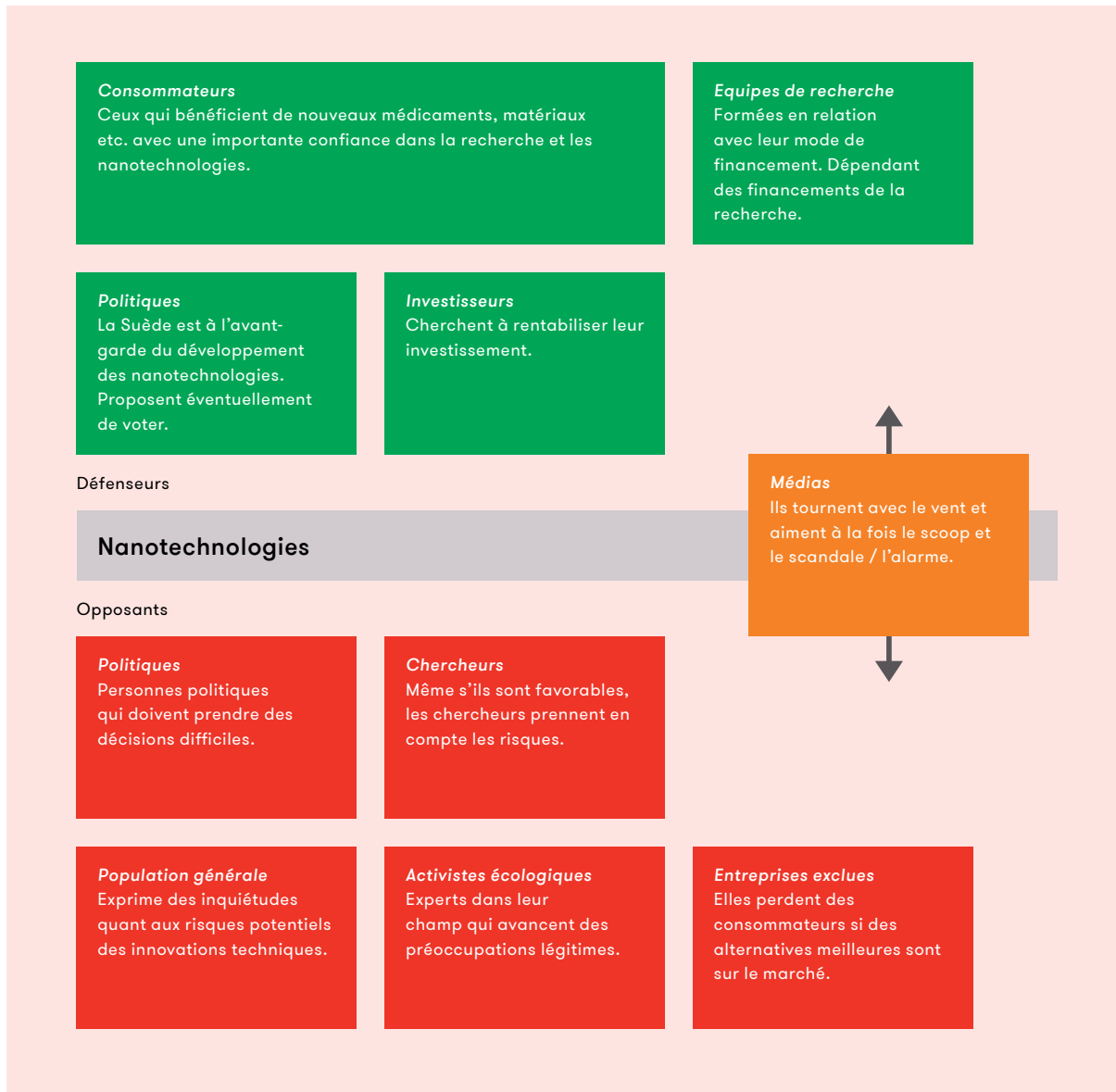


Figure S4 — Cartographier les groupes d'intérêts autour des produits nanotechnologiques

Des phénomènes climatiques globaux comme l'Effet de Serre peuvent être modélisés, par exemple en utilisant des bouteilles en plastique pour reproduire les conditions dans une serre (Voir par exemple 'The greenhouse effect -1' des *Classic Chemistry Demonstrations* de la Royal Society of Chemistry).

### Exemple d'activité: Risque et Incertitudes

Une dimension importante de SSIBL est l'appréhension du risque et des incertitudes. Dans le domaine des sciences du climat, ces concepts sont essentiels parce que toute action implique des incertitudes et des risques inconnus. D'un point de vue formel, les risques peuvent être définis comme la probabilité d'occurrence d'un événement et ses conséquences. Ainsi, alors que la probabilité d'occurrence d'un tsunami dans une région donnée peut être très faible,

ses conséquences peuvent être énormes. D'un autre côté on accorde souvent peu d'importance à des événements fréquents, comme le fait de tomber, ce qui arrive souvent, parce que les conséquences sont en général minimales. L'estimation du risque est elle-même incertaine. Bien qu'il soit avancé que le risque puisse être objectivement évalué en réunissant des données statistiques pertinentes, les effets personnels et sociaux doivent souvent être pris en compte. Par exemple, le risque quand on prend l'avion est considéré comme très faible. Mais certaines personnes sont tellement angoissées en avion que cela peut être préjudiciable à leur santé et nécessite d'être pris en compte dans l'estimation du risque.

Toute action sur l'environnement comporte des risques. Certains de ces risques peuvent ne pas être évidents. Par exemple, l'utilisation de panneaux solaires comme moyen de conversion d'énergie solaire en électricité n'a pas d'impacts environnementaux apparents. Cependant, la construction des panneaux solaires nécessite beaucoup d'énergie et les matériaux nécessaires à leur production peuvent avoir des effets toxiques, notamment quand ils sont produits à bas coût <sup>(13)</sup>. Le site de David Spiegelhalter propose des animations pour permettre aux élèves et aux enseignants de discuter des risques et des incertitudes <sup>(14)</sup>.

#### 12

Voir par exemple: E-chalk (<http://www.echalk.co.uk>) et PHET (<https://phet.colorado.edu>), qui proposent des exemples concordant avec les activités SSIBL dans différents domaines scientifiques.

#### 13

Voir pour un article sur le sujet: <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2014/11/141111-solar-panel-manufacturing-sustainability-ranking>

#### 14

Voir: <https://understandinguncertainty.org/view/animations>

---

### *Communiquer des résultats à des acteurs influents*

Une dimension importante de SSIBL réside dans la capacité à changer les choses lorsqu'un problème est identifié. Les élèves devraient donc passer du temps à développer leurs arguments pour convaincre les acteurs qui peuvent agir pour un changement. Les critères déterminants sont les suivants:

- Les moyens pour présenter leurs points de vue: poster, film court, pièce de théâtre, sketch, article de journal, lobbying auprès des politiques;
- Présenter des preuves. Il s'agit d'organiser les données de manière à proposer des arguments convaincants;
- Raisons. Présenter des raisons valables et convaincantes pour supporter leurs points de vue;
- Suggérer des alternatives au statu quo;
- Cohérence. Insister sur le concret, avancer étape par étape et de manière logique;
- Rester concis et compréhensible.

---

# Annexe 3—

## Education à la Citoyenneté (CE)



### Aborder SSIBL sous l'angle de l'éducation à la Citoyenneté (CE)

De bons exemples d'éducation à la citoyenneté au sein de la classe peuvent être trouvés en ligne (15). Ces ressources présentent des activités qui promeuvent le travail en groupe et la collaboration autour d'une activité SSIBL.

### Positionnements dans la controverse

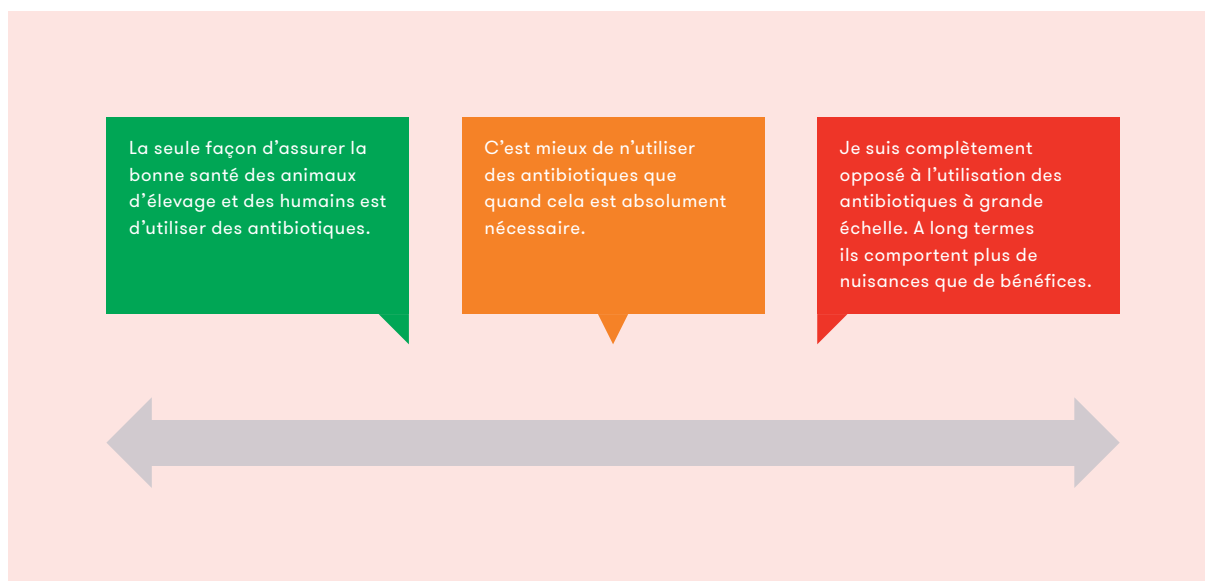
Une fois que les élèves ont été orientés vers une controverse, ils se distribuent, selon leur point de vue dépendant de leur degré d'accord ou de désaccord sur une question (Figure S5). Prenons l'exemple précédent relatif aux utilisations des antibiotiques dans l'élevage animal, issu d'une session de formation d'enseignants à l'Université de Chypre.

La façon dont les participants se positionnent sur la ligne de controverse peut favoriser la discussion, par exemple, les participants ayant des positions proches peuvent discuter de qui est plus proche du pôle accord ou du pôle désaccord. Ceux qui se situent sur des pôles opposés du spectre peuvent travailler en groupe pour affiner leurs points de vue vis à vis de ceux qui n'ont pas le même. Une façon de promouvoir la délibération peut être:

1. De demander aux groupes de participants situés aux deux extrémités du spectre des positions (groupe A et groupe B) de cerner les contours de leurs désaccords;

2. Du temps est donné à chaque groupe pour préparer ses arguments;
3. Le Groupe A présente ses positions argumentées en trois minutes;
4. Le groupe B écoute et doit ensuite présenter les positions du groupe A en le soutenant, et si possible avec plus encore de soutiens et de preuves;
5. Les rôles sont ensuite inversés;
6. Une fois que chaque groupe est bien sûr que ses points de vue sont bien compris, les groupes discutent de leurs différences.

Cela permet une écoute active et pousse à des discussions argumentées et logiques. Cette activité peut être améliorée en introduisant un axe rationnel / émotionnel, pour mobiliser à la suite de Van der Zande (2012) (16) des arguments en mouvement. Au cours de cette activité, les quatre angles de la classe peuvent représenter les positions *Pour avec le cœur*, *Contre avec le cœur*, *Pour avec le cerveau* et *Contre avec le cerveau* (Figure S6). Les participants prennent place dans la salle, rendant compte de leur opinion par rapport à la controverse (pour et contre) et leur cheminement vers cette opinion (avec le cœur ou avec le cerveau). L'idée est que les participants peuvent ainsi visualiser les différentes opinions, se poser des questions et ils peuvent changer de place. Les participants peuvent aussi aller dans un autre angle de la classe et envisager une argumentation depuis cette nouvelle position, réfléchissant ainsi sur les autres opinions.

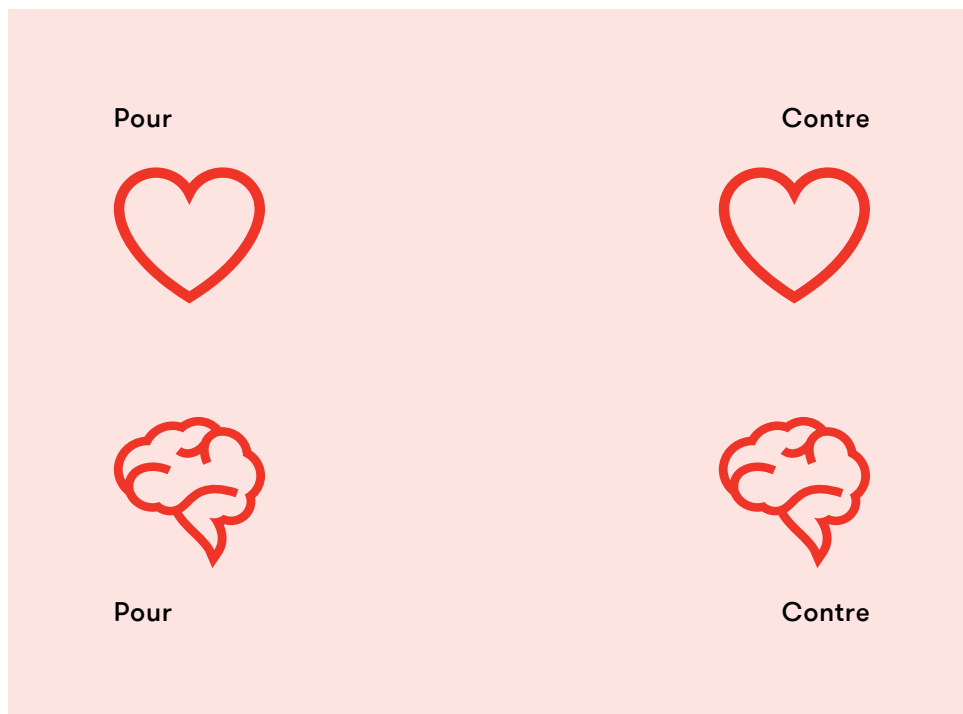


**Figure S5** — Positionnements dans la controverse

## 15

Cette activité a été adaptée de l'Association for Citizenship Teaching et National Citizen Service Trust (<https://www.teachingcitizenship.org.uk/resource/ncs-key-stage-3-curriculum-activities>). On peut trouver une autre ressource qui promeut les discussions en petit groupe et l'argumentation à l'adresse suivante: <https://www.pstt-cpd.org.uk/ext/cpd/argumentation/unit1.php>

Des présentations d'enseignants sur la relativité des points de vue autour du thème de l'utilisation des antibiotiques dans l'élevage (par exemple du point de vue d'un éleveur, d'une agence gouvernementale, d'un scientifique concerné), tirées d'une approche expérimentale des activités pédagogiques peuvent être trouvées à l'adresse suivante: <https://youtu.be/kuGOJ7mXEFM>.



**Figure S6** — Dynamique des arguments au sein de la classe

16

Zande, P.A.M. van der (2012). Beweegredeneren, een werkvorm bij dilemma's in de klas. Voir aussi: <https://elbd.sites.uu.nl/2017/07/28/beweegredeneren-een-werkvorm-bij-dilemmas-in-de-klas/>

### Clarification des valeurs

A partir d'un scénario pour une question, les étudiants peuvent utiliser une matrice éthique adaptée de Mepham (2005) <sup>(17)</sup> qui permet de représenter les points de vue de différents acteurs selon trois principes éthiques majeurs. Ces principes sont:

- *Bien-être*: respect des intérêts des acteurs impliqués et volonté de nuire au minimum à ces intérêts;
- *Autonomie*: respect des droits des individus (qu'ils soient humains ou non humains) pour qu'ils puissent agir et vivre leur vie comme ils le souhaitent;
- *Justice*: agir de manière juste et équitable.

Les cellules de cette matrice éthique doivent être remplies par les élèves en fonction de leurs propres points de vue. Dans le **Tableau S3**, un exemple est proposé concernant l'utilisation des antibiotiques dans les élevages.

### Agir

Durant les activités SSIBL, la classe ou le groupe, parvenu à une ou plusieurs positions, va arriver à un point où les actions vont être débattues.

Les conditions de débat vont dépendre selon que l'activité est effectuée juste par un groupe de quatre ou cinq participants par exemple ; par plusieurs groupes travaillant à différents aspects de la question, ou si c'est une activité de classe entière. Même si la question est abordée par un seul groupe, la classe entière peut discuter les points de vue sur les actions à envisager. Chaque membre de la classe pourrait être invité à proposer une ligne de conduite particulière, et les idées peuvent être rassemblées dans une boîte. Le professeur répartit les décisions dans des catégories (plusieurs idées peuvent se recouvrir). La classe est alors divisée en deux groupes (de 12 élèves dans une classe de 24. S'il y a nombre impair d'élèves dans la classe, un élève peut être désigné comme gardien du temps ou modérateur). Un espace est alors créé dans la salle de classe avec des chaises réparties en deux cercles concentriques, ainsi les participants assis sur le cercle intérieur font face à ceux installés sur le cercle extérieur.

L'enseignant distribue des bandes de papier aux étudiants du cercle intérieur. Chaque bande présente une ou deux lignes de conduite possible pour agir. Chaque étudiant discute pendant deux minutes des possibilités d'action avec un étudiant assis en vis-à-vis sur le cercle externe. Les étudiants du cercle externe se décalent alors d'un siège vers la gauche. Les discussions continuent avec des étudiants différents, pour envisager trois à cinq interactions différentes selon le nombre de solutions envisagées. La classe est alors réunie et les élèves rendent compte des modalités d'action qui ont été retenues.

17

Mepham, B. (2005). *Bioethics*. Oxford: Oxford University Press.

Respect pour	Bien-être	Autonomie	Justice
Éleveurs	Amélioration de leurs revenus et de leurs conditions de vie.	Peuvent prendre leurs propres décisions quant aux circonstances d'utilisation des antibiotiques auprès de leur bétail.	Pouvoir fixer un prix juste pour leurs produits sur le marché soumis à des lois et des pratiques équitables.
Consommateurs	Reçoivent un complément de nourriture à partir d'un élevage sain.	Peuvent choisir les produits qu'ils achètent.	Un complément de nourriture disponible pour l'ensemble de la population.
Bétail	Droit à une vie en bonne santé et minimisation des souffrances.	Leur mode de vie naturel n'est pas entravé, par exemple brouter, dormir.	Traités comme des êtres sensibles avec leurs propres droits et pas seulement comme des objets de plus value pour les éleveurs.

**Tableau S3** — Grille éthique pour l'usage des antibiotiques dans les élevages



PARRISE (Promoting Attainment of Responsible  
Research and Innovation in Science Education) project