



HAL
open science

Problématiser et... re-problématiser les QSVE ; vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités

Olivier Morin

► To cite this version:

Olivier Morin. Problématiser et... re-problématiser les QSVE ; vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités : vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités. Educagri, collection Agora. La démarche d'enquête, Une contribution à la didactique des Questions socialement vives, pp.43-64, 2019. hal-02281373

HAL Id: hal-02281373

<https://hal.science/hal-02281373>

Submitted on 9 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Problématiser et... re-problématiser les QSVE ; vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités

Olivier Morin, S2HEP, université de Lyon

D'après l'ONG *Global Footprint Network*³, si toute l'humanité consommait comme les Français, le jour du dépassement⁴ planétaire aurait été en 2018 le 5 mai. La médiatisation d'une telle date a certes pour effet de marquer les esprits et d'interpeller les consciences, mais pas seulement. Elle interroge sur la fiabilité du calcul et la manière de déterminer cette date⁵, comme sur la possibilité de chacun de nous à réagir en vue de la préservation des biens communs. Parce que le questionnement de l'agir collectif est celui de la participation de chacun aux choix qui engagent notre avenir, il est celui de l'éducation. Comment l'école peut-elle alors s'emparer de ces problématiques liant connaissances scientifiques et valeurs, de ces questions socialement vives environnementales (QSVE) traduisant une évolution des rapports sciences-technologies-sociétés dans un monde s'interrogeant sur la durabilité de son développement ?

Nous proposons dans ce chapitre de nous pencher sur l'épistémologie des modes de production et de validation des savoirs mobilisés par ces interrogations. Nous verrons que ce questionnement réfère l'écologie « de la réconciliation » à la science post-normale, laquelle invite à associer toutes les parties prenantes impliquées au contrôle de la validité et de la pertinence des savoirs enjeux lorsque les niveaux d'incertitudes (des systèmes) et d'enjeux (des décisions à prendre) augmentent.

La visée de régulation de socio-écosystèmes tenant compte de paramètres multiples intégrés dans des contextes particuliers, implique une éducation de la relation à l'environnement qui développe la capacité à s'impliquer activement dans la mise en œuvre des projets de société. C'est pourquoi nous proposerons des pistes pour des démarches d'enquêtes inspirées de la méthode des « îlots de rationalité », ne se réduisant pas à la simple application de la science normale, s'appuyant sur des besoins de savoir, et liant

.....
3. www.footprintnetwork.org/2018/05/05/le-jour-du-depassement-de-la-france-tombe-le-5-mai

4. Le jour du dépassement est chaque année la date estimée à laquelle la demande de l'humanité dépasse l'ensemble des ressources annuelles que la planète peut renouveler en un an.

5. Le jour du dépassement de la France est déterminé par la comparaison entre d'une part l'élargissement de l'empreinte écologique des français à l'échelle de la population mondiale, et d'autre part la « biocapacité » planétaire. S'appuyant sur la méthode de l'empreinte écologique, le calcul repose sur l'estimation des surfaces terrestres et maritimes biologiquement productives nécessaires à la fourniture des biens et des services que nous consommons, et sur la mesure de la superficie disponible.

éducation scientifique et éducation politique. Nous explorerons comment la scolarisation progressive et orchestrée de questionnements socialement vifs dans lesquels la complexité est au service des apprentissages, peut offrir aux apprenants les occasions de construire des opinions raisonnées et des dispositions collectives. Nous porterons en particulier notre attention sur les modalités de problématisations, activités collégiales de décentration, clé de l'apprentissage d'une citoyenneté scientifique critique et active.



1. Les QSVE, entre innovations technoscientifiques et désirabilité sociale, affaires de tous

Selon Bokova, directrice générale de l'Unesco en 2015 « les changements qui surviennent dans le monde interconnecté et interdépendant d'aujourd'hui instaurent des degrés inédits de complexité, de tension et de paradoxe et ouvrent de nouveaux horizons dans le domaine du savoir que nous devons prendre en compte » (Bokova, 2015). Dans cette actualité, les QSV (Legardez & Simonneaux, 2006) et particulièrement à propos des questions environnementales (Morin, Simonneaux & Simonneaux, 2012) expriment les doutes des citoyens sur la recevabilité des discours de spécialistes. Les limites de validité de savoirs technoscientifiques dans les contextes de leurs usages, sont interrogées. Les QSVE traduisent au quotidien un malaise du modèle traditionnel de l'expertise. La contestation de ce modèle, qui confine les expertises aux seules sphères de spécialistes, revendique la légitimité de la participation citoyenne à l'adaptation des savoirs technoscientifiques aux contextes de leur application. En ce sens, les QSVE appellent une réflexion épistémologique sur les rapports de nos sociétés aux incertitudes et controverses.

1.1. La problématique de l'expertise

Alors que le développement des technosciences les place toujours plus au cœur de notre quotidien, la prise de conscience du pouvoir de transformation de ces technosciences sur les environnements biophysiques et les sociétés humaines s'amplifie. Les usages des innovations technoscientifiques, par exemple de pesticides dans l'agriculture, d'organismes génétiquement modifiés dans la production alimentaire, ou de la fracturation hydraulique dans l'extraction des gaz de schistes, suscitent des inquiétudes grandissantes. Si ces QSVE restent ouvertes et sont régulièrement reposées, c'est parce que parmi les savoirs en jeu tous ne sont pas stabilisés. Beaucoup sont au contraire émergents et distribués entre les parties prenantes. La problématique de l'expertise est donc d'abord épistémologique. Les expertises scientifiques se multiplient et se contredisent, d'irréductibles incertitudes persistent, et dans le même temps les conflits d'usage peuvent s'avérer particulièrement aigus. Les QSVE sont ainsi au cœur de controverses scientifiques et sociétales tissées entre elles; leur complexité implique de considérer à la fois les modes de production des savoirs,

les contextes particuliers et les diverses perceptions individuelles, sociales et culturelles des risques.

Du fonctionnement de la science « normale » aux « communautés de pairs élargies »

Si l'expertise est entendue comme l'intégration des savoirs et la prise en compte des incertitudes dans la prise de décision, elle adopte une vocation politique qui lui fait dépasser le champ d'activité de la science « normale » au sens de Kuhn (1962). L'imbrication forte des controverses scientifiques et sociales interroge à la fois le statut des savoirs scientifiques et celui de ceux qui les produisent. La science normale procède par résolutions d'énigmes au sein de paradigmes constituant le noyau dur des théories scientifiques, paradigme constituant la norme de référence. Activité par essence soumise à la critique, l'activité scientifique vise à clore les controverses scientifiques par l'apport de preuves les plus objectives et tangibles possible. Elle ne prétend pas intégrer dans son processus de production de savoirs la vivacité sociale des enjeux sociétaux de ces productions, et au contraire elle s'en garde. Mais lorsque la réponse apportée par les scientifiques est destinée à orienter une décision politique, les scientifiques passent du statut de chercheurs à celui d'experts, et se trouvent confrontés à des incertitudes d'un ordre nouveau.

L'intégration de ces incertitudes et de la vivacité sociale dans la prise de décision est le fondement de la *Post Normal Science* (PNS). Funtowicz et Ravetz (1993) proposent d'évaluer un premier niveau d'incertitude : celui lié aux processus de sélection d'informations et de contrôle de leur validité durant la production de savoirs. Considérant que tout système est une construction intellectuelle humaine, dans laquelle des choix de phénomènes et d'explications sont opérés, Funtowicz et Ravetz insistent sur le danger qu'il y aurait à considérer les observateurs et analystes comme extérieurs au système, puisqu'ils en sont des éléments ne serait-ce que socialement et géographiquement. Chaque observateur et analyste d'un système complexe fonctionnent avec certains critères de sélection des phénomènes, à une certaine échelle et en intégrant certaines valeurs dans ses engagements. Le résultat des observations et des analyses séparées n'en est pas arbitraire pour autant, mais il est partial ; aucun de ces résultats considérés séparément ne pouvant englober l'ensemble du système. Par conséquent, l'évaluation de ce que Funtowicz et Ravetz nomment le pedigree des informations passe par l'identification des enjeux institutionnels, économiques et sociaux à l'œuvre au cours de la production de savoirs. Le deuxième niveau d'incertitude pris en compte dans la PNS est celui de la pertinence des savoirs scientifiques produits dans le contexte de leur usage, c'est-à-dire intégrés dans un système complexe. La diversité de perceptions d'un même contexte est alors déterminante. Funtowicz et Ravetz filent la métaphore de la parabole indienne *Feeling the elephant* pour illustrer l'importance des opérations de référencement dans la perception. Il s'agit d'une fable relatant comment cinq aveugles essayent de deviner ce qu'ils perçoivent en touchant différentes parties d'un éléphant : celui qui touche la

patte pense à un arbre, la trompe à un serpent, le ventre à un bateau, la queue à un balai, l'oreille à un éventail. La perception de chacun se réfère à la fois à ce qu'il connaît déjà et aux éléments de l'environnement qu'il considère. En découle une caractéristique essentielle de la PNS : la nécessité d'intégrer la possibilité de multiples approches pour une même question et de multiples réponses à lui apporter. Elle implique une participation étendue consistant à travailler en délibération sur les limites des réponses techniques et scientifiques, à construire un dialogue entre experts et non experts. Dans la dynamique visant à peser les conséquences sociétales des alternatives envisageables, les acteurs sociaux doivent être associés à l'activité de recherche, acquérir leurs connaissances en contexte, et constituer des communautés de pairs élargies (*extended peer community*).

Écologie « de la réconciliation » et systèmes multi-acteurs (SMA)

L'analyse épistémologique de Funtowicz et Ravetz rencontre de façon remarquable l'évolution des objets et approches scientifiques de l'écologie, science « des conditions d'existence », vers laquelle les QSVE conduisent naturellement à se tourner. Son histoire est jalonnée de changements de paradigmes, révolutions scientifiques caractéristiques des sciences normales, tandis que la prise en charge d'objets d'études aux niveaux croissant d'incertitudes et d'enjeux sociétaux l'ouvre sur le croisement des perspectives et la pluralité des acteurs.

Après que Darwin en 1859 ait proposé une explication à l'origine des espèces, Haeckel en 1866 initia l'étude des variations de la diversité spécifique dans les communautés en se penchant sur les relations entre espèces et milieu biophysique. La discipline qu'il nomma alors écologie se donnait pour objet les conditions d'existence d'un organisme dans son environnement. Cette approche nouvelle a constitué un changement de paradigme par rapport aux approches de la biologie des organismes qui considéraient l'être vivant isolé. L'écologie est édifée sur le constat de la répartition non aléatoire des êtres vivants. Son idée fondatrice est celle de niche écologique qui a d'abord été pensée comme un habitat caractérisé par des conditions d'existences à un endroit donné, conditions qui procèdent (Grinnell, 1917) de facteurs abiotiques (température et humidité par exemple) et de facteurs biotiques (relatifs à la coopération, la compétition, la prédation, etc.). Mais cette approche s'est vite avérée réductrice en ne rapportant que de manière univoque les relations entre l'être vivant et son environnement, sans donner à voir les actions réciproques. Se focalisant alors moins sur l'habitat que sur la fonction exercée par une espèce dans un système, Elton (1927) a mis l'accent sur les facteurs biotiques en considérant la niche écologique comme la place d'une espèce dans un réseau trophique, le métier d'une espèce. Pour Hutchinson, qui formalise en 1958 le modèle mathématique multidimensionnel des niches, la niche fondamentale est l'offre de l'environnement, dans lequel la niche réalisée est observable dans des conditions particulières de relations intra-spécifiques.

Ainsi, de l'étude des relations d'une espèce avec un milieu, l'écologie est passée à celle des communautés biologiques. Mais en portant son regard sur de nouveaux objets d'étude, elle n'a pas seulement élargi son champ d'investigation, elle a aussi adopté une nouvelle approche. La systémique choisie par Tansley en 1935 (« *The use and abuse of vegetational terms and concepts* ») en réaction au concept de « super organisme » (Phillips, 1934), opère un second changement de paradigme. Cette approche énonce le postulat de l'interdépendance, qui permet à l'écologie de s'affranchir du réductionnisme entendant expliquer un système à partir des seules propriétés de ses éléments. Puis, face à l'utilisation par l'écologie de concepts a-spatiaux tels que la niche fondamentale d'Hutchinson ou l'écosystème de Tansley, l'écologie du paysage s'est inscrite dans les années 1980 en réaction à une écologie sans espace et sans hommes. En mobilisant des outils informatiques et en recourant à la télédétection, elle s'appuie sur les conceptions de la géographie descriptive : elle analyse la connectivité, la diversité et l'hétérogénéité des éléments de la mosaïque paysagère (Formann & Godron, 1986). En évaluant les conséquences sur les peuplements de la fragmentation anthropique des habitats, elle relie l'écologie aux problématiques d'aménagements de territoires par les sociétés. Blandin & Lamotte (1988) ont défini un niveau d'intégration supérieur : l'éco-complexe, qui vise à rendre compte de l'interdépendance des écosystèmes d'un territoire (par exemple un lac et son bassin-versant). Un éco-complexe est un système spatialisé de systèmes, résultat d'une histoire naturelle et d'une histoire humaine imbriquées. Considérant que les gestionnaires, politiques, scientifiques et citoyens doivent s'accorder sur une vision commune du monde dans lequel les futures décisions sociales et économiques sont prises, l'*Ecosystem Management* (Grumbine, 1994) conduit à passer d'une approche multidisciplinaire mais encore fragmentée de l'écologie (sciences biologiques, géologiques, modélisation mathématique, géographie physique, géographie humaine) à une démarche plus intégrée encore. Les investigations sont alors situées à l'échelle des « anthropo-systèmes », que Lévêque *et al.* (2003) définissent comme « un système interactif entre deux systèmes constitués par un (des) socio-système(s) et un (des) écosystème(s) naturel(s) et/ou artificialisé(s) s'inscrivant dans un espace géographique donné et évoluant dans le temps ». Cette option épistémologique, qui a été adoptée également par l'ingénierie écologique sous le nom d'éco-socio-système (Goffin, 1998), de socio-écosystèmes (Berkes, Colding & Folke, 2003) pose cette fois comme objet scientifique les interactions entre la dynamique des systèmes naturels ou artificialisés et celle des sociétés humaines, en ne considérant pas les milieux naturels seulement comme des gisements de ressources mais également comme le cadre des relations sociales qui y sont construites. Les écologues contemporains s'emploient à relever ce défi avec le développement de l'écologie de la réconciliation (Couvét & Teyssère Couvet, 2010 ; Mathevet, 2012). Elle étudie les capacités d'adaptation des habitats non protégés pour leur permettre d'héberger une biodiversité abondante de façon compatible avec les activités humaines, et pour cela elle produit des modélisations de processus et interactions dans des systèmes multi-acteurs (humains et non humains).

1.2. La problématique de la participation

La problématique de la participation est socio-scientifique. Qu'il s'agisse de penser des stratégies de gestion des socio-écosystèmes dans une époque de crise de la biodiversité, d'approvisionnement énergétique dans un contexte de dérèglement climatique, ou encore de santé publique dans une époque de défiance vis-à-vis des vaccins, les QSV interrogent la capacité de nos sociétés à construire un avenir désirable à partir des possibilités offertes par les innovations technoscientifiques. La collégialité est une réponse à la nature complexe des savoirs socio-scientifiques impliqués. Elle conduit à prendre en charge ces savoirs hybrides par la controverse et la diversité de perspectives, tant vis-à-vis de leur mode de production que vis-à-vis de la pertinence de leurs applications. Pourtant, dans leur essai sur la démocratie technique, Callon, Lascoumes & Barthe (2001) mettent en évidence un double processus sociologique de délégation des individus aux institutions : délégation aux scientifiques de la production de savoirs, délégation aux politiques des choix de leurs applications.

Science de laboratoire et démocratie de la représentation

La première délégation est celle de la production de savoirs ; elle a été progressivement dévolue aux seuls scientifiques. Licoppe (1976) l'explique par l'exigence d'exactitude qui a conduit à isoler les phénomènes observés dans les laboratoires pour éviter les interférences dans les mesures (par exemple des thermomètres précisément calibrés par Lavoisier aux mesures actuelles effectuées dans les accélérateurs de particules du Conseil européen pour la recherche nucléaire, ou de l'expérience du foie lavé de Claude Bernard aux laboratoires de génomique). Les sciences ont évolué de conclusions en approfondissements selon une dynamique naturelle vers des sujets complexes traités avec une part croissante de technicité. Les savoirs produits sont d'une extraordinaire portée, mais sont également devenus bien peu accessibles au grand public. Callon *et al.* posent la question du retour vers le grand monde de ces savoirs produits par la recherche confinée.

Ces mêmes auteurs identifient une deuxième séparation, cette fois entre le citoyen ordinaire et son double le porte-parole élu et qui finit par devenir un professionnel de la représentation. Le problème de la représentation réside dans le fait que l'existence même d'un représentant des citoyens implique que celui-ci les fait taire en parlant à leur place, car il leur propose plus souvent de choisir parmi des options que de les imaginer. Résoudre ce problème sans rejeter le principe même de la démocratie nécessite la mise en place de procédures de délibérations (forums hybrides, conférences de consensus, débats citoyens, etc.) par lesquelles les représentés apprennent progressivement dans la discussion à déterminer leurs préférences, sans déléguer leur pouvoir démocratique à leurs représentants.

La constitution de réseaux stabilisés d'acteurs

En considérant que la gestion des socio-écosystèmes n'est pas l'affaire de spécialistes mandatés par les pouvoirs publics mais plutôt celle de collectifs d'acteurs citoyens qui s'auto-organisent, l'écologie de la réconciliation fait écho dans son domaine propre, à une analyse sociologique plus générale, qui trouve ses racines dans les approches dites de la traduction. Elle vise à comprendre la constitution d'espaces de délibération permettant l'adhésion collective à la mise en œuvre de dispositifs publics en matière d'innovations technoscientifiques.

Dans un article fondateur de cette approche, Callon (1986) décrit les modalités d'ouverture d'un tel espace de négociation lors du processus de constitution d'un réseau socio-technique innovant. L'analyse qu'il produit (à propos de transformation de la culture de coquilles Saint-Jacques en baie de Saint-Brieuc) montre comment est obtenue l'adhésion d'un réseau d'acteurs en quatre étapes: la problématisation, l'intéressement, l'enrôlement, la mobilisation. Parce qu'au cours de chacune d'elles, certains acteurs cherchent à en mobiliser d'autres en devenant leur porte-parole, Callon utilise la métaphore de la traduction. Le processus de la traduction fait émerger et converger les argumentaires afin de stabiliser un réseau rendant possible l'action collective. Sa première étape est celle au cours de laquelle un acteur identifie les autres acteurs potentiellement concernés, repère leurs préoccupations respectives, et les conduit à percevoir le changement qu'il envisage comme convergent avec leurs préoccupations. Il parvient à mobiliser d'autres acteurs en leur faisant percevoir la solution envisagée comme un point de passage obligé.

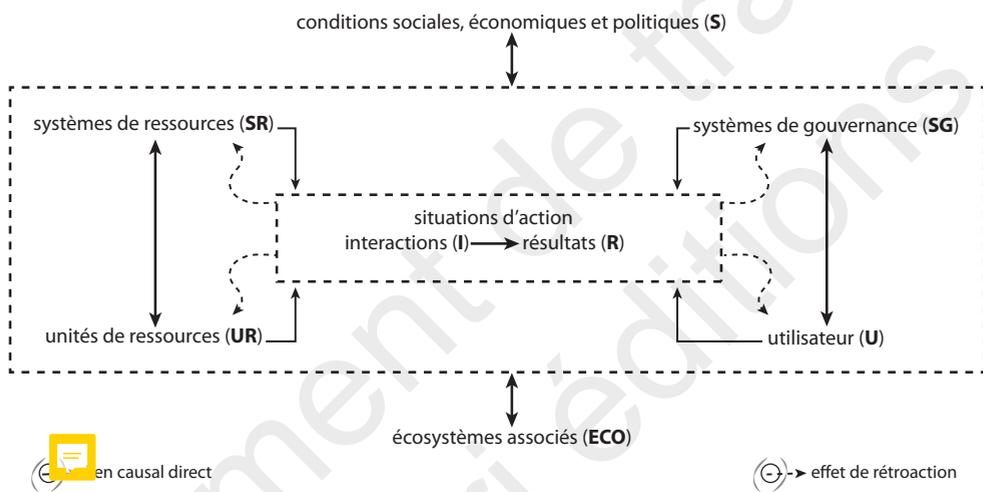
L'approche de la traduction présuppose l'existence du promoteur d'une stratégie qui mobilise un réseau d'acteurs en jouant le rôle de traducteur. Dans une démarche plus participative encore, cette fonction peut elle-même être prise en charge par un collectif d'usagers. Depuis une trentaine d'années, des procédures participatives de gouvernance des risques liés aux innovations technoscientifiques ont émergé et se sont multipliées dans de nombreux pays. Elles impliquent dans les débats des panels de citoyens ordinaires qui autodéterminent dans quels domaines ils souhaitent auditionner des experts afin de formuler des choix collectifs. Permettant de déterminer démocratiquement les actions collectives et individuelles à envisager et les mesures à prendre, elles opérationnalisent pour les citoyens impliqués les principes 10 et 15 de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement (1992)⁶, énonçant que la meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation des citoyens aux processus de décision, et que l'absence de certitude scientifique ne peut servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives.

.....

6. Disponible sur : www.un.org/french/events/rio92/aconf15126vol1f.htm, consulté le 18/04/18

Dépassant la dichotomie entre biens publics et biens privés, Elinor Oström (prix Nobel d'économie avec Williamson en 2009) a considéré les ressources en propriétés communes : elles sont en accès libre comme le sont les biens publics alors qu'elles sont rivales comme les biens privés (la consommation par un individu amoindrit la consommation possible par les autres). Il s'agit par exemple de forêts, ou de pêcheries. Pour mieux comprendre comment ces biens communs partagés peuvent être gérés collectivement et de manière durable, elle a élaboré un cadre d'étude des situations d'interactions encadrées dans les systèmes socio-écologiques.

Figure 1 : Des interactions dans des systèmes socio-écologiques



D'après : Conférence Nobel de 2009 (traduite par Eloi, Oström & Eloi, 2012)

À l'inverse des prédictions de surexploitation issues du modèle élaboré sur la base de la « tragédie des communs » (Hardin, 1968) et de la théorie du dilemme social, ses investigations sur la base de quatorze études de cas de terrains sur divers continents, ont montré (Oström, 2009) que des interactions basées sur la confiance et la réciprocité peuvent résoudre des problèmes complexes en évitant la surexploitation des ressources, par des collectifs qui s'auto-organisent.

Les usagers des ressources se contrôlent mutuellement, car la possibilité de communiquer sur l'utilisation des règles de sanction leur permet à la fois de réduire l'exploitation et d'augmenter les gains individuels et collectifs. La condition de réussite de ces coordinations, dont la durabilité émerge de la juxtaposition d'une multitude de décisions individuelles indépendantes prises par des personnes qui n'ont pas toutes nécessairement la même vision ni les mêmes intérêts, est que les règles soient définies collectivement, connues et reconnues de tous. En ce sens, Oström ouvre « une troisième voie, entre l'état et le marché », en énonçant :

- que la coordination entre les multiples acteurs impliqués dans un socio-écosystème est au cœur du ou des problèmes environnementaux;
- que la résolution de ces problèmes passe par une amélioration de cette coordination.

Dans cette visée d'engagement collectif des citoyens dans la gestion des biens communs, la participation aux procédures démocratiques fait appel à une citoyenneté scientifique dont les modalités de formation méritent d'être questionnées. Oström ayant mis en évidence l'importance du contexte dans lequel les individus interagissent, c'est sur la scolarisation des contextes de délibérations de QSVE que nous porterons notre regard didactique.

2. La scolarisation des QSVE, apprentissage de la participation

2.1. Vers une citoyenneté scientifique critique et active

La promotion de la citoyenneté active a été affirmée par la stratégie jeunesse 2010-2018 de l'Europe. Pourtant, en 2012, le programme de recherche Éducation à l'éducation au développement durable; appuis et obstacles, soutenue par l'Agence nationale de la recherche française (E2DAO, 2008-2012, Blan-135) a confirmé que les apprentissages en France sous le label EDD renvoient davantage à l'acquisition de gestes éco-citoyens qu'au développement de compétences critiques vis-à-vis du développement durable ou à un engagement démocratique véritablement émancipateur et participatif. En abordant les problématiques qui soumettent l'école à l'épreuve de l'actualité (Legardez & Simonneaux, 2006), la didactique des QSV vise au contraire une alphabétisation scientifique, ou *scientific literacy*, dans le sens d'une éducation à la citoyenneté démocratique (Audigier, 2000). La citoyenneté scientifique est définie par Irwin (1995), comme la possibilité pour les citoyens non spécialistes d'intervenir de manière démocratique sur les développements technoscientifiques. L'approche éducative des QSV se donne pour ambition de réduire les traditionnelles oppositions entre spécialistes et profanes, décideurs politiques et individus ordinaires.

La problématisation, activité collective

En réaction, une vision empirico-inductiviste de la science qui, dans une orientation épistémologiquement réaliste, considère que les modèles scientifiques ou les concepts théoriques se dégagent peu à peu de faits dont on pourrait saisir la réalité exacte et qui seraient eux-mêmes révélés à l'observation sans aucun présupposé, l'épistémologie constructiviste reconnaît les images du réel comme le produit de celui-ci avec l'esprit humain. Le savoir scientifique est ce qui est discuté, ce qui fait problème dans une communauté de chercheurs (Tozzi, 2004). Mais le risque est grand de minimiser artificiellement le rôle des théories dans l'élaboration progressive des savoirs, de donner à l'observation un statut

de neutralité, d'occulter les interactions sociales en jeu dans l'élaboration des modèles explicatifs. C'est pourquoi il est nécessaire de souligner que les théories et modèles scientifiques ne sont pas découverts fortuitement, mais sont construits socialement, et essentiel de rappeler que l'intérêt des modèles explicatifs réside précisément dans les possibilités d'actions qu'ils suggèrent, les expériences nouvelles qu'ils suscitent, le questionnement des paradigmes et des normes qu'ils rendent possible.

Pour Lhoste, Peterfalvi & Orange (2007), c'est dans la relation qu'ils entretiennent avec les problèmes qui les ont fondés que les savoirs scientifiques font sens. Les travaux sur la place didactique de la problématisation reposent sur l'analyse épistémologique de l'activité scientifique (Bachelard, 1949; Canguilhem, 1965; Jacob, 1970; Popper, 1991) en considérant qu'elle ne se borne pas à décrire la réalité ou à énumérer des faits, mais est une tentative d'explication des phénomènes par l'articulation entre deux registres : celui des modèles (les nécessités retenues) et celui, empirique, des faits considérés (Orange, 2006). La problématisation scientifique réside dans l'articulation de ces deux registres, mais les QSVE sont des situations/problèmes complexes qui ne mobilisent pas seulement les savoirs scientifiques. De manière plus vive encore que dans le cas des controverses scientifiques, la nature des éléments à prendre en compte est incertaine et les faits ne sont pas « donnés » : le problème est ouvert, il est entièrement à construire. Il ne s'agit pas de trouver une solution, unique et universelle, au moyen de procédures éprouvées, mais de chercher une issue à une situation dont les multiples facettes ne sont pas catégorisées et restent à identifier. C'est pourquoi la problématisation des QSVE peut être entendue au sens de Rey (2005) comme le mouvement par lequel se déterminent mutuellement les faits à prendre en compte et le modèle qui permet de les interpréter.

La controverse, activité critique

Dans la mesure où chaque éclairage différent de la complexité révèle des interactions particulières dans les socio-écosystèmes et ouvre différentes pistes d'actions, la qualité de la problématisation réside autant dans la clarification des enjeux que dans l'inventaire des problèmes et de la diversité des perspectives à prendre en compte. Elle est favorisée par l'analyse critique des argumentations, y compris de la sienne (Erduran, Simon & Osborne, 2004), rendant possible la pondération des discours et permettant d'accéder à une objectivité de second rang (Latour, 2007) émergeant du croisement des subjectivités.

La nature des savoirs scientifiques étant d'être soumis à la controverse avant d'être stabilisés par un processus collégial d'analyse critique des argumentations, Kolstø (2006) insiste sur l'importance d'une éducation scientifique éclairant ce processus et distinguant les savoirs stabilisés de ceux en cours de construction. Nous considérons avec Jiménez Aleixandre & Puig (2010), la pensée critique comme l'articulation d'une part de l'exercice de la rationalité, qui conduit à rechercher des preuves tangibles en interrogeant des faits établis, et d'autre part de la construction d'une opinion indépendante fondée sur le

questionnement de ses expériences subjectives et du point de vue de son propre groupe social. C'est bien parce que la pratique sociale de référence pour l'élaboration du savoir scientifique est l'argumentation que les débats font l'objet de nombreuses recherches en éducation scientifique depuis plus de trente ans.

Des « opinions raisonnées »

Un raisonnement est d'abord un processus cognitif qui se déroule dans la conscience intra-subjective. Mais parce qu'il s'avère inséparable du langage pour être précisé et partagé, la distinction entre processus interne et externe s'estompe dans l'analyse des transformations des participants aux activités d'apprentissages (Tartas, 2009). Un raisonnement peut ainsi être appréhendé comme un discours qui se construit dans la rencontre des subjectivités. Par la mise à distance qu'il rend possible, il se différencie de l'opinion, saisie immédiate d'un objet de pensée exprimant des a priori non questionnés. Nous pensons que la raison est fondamentalement critique. Elle implique (Bader, Jeziorski & Therriault, 2013) l'habileté à déconstruire des informations pour comprendre comment elles ont été socialement construites. Mais l'exercice de la critique peut dans certaines situations être impacté par les émotions et les affects (Jimenez-Aleixandre, 2006 ; Simonneaux L. & Simonneaux J., 2009b). Ceci est particulièrement le cas avec les questions de rapport au risque, à l'avenir, à l'altérité. Quelle est alors la place à accorder aux opinions ? Cariou (2010) suggère de les reconnaître, en tant que tremplins vers le savoir, « pour bâtir sur elles tout en ébranlant leurs fondements ».

Dans leur recherche d'indicateurs opératoires d'analyse des niveaux de discours d'élèves vivant des moments « d'éducation à », Lange, Trouvé & Victor (2007) explorent le continuum entre opinion et raison en visant le passage de la croyance, de l'opinion commune, de la pensée reçue, à la construction de l'individu dans toutes ses composantes. Ils reconnaissent l'existence de plusieurs formes de rationalité dépendant de domaines scientifiques différents ainsi que des domaines juridiques, éthiques voire religieux. Il ne s'agit alors pas d'opposer le registre de l'opinion à celui de la connaissance rationnelle, mais d'envisager la rectification, sans rupture, de la connaissance première par la raison, en encourageant l'argumentation d'une opinion raisonnée. Reprenant l'analyse de Lavelle (2006), ils estiment que construire « une véritable opinion raisonnée serait d'être capable de convoquer des arguments pluriels (plusieurs dimensions), à la fois pour ou contre, relever les contradictions issues des différents domaines de rationalité, et dépasser ces conflits de rationalité au moyen d'une posture dialogique. ». Dans l'expression de cette opinion raisonnée, peuvent ainsi se trouver mélangés des éléments attribuables à un préjugé, une représentation *a priori*, et des arguments convoquant des références dans des domaines de connaissances identifiables.

Imaginée par  (1994), la démarche d'îlot de rationalité désigne une représentation théorique créée pour pouvoir communiquer et décider dans un contexte précis et en fonction d'un projet particulier. Cette représentation vient répondre à la question : De quoi s'agit-il ? Prenant acte du fait qu'il « n'est guère de problèmes concrets qui puissent être abordés de façon pertinente avec une seule discipline », l'îlot est un modèle multidisciplinaire, fruit de la mise à contribution de différentes expertises. Ainsi, à propos par exemple de l'obligation vaccinale, l'immunologie, la chimie, l'éthique, la sociologie, l'économie etc., et des savoirs issus de la vie quotidienne, contribuent à élaborer le modèle théorique permettant d'appréhender la complexité de la situation.

Étape préliminaire	Préciser le contexte dans lequel l'activité se situe, les projets qui habitent les participants, les destinataires de la représentation à construire, le temps dont le groupe dispose.
Produire un cliché de la situation	<p>Par un remue-méninges, il s'agit d'identifier ce dont les participants tiennent compte spontanément (les représentations non-critiques, les perceptions premières) en leur permettant de présenter leur point de vue sur ce qui fait l'objet du questionnement.</p> <p>À travers les métaphores et les images que les participants utilisent, le « cliché » permet au groupe d'identifier à la fois les représentations spontanées et les préjugés (ce que l'on sait et ce que l'on croit) que les participants ont à propos de la notion, de la situation, de la controverse.</p>
Établir le panorama spontané	<p>Il s'agit ensuite d'organiser la spontanéité du cliché et d'examiner plus systématiquement de quoi il retourne, afin d'opérer des choix qui orientent la construction de l'îlot.</p> <p>Le raisonnement reste « spontané » dans la mesure où il n'y a pas intervention de spécialiste. Mais il dépasse le cliché dans la mesure où une grille de lecture est appliquée. Celle-ci permet de lister ce dont il pourrait être tenu compte : les acteurs, les normes et conditions, les enjeux, tensions et controverses, les « boîtes noires » à propos desquelles une recherche est à développer, les spécialistes et ressources qui pourraient être consultés.</p>
Procéder aux investigations	<p>Afin de dépasser ce que les participants connaissent, et pour percevoir concrètement des éléments clés de la situation, il est nécessaire de « descendre sur le terrain » et de rencontrer des acteurs.</p> <p>L'ouverture de « boîtes noires » peut se faire par le biais d'une enquête, de tests de laboratoire ou de terrain, de consultations de spécialistes et/ou d'expertises publiées. C'est dans cette phase que se développe la dimension interdisciplinaire de la démarche.</p> <p>Elle implique à la fois une ouverture du groupe vers des dimensions parfois nouvelles proposées par les ressources et les spécialistes, et le maintien d'une focalisation sur le projet initial à réaliser dans le temps imparti.</p>

Élaborer une représentation complexe	La synthèse finale permet de mettre un terme à l'investigation. Comme toute démarche de connaissance, elle doit être clôturée en admettant le maintien de zones d'ombres. La démarche aboutit toutefois à la construction d'une représentation partagée, qui implique, sinon un compromis, au moins que des points de vue divers soient conciliés.
--------------------------------------	--

Source : « Se représenter et mettre en œuvre l'interdisciplinarité à l'école » (Fourez, 1998)

Dans les lignes qui suivent, nous présenterons des dispositifs visant à renforcer la capacité des élèves à opposer une réflexion personnelle aux modèles explicatifs qui leur sont proposés, à soumettre la recherche scientifique à l'examen démocratique de ses ressources, de ses actions et de ses retombées.

2.2. Co-construire des îlots de rationalités

Pour Hasni (2010), la double question de la contextualisation des savoirs et de la scolarisation des contextes est au cœur de l'éducation à l'environnement. Avec les QSV, elle est d'autant plus sensible.

Une approche interdisciplinaire contextualisée

Pour aborder cette double question, nous nous référons aux analyses de Fourez (1994, 1997, 1998), qui nomment « îlot de rationalité » la mise en cohérence des savoirs particuliers dans une représentation globale de la situation, dont la caractéristique principale est d'être explicitement reliée à un contexte et à un projet. Constatant à quel point le cloisonnement disciplinaire peut s'accompagner d'une perte de sens des savoirs, Fourez (1994) dénonce le risque technocratique de naturalisation des questions de société à l'intérieur des disciplines scolaires. Le scénario alternatif qu'il propose (voir encart précédent) permet d'aborder la complexité d'une situation spécifique (par exemple le traitement d'une personne diabétique) en prenant en compte à la fois les éléments communs à une classe de situation (le traitement du diabète) et les particularités du contexte (le traitement de cette personne). En tant qu'îlot de « connaissances à propos d'une situation précise, émergeant au milieu d'un océan d'ignorance » (Fourez *et al.*, 1994), il est œuvre de raison permettant de dépasser les opinions premières parce qu'il est construit par la discussion. En tant que processus d'apprentissage, il vise à intégrer les représentations des personnes apprenant et les points de vue des différents acteurs impliqués directement dans la situation. Il constitue « une construction théorique parfois aussi élaborée que des concepts scientifiques disciplinaires, mais qui relève des sciences de terrain ou de la théorisation technologique » (Fourez, 1997). Il est interdisciplinaire car il ne se réfère pas aux seules normes d'un paradigme disciplinaire standardisé, et met à contribution différentes disciplines et expertises. Mais il n'existe qu'à partir du moment où les participants se sont mis suffisamment d'accord sur ce dont ils parlent. Autrement dit, par construction, un îlot de rationalité est en permanence reconfiguré par les participants à son élaboration.  dispositif nous intéresse du point de vue didactique en tant que dispositif pour organiser

une problématisation collégiale. Il opérationnalise en effet le croisement des subjectivités dont nous avons montré plus haut la nécessité. Pour cette raison nous choisissons de parler d'îlot de rationalités en mettant au pluriel ce dernier terme.

Variantes et orchestrations didactiques

Les débats nous intéressent particulièrement ici, autant par leur contribution à l'appréhension de la complexité des QSVE que par leur rôle dans la problématisation des controverses. L'enjeu éducatif étant de préparer les élèves aux prises de décisions sur les questions de société liées aux implications des technosciences, il faut penser des situations d'enseignement-apprentissage qui les confrontent effectivement à de telles questions et les outillent pour leur traitement. L'approche par les débats est celle qui vient spontanément à l'esprit, car elle met en perspective la multiplicité des formes de savoirs mobilisés dans l'activité scientifique et car elle crée les conditions permettant aux élèves de s'initier à la politique des technosciences afin qu'ils se sentent concernés et participent de plain-pied à son orientation (Larochelle & Désautels, 2006). Tutiaux-Guillon & Considère (2010) observent pourtant, dans les circulaires de l'Éducation nationale française de 2004 et 2007 à propos de l'Éducation au développement durable, que les débats y sont cités en tant que pratiques scolaires motivantes et non pratiques de démocratie. Le questionnement épistémologique est constitutif de la problématique de l'expertise (cf. § 1.1), mais il n'est hélas pas automatiquement observé dans les débats. Il l'est d'autant moins lorsque la situation didactique est du type « jeu de rôle » en prenant appui sur des positions différentes attribuées à des participants à qui l'on fournit des données différentes ; les participants sont conduits à mobiliser davantage de stratégies fallacieuses (Simonneaux, 2001, 2003). Il s'agit pourtant d'émanciper les personnes, de les rendre capables de comprendre et de critiquer les savoirs pour éclairer les options possibles des situations complexes qui modèlent leur monde actuel et déterminent leur monde futur⁷. Les recherches en didactique des QSV approchent plutôt les débats scolaires comme des espaces dialogiques visant moins à « animer » le groupe qu'à interpellier des certitudes et à développer le jugement réflexif (King & Kitchener, 1994 ; Toussaint & Lavergne, 2005). C'est pourquoi Simonneaux, Simonneaux et Chouchane (2014) se sont penchés sur la mise en place de séries de « jeux didactiques » susceptibles d'interroger la tangibilité (au sens de Chateaufort, 2004) des preuves. L'objet de ce travail a été d'organiser une succession de dérangements épistémiques en confrontant des élèves/étudiants/enseignants à des résultats scientifiques considérés comme fiables mais néanmoins contradictoires, et par conséquent susceptibles de conduire les apprenants à interroger les méthodologies et les indicateurs utilisés par les études avancées⁸. L'analyse de cette expérimentation a montré que de tels jeux didactiques enrichissent les analyses

.....

7. C'est l'orientation qui est désormais affichée en 2015 en France, d'après l'annexe 4 de la circulaire n° 2015-018 du 4-2-2015 promouvant des débats : « à la fois civiques et scientifiques sur les enjeux du changement climatique » qui « pourront porter, entre autres, sur ses causes, ses effets et sur les actions nécessaires pour que les citoyens et les futurs citoyens puissent agir, de façon aussi bien individuelle que collective ».

8. Dans ces exemples, sur une thérapie génique et sur la relation production alimentaire-environnement

critiques des productions de la recherche par les participants. Parce que ceux-ci adhèrent aux conclusions intermédiaires, ils ne substituent pas de jeux rhétoriques aux réflexions épistémiques. Parce que ces conclusions successives sont contradictoires, ils sont conduits à la fois à se détacher des dogmes et à reconsidérer leur manière de problématiser les savoirs en jeux. Ainsi, l'intensité de l'argumentation et le nombre de justifications ont augmenté au fil des situations.

Nous estimons avec Tozzi (2004), que la discussion commence où s'arrête le dogme, car elle présuppose d'ouvrir les champs du questionnable, du problématique, du vraisemblable, du possible et du probable, donc de l'incertain. En mettant plus l'accent sur la tangibilité de la preuve plus que sur la cohérence des procédés rhétoriques, la didactique des QSV se concentre davantage sur l'aspect controversé que polémique de ces questions. La mise en place de débats inspirés des forums hybrides⁹ (Callon, Lascoumes & Barthe, 2001) contribue alors à l'exploration de la complexité, par l'inventaire des groupes concernés, de leurs intérêts et de leurs identités, des connexions possibles entre les problèmes en discussion, des options envisageables. Ainsi, une telle mise en débat trouve sa place au moins deux fois dans le scénario des îlots de rationalités: au moment du « panorama spontané », au moment de la « représentation complexe » finale. Lors du « panorama spontané », le débat n'a pas la fonction de régler le problème, mais bien au contraire de le poser. Il est une activité de problématisation au sens de Rey (2005), car il donne l'opportunité à chacun d'exprimer sa façon d'appréhender les éléments de la situation et d'en rapporter la représentation qu'il s'en fait, avec pour objectif partagé de déterminer les aspects que le collectif souhaite approfondir. Durant l'ensemble du processus d'enquête, la confrontation d'arguments permet d'aborder les interrogations sociales et idéologiques sans apporter une réponse unique mais au contraire en confrontant les différents choix possibles aux valeurs de chacun. Un temps formalisé de débat est néanmoins nécessaire à la représentation complexe finale de l'îlot de rationalités. Il constitue la phase finale de négociation des principes organisateurs du groupe (par référence au modèle socio-dynamique de Doise, 1990), en établissant non pas un consensus des points de vue, mais l'accord sur les questions autour desquelles s'organisent ces points de vue. Une des difficultés à dépasser avec les QSV est en effet celle de l'approche manichéenne qui oppose pro et anti, défenseurs et opposants, en omettant d'identifier les multiples controverses ouvertes par les QSV. Oulton, Dillon & Grace (2004) soulignent l'importance d'explicitier que les groupes fondent leurs points de vue sur différentes informations ou en interprétant différemment la même information, et que ces interprétations différentes peuvent exister parce que les individus adhèrent à différents systèmes de valeurs.

Pour s'extraire temporairement du pour/contre, considérer des interprétations multiples, déconstruire les informations pour comprendre comment elles ont été socialement

9. Selon les travaux de Callon, Lascoumes & Barthe, 2001, les *forums hybrides* constituent des espaces dialogiques qui visent moins à établir la vérité des faits qu'à la rendre intelligible.

construites, en évitant les réponses simplificatrices mono-causales, la cartographie des controverses pourrait prendre place dans chacune des étapes du scénario de Fourez. Cette approche, imaginée pour étudier les rapports entre science et société en analysant les controverses scientifiques dans le paysage médiatique, a été imaginée et développée à l'école des Mines par Bruno Latour puis reprise dans les Instituts d'études politiques et dans diverses universités européennes et américaines (Venturini, 2010). Elle permet aux apprenants de découvrir les positions et les arguments des acteurs en présence, et de « naviguer dans l'univers des débats technoscientifiques par l'utilisation créative d'outils numériques d'analyse et de représentation »¹⁰. Hervé (2014) rend compte de l'adaptation à l'enseignement secondaire de cet exercice universitaire. Il observe effectivement une tendance spontanée à la « binarisation » (pro/anti) des cartographies, mais également que cette catégorisation apparaît appauvrissante aux élèves qui lui superposent alors des catégories nouvelles. Bien que les cartographies analysées représentent assez peu la complexité des liens – les catégories étant faiblement connectées – la circulation de mêmes informations dans les différentes catégories imaginées indique toutefois une reconnaissance par les élèves des éclairages particuliers pris par ces informations dans les différentes catégories. Il ressort de cette étude que l'activité de cartographie peut constituer une approche scolaire de la complexité susceptible d'enrichir et de compléter le travail sur l'argumentation et la prise de décision. C'est alors dans les phases de construction du « cliché », puis du « panorama » des îlots de rationalité qu'elle semble le plus pertinente. À l'étape du « cliché », elle peut être une spatialisation partagée des représentations que se font les participants des controverses envisagées¹¹, à l'étape du « panorama », elle peut alors être reconfigurée en prenant appui cette fois non sur des représentations mais sur des discours authentiques issus d'un corpus de publications d'acteurs des controverses¹².

Les activités de mise en débat et de cartographies des controverses sont ainsi à envisager plusieurs fois chacune dans la construction des îlots de rationalités, en tant que mises au point et clarifications collectives jalonnant des phases de déstabilisation. Pour suivre l'évolution des raisonnements déployés au cours de ces processus, nous prenons appui sur un modèle intégrant les opérations des raisonnements socio-scientifiques (Sadler, Barab & Scott, 2007 ; Simonneaux & Simonneaux, 2009a), avec le gradient de qualité des argumentations et l'influence des identités (Simonneaux & Simonneaux, 2009b ; Grace, 2009 ; Morin & Simonneaux, 2010). Le modèle est organisé autour de six dimensions pour chacune desquelles nous avons défini des indicateurs de niveaux d'approfondissements (cf. figure 2), allant du niveau 1 où la « bonne » réponse – considérée unique – est recherchée, au niveau 4 où le savoir est perçu comme complexe, pluriel, contingent, contextualisé, où

10. <https://medialab.sciencespo.fr/fr/projets/teaching-controversy-mapping>, consulté le 7 mai 2018

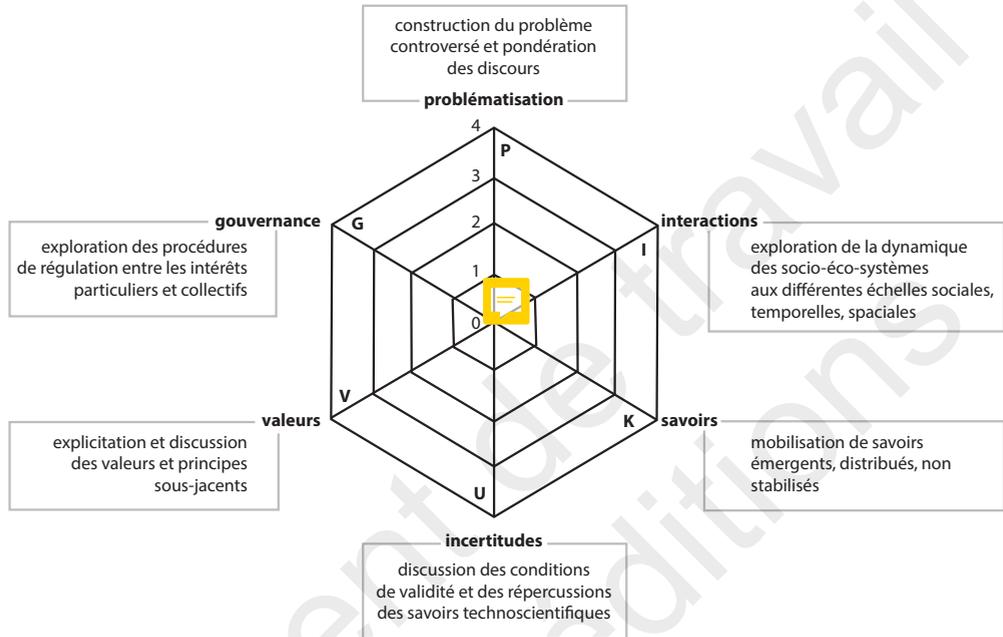
11. Pour un exemple de fiche méthodologique : <http://www.pole-ese-ara.org/ind/m.asp>

12. Pour un exemple de fiche méthodologique :

www.grainelr.org/oser/pdfReader/web/viewer_turn.php?file=../img/OSER_P3C1F3_ConstruireCarteControverse.pdf

il est reconnu que différentes positions peuvent être justifiées en fonction de valeurs, que les intérêts doivent être gérés dans un processus démocratique négocié.

Figure 2 : Un modèle pour analyser des raisonnements socio-scientifiques



D'après : Morin, 2014

Afin de recueillir des éléments sur les niveaux supérieurs d'approfondissements des raisonnements, nous avons travaillé avec des étudiants en second cycle universitaire. Nous avons observé une influence marquée des parcours universitaires sur les postures adoptées dans les débats (Morin & Simonneaux, 2010 *ibid.*)¹³, comme sur les choix de principes organisateurs lors de la production d'écrits collaboratifs (Morin & Simonneaux, 2013). Jelmam (2010) ayant établi qu'en communiquant en ligne *via* des forums les apprenants se comportent en faisant référence aux situations d'apprentissages présentiels et présentent des profils comportementaux comparables à ceux adoptés dans un groupe classique, nous avons organisé des échanges à distance entre des groupes d'étudiants d'horizons distincts. Nos analyses ont porté sur les productions de groupes d'étudiants en 4^e année universitaire se destinant à l'enseignement des sciences de l'environnement (Deakin University de Melbourne), de sciences de la vie et de la terre (université Claude Bernard-Lyon 1), d'agronomie, de sciences économiques ou d'éducation socioculturelle (ENSFEA de Toulouse). Nous leur avons demandé d'écrire, puis de réécrire un texte collectif

.....
13. Les étudiants se destinant à l'enseignement, mis en situation de débattre sur une QSVE, privilégient tantôt le doute épistémologique au détriment de la critique des enjeux sociaux et politiques – posture observée chez les étudiants en sciences de l'environnement – tantôt l'approche sociétale sans remettre en question l'autorité des scientifiques dont les discours sont perçus comme des vérités par les « non-spécialistes » de ces disciplines.

sur une plateforme collaborative (*Spiral Connect* de Lyon 1, *Univert* – support *Moodle* – de l'ENSFEA). Chaque écrit collaboratif a ainsi été rédigé en deux versions, dont nous avons analysé le niveau d'approfondissement. L'évolution des raisonnements entre ces deux versions a été étudiée dans deux cas de figure : soit les deux groupes partenaires partagent clairement un arrière-plan culturel et une appartenance sociale (ils sont issus de la même filière universitaire), soit l'échange est interculturel. Nous observons que les échanges entre groupes partageant un même arrière-plan culturel ont été plus souvent sur le mode de l'évaluation mutuelle que de la collaboration, et n'ont que dans de rares cas permis d'approfondir les raisonnements collectifs. En revanche, les confrontations interculturelles ont nettement favorisé les approfondissements des raisonnements de chaque groupe, qui atteignent le niveau 4 dans presque toutes les dimensions analysées (Morin *et al.*, 2014). Il ressort de ces recherches la forte valeur ajoutée de dérangements socio-épistémologiques dans la construction des îlots de rationalités. C'est pourquoi nous envisageons l'ingénierie didactique d'explorations des QSV en termes d'orchestration d'explorations collectives. Il s'agit alors de penser l'enquête comme un ensemble de séquences alternant des phases exploratoires permettant l'adoption de principes organisateurs favorisant les approches intégrées, avec des dérangements socio-épistémologiques causés par la confrontation aux productions de groupes distincts réalisant leur propre enquête sur la même QSV.

Conclusion

La nécessité d'aborder les défis environnementaux dans le cadre scolaire est un enjeu contemporain dont s'emparent les systèmes éducatifs de tous les pays. Nous avons souhaité dans ces quelques lignes souligner à quel point l'épistémologie des savoirs en jeu ne peut conduire qu'à en envisager une approche non-dogmatique. Au-delà de la sensibilisation aux urgences écologiques et de la préconisation de pratiques vertueuses, les travaux de recherche en didactique incitent à inscrire dans des démarches d'enquête articulées à des éclairages disciplinaires. En effet, chaque QSVE correspond à plusieurs controverses, et c'est la raison pour laquelle la manière dont les participants à de telles enquêtes problématisent les questions est au cœur des préoccupations.

En déterminant à la fois les faits à prendre en compte et les modèles qui permettent de les interpréter, les collectifs d'enquête éclairent ces controverses, mais ils en laissent aussi des pans entiers dans l'ombre. Il nous semble incontournable d'en prendre acte, et de concevoir par conséquent des dispositifs et séquences pédagogiques qui donnent aux apprenants les opportunités de revenir plusieurs fois sur leur manière de problématiser leur enquête. Cela implique des scénarii récursifs d'élaboration d'îlots de rationalités (au pluriel), au cours desquels la multiplication des parties prenantes conduit à considérer des faits et des valeurs sous des angles nouveaux, à reconfigurer les modèles explicatifs qu'ils adoptent.

Les équipes d'enseignants et leurs partenaires se trouvent alors face à la nécessité d'orchestrer les activités des élèves pour construire avec eux des enquêtes à la fois ouvertes et rigoureuses, développant la critique sans sombrer dans le relativisme. Ils ont pour cela besoin d'une diversité de dispositifs et d'un canevas d'ensemble. L'approche interdisciplinaire et contextualisée des îlots de rationalités est un canevas dont nous avons voulu mettre en lumière la pertinence épistémologique. La mise en place de débats sur le modèle des forum hybrides  cartographies de controverses, de dérangements socio-épistémologiques liés à des rencontres interculturelles constituent trois modalités complémentaires dont nous avons souhaité  porter l'examen des places et rôles possibles dans les orchestrations didactiques.

Bibliographie

- AUBERT S. *et al.*, Une contribution de la recherche impliquée au développement durable, in ÉTIENNE M., *La modélisation d'accompagnement: une démarche d'appui au développement durable*, Quæ, 2010
- AUDIGIER F., *Concepts de base et compétences clés pour une éducation à la citoyenneté démocratique*, Conseil de l'Europe, Conseil de la coopération culturelle, 2000
- BADER B., JEZIORSKI A., THERRIAULT G., Conception des sciences et d'un agir responsable des élèves face aux changements climatiques, *Les dossiers des Sciences de l'Éducation*, n° 29, 2013
- BARNAUD G., LEFEUVRE J.-C., L'écologie, avec ou sans l'homme?, in JOLLIVET M., *Sciences de la nature, sciences de la société: les passeurs de frontières*, CNRS éditions, 1992
- BENNETT E.M., PETERSON G.D., GORDON L.J., Understanding relationships among multiple ecosystem services, *Ecology Letters*, vol. 12, n° 12, 2009
- BERKES F., COLDING J., FOLKE C., *Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge University Press, 2003
- BLANDIN P., LAMOTTE M., Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages; la notion d'écocomplexe, *Bulletin écologique*, tome 19, n° 4, 1988
- BLONDEL J., BOURLIÈRE F., La niche écologique, mythe ou réalité?, *Terre Vie Revue Écologie*, vol. 33, 1979
- BOKOVA I., *Repenser l'Éducation. Vers un bien commun mondial?*, Éditions Unesco, 2015
- BUREL F., BAUDRY J., *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, Lavoisier, 1999
- CALLON M., Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, *L'Année sociologique*, vol. 36, 1986
- CALLON M., LASCUMES P., BARTHE Y., *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Le Seuil, 2001
- CANGUILHEM G., *La connaissance de la vie*, Librairie Philosophique Vrin, 1965
- CARIOU J.-Y., Les opinions vulnérables, tremplin vers le savoir, *RDST*, n°1, 2010

- CHATEAUREYNAUD F., L'épreuve du tangible. Expériences de l'enquête et surgissements de la preuve, in KARSENTI B., QUÉRÉ L., *La croyance et l'enquête. Aux sources du pragmatisme*, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 2005
- COUVET D., TEYSSÈDRE-COUVET A., *Écologie et biodiversité. Des populations au socio-écosystèmes*, Belin, 2010
- DOISE W., Les représentations sociales, in GHIGLIONE R., BONNET C., GIRARD J.-F., *Traité de psychologie cognitive. Cognition, représentation*, Dunod, 1990
- DROUIN J.-M., La naissance du concept d'écosystème, *Aster*, n° 3, 1987
- ELTON C., *Animal ecology*, New York, Macmillan Co, 1927
- ERDURAN S., SIMON S., OSBORNE J., TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse, *Science Education*, vol. 88, 2004
- FOLKE C. et al., Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations, *Ambio*, vol. 31, n° 5, 2002
- FORMAN R.T., GODRON M., *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons, 1986
- FOUREZ G., Qu'entend-on par « îlot de rationalité » et par « îlot interdisciplinaire de rationalité » ?, *Aster*, n° 25, 1997
- FOUREZ G., Se représenter et mettre en œuvre l'interdisciplinarité à l'école, *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 24, n° 1, 1998
- FOUREZ G. et al., *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, De Boeck Supérieur, 1994
- FUNTOWICZ S.O., RAVETZ J., Science for the post-normal age, *Futures*, vol. 25, n° 7, 1993
- GOFFIN L., L'environnement comme éco-socio-système, in LORIAUX M., *Populations et développements: une approche globale et systémique*, L'Harmattan, 1998
- GRACE M., Developing High Quality Decision-Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting, *International Journal of Science Education*, vol. 31, n° 4, 2009
- GRINNELL J., The Niche-Relationships of the California Thrasher, *The Auk*, vol. 34, n° 4, 1917
- GRUMBINE R.E., What is ecosystem management?, *Conservation Biology*, vol. 8, n° 1, 1994
- GUNDERSON L.H., ALLEN C.R., HOLLING, C.S., *Foundations of Ecological Resilience*, Island Press, 2010
- HARDIN G., The tragedy of the common, *Science*, vol. 62, n° 3859, 1968
- HASNI A., L'éducation à l'environnement et l'interdisciplinarité: de la contextualisation des savoirs à la scolarisation du contexte? in HASNI A., LEBEAUME J., *Nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique: visées, contenus, compétences et pratiques*, Presses de l'Université d'Ottawa, 2010
- HERVÉ N., Cartographier des controverses pour apprendre la complexité des technosciences: l'étude des gaz de schistes en lycée agricole, *Revue francophone du développement durable*, 2014
- HUTCHINSON G.E., Concluding remarks, *The Cold Spring Harbor Symposia on quantitative Biology*, vol. 52, 1958
- IRWIN A., *Citizen Science. A study of people, expertise and sustainable development*, Routledge, 1995

JACOB F., *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Gallimard, 1970

JELMAM Y., Travail collaboratif et interactions dans les forums de discussion fermés. Cas d'élèves ingénieurs tunisiens, *Questions Vives*, vol.7, n° 14, 2010

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P., PUIG B., Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking, in FRASER B.J., TOBIN K., MCROBBIE J.C., *Second International Handbook for Science Education (vol. 2)*, Springer, 2012

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P., Les personnes peuvent-elles agir sur la réalité? La théorie critique et la marée noire du Prestige, in LEGARDEZ A., SIMONNEAUX L. (dir.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, ESF, 2006

KING P.M., KITCHENER K.S., *Developing Reflective Judgment: Understanding and Promoting Intellectual Growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*, Jossey-Bass Publishers, 1994

KOLSTØ S.D., Patterns in Students'Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue, *International Journal of Science Education*, vol. 28, n° 14, 2006

KUHN T.S., *The Structure of the Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1962

LANGE J.-M., TROUVÉ A., VICTOR P., *Expression d'une opinion raisonnée dans les éducation à... : quels indicateurs ?*, Actes du congrès international de l'Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation, Strasbourg, 2007

LAROCHELLE M., DÉSAUTELS J., L'éducation aux sciences et le croisement des expertises, in LEGARDEZ A., SIMONNEAUX L., *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, ESF, 2006

LATOUR B., La cartographie des controverses, *Technology Review*, n° 0, 2007

LEGARDEZ A., SIMONNEAUX L., *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, ESF, 2006

LÉVÊQUE C. et al., L'anthroposystème: entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieus, in LÉVÊQUE C., VAN DER LEUW S., *Quelles natures voulons-nous? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Elsevier Masson, 2003

LHOSTE Y., PETERFALVI B., ORANGE C., *Problématisation et construction de savoirs en SVT: quelques questions théoriques et méthodologiques*, Actes du congrès international de l'Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation, Strasbourg, 2007

LICOPPE C., *La formation de la pratique scientifique. Le discours de l'expérience en France et en Angleterre (1630-1820)*, La Découverte, 1976

MATHEVET R., *La solidarité écologique. Ce lien qui nous oblige*, Actes Sud, 2012

MORIN O., SIMONNEAUX L., *Caractérisation de raisonnements socio-scientifiques dans une perspective d'éducation au durable*, congrès Actualité de la Recherche en Éducation et Formation, Genève, 2010

MORIN O., SIMONNEAUX L., SIMONNEAUX J., *Participations à l'expertise collective d'une question environnementale socialement vive; apports et limites de divers dispositifs en formation d'enseignants de sciences*, Actes des VII^e rencontres scientifiques de l'association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies, Bordeaux, 2012

MORIN O., SIMONNEAUX L., SIMONNEAUX J., Forum et wiki, des environnements collaboratifs pour éduquer au développement durable, *Penser l'éducation*, hors-série, 2013

MORIN O. et al., Developing and Using an S³R Model to Analyze Reasoning in Web-Based

Cross-National Exchanges on Sustainability, *Science Education*, vol. 98, n° 3, 2014

ORANGE C., Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences de la vie et de la terre, in Fabre M., Vellas É., Situations de formation et problématisation, De Boeck Supérieur, 2006

OSTROM E., A General Framework for Analysing Sustainability of Social-Ecological Systems, *Science*, vol. 325, n° 5939, 2009

OSTROM E., ELOI L., Par-delà les marchés et les États. la gouvernance polycentrique des systèmes économiques complexes, *Revue de l'OFCE*, n° 120, 2012

OULTON C., DILLON J., GRACE M., Reconceptualising the Teaching of Controversial issues, *International Journal of Science Education*, vol. 26, n° 4, 2004

PHILLIPS J., Succession, Development, the Climax and the Complex Organism: An Analysis of Concepts, *Journal of Ecology*, vol. 23, n° 2, 1935

POPPER K.R., *La connaissance objective*, Aubier, 1991

REY B., Peut-on enseigner la problématisation ?, *Recherche et formation*, n° 48, 2005

SADLER T.D., BARAB S.A., SCOTT B., What do students gain by engaging in socioscientific inquiry ?, *Research in Science Education*, vol. 37, n° 4, 2007

SIMONNEAUX L., Role-play or debate to promote students'argumentation and justification on an issue in animal transgenesis, *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, 2001

SIMONNEAUX L., L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée, *Aster*, n° 37, 2003

SIMONNEAUX L., SIMONNEAUX J., Students'socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development, *Cultural Studies of Science Education*, vol. 4, n° 3, 2009a

SIMONNEAUX L., SIMONNEAUX J., Socio-scientific reasoning influenced by identities, *Cultural Studies of Science Education*, vol. 4, n° 3, 2009b

SIMONNEAUX L., SIMONNEAUX J., CHOUGHANE H., Le traitement des questions socialement vives en classe: des débats aux dérangements épistémologiques programmés, in MARCEL J.-F. et OLYR P. (coord.), *Recherches en éducation. Pratiques et apprentissages professionnels*, Educagri éditions, 2015

TANSLEY A.G., The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms, *Ecology*, vol. 16, n° 3, 1935

TARTAS V., *Comment les enfants entrent dans la culture scientifique? Interactions sociales, artefacts et construction de concepts en astronomie*, Colloque international Psychologie du développement, Sémiotique et Culture (PsyDeSC), Lausanne, 2009

TOUSSAINT R.M.J., LAVERGNE M.-H., Problèmes complexes flos en environnement et pensée réflexive d'élèves du secondaire, *Aster*, n° 40, 2005

TOZZI M., Débat scolaire: les enjeux anthropologiques d'une didactisation, *Tréma*, n° 23, 2004

TUTIAUX-GUILLON N., CONSIDÈRE S., L'éducation au développement durable: entre injonctions ministérielles et obstacles didactiques, *Revue suisse des sciences de l'éducation*, vol. 32, n° 2, 2010

VENTURINI T., Diving in magma: How to explore controversies with actor-network theory, *Public Understanding of Science*, vol. 19, n° 3, 2010

WHITTAKER R.H., LEVIN S.A., ROOT R.B., Niche, Habitat and Ecotope, *The American Naturalist*, vol. 107, n° 955, 1973