



HAL
open science

La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique

Olivier Morin

► **To cite this version:**

Olivier Morin. La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste., 2018. hal-01974925

HAL Id: hal-01974925

<https://hal.science/hal-01974925>

Submitted on 9 Jan 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.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique

Olivier MORIN

Une éducation à l'esprit scientifique équilibrée par des apports épistémologiques et éthiques peut-elle contribuer à sa manière à réduire les inégalités dans la formation des citoyens de demain et dans la mise en œuvre d'un projet de société ? Dans une première partie de notre contribution au présent ouvrage collectif, nous interrogerons la place des valeurs dans la construction de la pensée écologique de la fin du XX siècle et la nature épistémologique des problématiques dont s'empare l'écologie du XXIème siècle. Nous proposerons dans une seconde partie des pistes didactiques pour une scolarisation des questions environnementales reconnaissant l'exigence de justice environnementale au cœur des défis contemporains.

1. Les interactions entre systèmes « naturels » et systèmes sociaux, objets d'étude de l'écologie contemporaine

L'écologie de la fin du XXIème siècle a été marquée par le passage d'approches multidisciplinaires (sciences biologiques, géologiques, modélisations mathématiques, géographie physique, géographie humaine) et multi-scalaires à celles, plus ambitieuses encore en termes d'intégration, de *Ecosystem Management* (Grumbine, 1994). Les investigations sont alors situées à l'échelle des « *anthropo-systèmes* », que (Lévêque & al., 2003) définissent comme « *un système interactif entre deux systèmes constitués par un (ou des) sociosystème(s) et un (ou 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) et de socioécosystèmes (Berkes, Colding, & Folke, 2003) pose 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. Elle repose en particulier sur l'analyse de Folke et al. (2002) qui ont dénoncé deux erreurs fondamentales en matière de politique environnementale : la première est de penser que les réponses des écosystèmes aux actions humaines sont linéaires, prévisibles et contrôlables, la seconde est de

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

penser que les systèmes naturels et humains peuvent être traités séparément. Depuis, la manière d'appréhender les questions environnementales est moins de comprendre le déterminisme du maintien d'un unique état d'équilibre, que de considérer les passages stochastiques dans l'espace et le temps de l'un à l'autre des multiples états du système rendus possibles par les boucles de rétroactions (Gunderson, Allen, & Holling, 2010). Il s'agit alors de penser la résilience de systèmes dynamiques en interactions, la propriété à sauvegarder étant la capacité d'adaptation des socio-écosystèmes aux changements (Couvet & Teysnière Couvet, 2010).

Dans ce contexte de renouvellement des problématiques qui pose les questions environnementales en termes de services écosystémiques en interactions (Bennett, Peterson, & Gordon, 2009), la dimension politique de l'écologie est de plus en plus prégnante. Elle appelle l'articulation de savoirs socioscientifiques et l'explicitation des divergences de points de vues, d'intérêts et de valeurs des acteurs, double exigence épistémologique qui ravive la question de la frontière entre science et non-science en écologie.

1.1 Science et non-science en écologie

Les années 70 ont été marquées dans le monde occidental par la montée d'une critique fondamentale de la société de consommation, du productivisme et de la société industrielle. Divers mouvements (Burgellin, 1985) se rencontrent en un ensemble hétérogène mais véhiculant un discours dont la grande audience reflète l'apparition d'une prise de conscience environnementale de la société. En France, l'écologie en tant que discours et projet politique émerge après les trente glorieuses et sur fond de « crise environnementale » (Larrère & Larrère, 1997). Face à la montée en puissance médiatique, les scientifiques des années quatre-vingt ont été conduits à se dénommer écologues¹ pour bien se distinguer de l'écologisme des militants qui utilisent les résultats de l'écologie scientifique dans le domaine de la gestion de la société (Barnaud & Lefeuvre, 1992).

La manière de penser l'environnement, comme un objet d'étude ou comme un projet collectif, ouvre dans les années 80 un débat qui n'est

¹ "Écologue" est introduit dans le Grand dictionnaire encyclopédique Larousse de 1983 (Matagne, 2003)(p. 31)

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

toujours pas clos sur la nature et la fonction des savoirs produits par l'écologie. Ainsi, pour Lévêque (2013), l'écologie est d'abord une science de terrain et d'observation ayant pour objectif de décrire les lois universelles du fonctionnement des écosystèmes, elle doit s'affranchir des idéologies sous peine d'être dévoyée. Blondel (2004) montre par exemple à cet égard que les responsables de la création et de la gestion d'espaces protégés se sont emparés du modèle fondamental de la niche écologique comme moyen d'asseoir une stratégie efficace de protection de la nature. Lévêque dénonce l'instrumentalisation des concepts écologiques, en particulier par les tenants de « l'écologie profonde » (*deep ecology*) qui mobilisent selon lui de manière normative des approches dépassées comme celle de l'état de référence d'un écosystème en équilibre stationnaire, pour cautionner leurs projets de préservation d'une « nature sauvage ». Sa prise de position pour une écologie laissant le politique de côté cherche à transcender ce qui est particulier à chaque société en se limitant à l'objectivité des résultats sans emprunter aux jugements de valeur, pour surplomber la mosaïque des choix sociaux.

Bien évidemment, on est en droit d'attendre des conclusions de travaux des écologues qu'elles soient indépendantes de leurs opinions. L'influence de l'époque et de l'environnement culturel des scientifiques sur leurs publications ne peut pourtant pas être ignorée. Lorsqu'il repris en 1926 avec le succès que l'on connaît le concept de biosphère², Vernadski a délibérément choisi (il l'écrit en 1945) une approche de géochimiste et non de biologiste. Il s'est écarté du concept de vie pour utiliser celui de la *matière* vivante dans son lien avec la structure de l'écorce terrestre. La scientificité de la démarche n'est pas remise en question, elle est au contraire renforcée par l'affirmation assumée de l'adoption consciente d'un point de vue. Un autre exemple, le choix de Tansley d'adopter en 1935 une approche systémique pour comprendre l'affaiblissement de la production agricole américaine des années 30, illustre l'intrication entre contexte socio-économique et construction d'un concept scientifique. Les études de Tansley le conduisant à conceptualiser un *écosystème* se sont déployées dans un contexte de crise sociale et politique des années 1930 aux Etats Unis qui a participé à l'émergence du concept. C'est en examinant les causes du « Dust Bowl » suite à la sécheresse des années 1930 ayant conduit au déplacement de

² Le terme biosphère est apparu au XIX^e siècle en biologie avec Lamarck et en géologie avec Suess

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

familles et à l'affaiblissement de la production agricole qu'il a opté pour l'approche systémique (Masutti, 2012). Ce choix lui a permis de mettre en évidence l'amplification des effets de la sécheresse par l'altération du couvert végétal et des sols due aux activités agricoles. Reconnaître l'existence d'interactions entre Sciences, Technologies et Sociétés permet un regard critique sur la pertinence et la validité des concepts mobilisés dans des contextes qui peuvent être différents de ceux de leur émergence. Ainsi, bien que Tansley ait souligné la nécessité de ne pas exclure l'intervention humaine de l'étude des écosystèmes, la méthode qui fut longtemps privilégiée par les écologues a été celle de l'isolement de la composante « naturaliste » des écosystèmes. Ce réductionnisme - l'exclusion par commodité (Lévêque, 2001, p. 33) - s'explique par le souci d'efficacité des approches écologistes sur des milieux dits « vierges » afin de mettre en évidence les lois écologiques. Mais le risque d'une telle écologie, coupée de la société est de ne considérer l'homme que comme élément perturbateur responsable de déséquilibres, et de charger de valeur implicite une approche se revendiquant de neutralité scientifique.

C'est pourquoi, plutôt que de partir à la recherche d'une démarcation entre science et non-science, nous proposons de nous référer à la pensée d' Habermas pour situer les positionnements des approches de l'écologie. Dans *Connaissance et intérêt*, Habermas (1968) rejette l'idée selon laquelle la production de savoirs serait un acte intellectuel pur réalisé par des sujets désintéressés des besoins et désirs quotidiens. Au contraire, il identifie trois types d'intérêts constitutifs des savoirs, qu'il qualifie de techniques, pratiques, ou émancipatoires. L'intérêt technique est celui qui pousse à acquérir des savoirs permettant de mieux comprendre le milieu biophysique, et par là de faciliter son contrôle. L'intérêt pratique émane du besoin de se comprendre mutuellement, il motive la production de savoirs rendant possible l'interprétation des relations humaines. Le troisième, l'intérêt émancipatoire, provient des besoins humains de liberté et d'indépendance de pensée. Traditionnellement, l'écologie est située par rapport aux autres sciences biologiques en considérant les niveaux d'organisation du vivant auxquels elle s'attache : Il est classique de lui attribuer les niveaux des populations et des écosystèmes. En 1984, Dajoz, bien qu'il ait élargie la définition originelle d'Haeckel d'une part aux interactions entre les êtres vivants et d'autre part aux interactions entre ces êtres vivants et leur milieu, définit encore l'écologie comme la science des conditions d'existence. L'année suivante, Lamotte, Sacchi, & Blandin (1985) limitent eux aussi le champ de cette science à celui de l'autoécologie (étude des relations entre populations)

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

et de la synécologie (étude de la structure et du fonctionnement des écosystèmes et complexes d'écosystèmes). Ces auteurs précisent toutefois que l'étude des relations homme-environnement est indispensable à la compréhension de ces relations. Ils soulignent l'émergence d'un nouveau paradigme en cette fin du XX^e siècle, conduisant à ne plus considérer la nature simplement comme « une ressource aux multiples facettes » mais plutôt comme le « patrimoine de la société », qui ouvre des perspectives en termes de gestion plutôt que de protection. La grille de lecture proposée par Habermas nous permet de repenser les frontières de l'écologie, en nous appuyant sur la distinction entre les productions des sciences empirico-analytiques et celles des sciences historico-herméneutiques³. Les premières visent l'intérêt technique dans une rationalité instrumentale, contrôlent les faits d'observation et dissocient par la logique les objets de savoir (tels les écosystèmes) des sujets, tandis que les secondes prennent en compte les contextes de sens et visent l'intérêt pratique de l'intercompréhension sans établir les faits par l'observation mais par le partage des interprétations (des socio-écosystèmes). Lorsque l'écologie s'adresse à l'environnement comme à un objet d'étude, elle nous semble procéder de la première catégorie, lorsqu'elle s'en empare comme d'un projet de société et s'interroge sur la gestion collective des biens communs, elle s'inscrit au contraire dans la deuxième orientation. C'est donc bien en termes de valeurs culturelles que le débat est posé.

1.2 Les valeurs des écologies

Pour Guillot (2000, cité par Reynaud, 2008) « *une valeur est un principe fondateur et régulateur de l'exercice du jugement et des actions conduites par les membres d'une communauté* ». Reynaud les assimile à des représentations hautement investies affectivement par les individus. Les valeurs épistémiques (vérité, validité, factualité, fiabilité, exactitude et rigueur de l'activité scientifique) sous-tendent les positionnements des écologues, centrés sur la recherche de l'objectivité et de l'universalité de la rationalité scientifique. Elles ne sont pourtant pas les seules. Les valeurs culturelles qui entrent en jeu dans la recherche peuvent être constitutives ou contextuelles (Longino, 1990 cité par Maris, 2014). Elles sont

³ Pour Gusdorf (1988), l'herméneutique est la recherche des conditions de possibilité de la compréhension en quelque domaine que ce soit, conversations entre amis, lecture de la bible ou d'un roman, interprétation d'un texte de loi, d'une pièce de théâtre ou d'un morceau de musique.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

constitutives lorsqu'elles constituent le sous-bassement méthodologique d'un champ disciplinaire⁴. Les valeurs contextuelles, elles sont de deux ordres possibles. Externes, elles conditionnent les financements des programmes de recherche⁵. Internes, elles s'apparentent aux normes morales des individus. A propos par exemple de la valeur attribuée à la richesse spécifique, Orians (1990) cité par Barnaud & Lefeuvre (1992) relève dans le courant de la biologie de la conservation une posture normative : la diversité des organismes et la complexité écologique sont qualifiées de « positives » et l'extinction des espèces, de « négative ». On retrouve cet engagement éthique attribuant une valeur intrinsèque à la diversité biologique et postulant qu'elle doit être protégée dans le courant de l'écologie de la réconciliation (Couvét & Teyssèdre Couvet, 2010 ; Mathevet, 2012) qui étudie les capacités d'adaptation des habitats non protégés pour leur permettre d'héberger une biodiversité abondante de façon compatible avec les activités humaines. En complément d'une réflexion éthique envers des entités auxquelles une valeur intrinsèque est accordée, il s'agit dans ce courant écologique de penser le rapport à la nature en termes de gestion de ressources et de viser l'équité de leur répartition.

1.3 La délicate estimation de la valeur des services écosystémiques

La fin du siècle dernier a été marquée par la prise de conscience généralisée⁶ de notre dépendance vis-à-vis de processus écosystémiques

⁴ La construction par Vernadski du concept de biosphère en liaison avec celui de matière vivante plutôt que de vie en est un exemple.

⁵ Di Castri (1981, cité par Barnaud et Lefeuvre, 1992) montre une prise en compte de la place de l'homme dans les études écologiques à travers l'historique des financements de recherche internationales. Un tournant est pris dans les années 1970 : Au « Programme Biologique International » (PBI) lancé en 1964 et auquel il a été reproché de ne pas intégrer les activités humaines en se focalisant sur la comparaison de flux d'énergie et de matière dans une grande variété d'écosystèmes, a succédé en 1974 le programme international « Man and Biosphere » proposé par l'UNESCO en 1971, qui a favorisé des recherches fédératives associant des biologistes, des économistes, géographes, écologistes et sociologues.

⁶ Matagne (2003) rappelle que la décennie 1960-1970 a donné lieu à la signature de 47 conventions internationales dans le domaine de la protection de l'environnement et a abouti au Programme des Nations Unies pour l'Environnement après la conférence mondiale de l'ONU en juin 1972 à Stockholm.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

(tels que la pollinisation, le piégeage de carbone atmosphérique ou le maintien des sols), et par les débats sur notre capacité et légitimité à leur substituer des processus artificiels (Westman, 1977). Ainsi s'est répandue l'idée de « services des écosystèmes » (Ehrlich & Mooney, 1983), notion stratégique visant à reconnecter les systèmes économiques et les systèmes écologiques sous-jacents. Un processus écosystémique étant considéré comme un service lorsque l'homme en tire usage (Daily, et al., 2000), les services écosystémiques (SE) ont été définis comme les « *bénéfices que les humains tirent des écosystèmes* », (MEA, 2005, version française, p.9 ; Zhang & al., 2007). Dans un essai de synthèse, la diversité des SE a été organisée en quatre catégories (MEA, 2005 ; TEEB, 2010): les services culturels (spirituels, esthétiques, récréatifs, qui regroupent les apports immatériels perçus au contact des écosystèmes), les services d'approvisionnement (de nourriture, de matière première, d'énergie) et les services de régulation (de la qualité de l'air ou de l'eau, des effets de tempêtes, de la fertilité des sols), qui sont eux même soutenus par les services d'habitat (ceux qui rendent possible le maintien de la diversité biologique à l'origine des trois premières catégories).

L'estimation de la valeur des SE est délicate. Elle peut se traduire de manière opérationnelle par la rétribution des propriétaires fonciers protégeant des processus écosystémiques considérés comme utiles à la société. Beltrame & Béchet (2014) citent l'exemple de la mise en place par la municipalité de New York d'un dispositif de subventionnement préventif visant à préserver les SE du bassin versant de ces eaux, plutôt que de financer une usine de traitement. Ces auteurs remarquent toutefois la rareté des mises en œuvre effectives de telles mesure de la valeur des SE par le consentement de la société à payer pour leur maintien. Il est en effet épistémologiquement délicat d'objectiver un SE dans le cadre d'une définition contingente à la notion de besoin, et d'autre part éthiquement délicat de penser une monétarisation des biens communs. Pourtant, la question de la valeur des SE est aussi une question de justice sociale, puisque les communautés les plus défavorisées économiquement et politiquement sont à la fois celles qui dépendent le plus étroitement de ces services gratuits, et celles qui disposent le moins de technologies de substitution (Maris, 2014). Il n'est pour autant pas évident de déterminer la nature des collectifs impliqués. Avec l'exemple de l'approvisionnement en eau potable à New-York, les « consommateurs » du SE en jeu sont relativement faciles à identifier, mais ce n'est pas le cas avec toutes les questions environnementales. S'agissant d'un hotspot de biodiversité, le parc Yasuni constitue un bien

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

commun de l'humanité, dont la préservation concerne *a priori* chacun. Mais lorsque le président de l'équateur a lancé à l'ONU en 2007 un appel à une participation financière internationale pour éviter l'exploitation du gisement pétrolifère qui y a été identifié, il n'a obtenu des pays qu'une participation inférieure à 1% de l'estimation des pertes pour son économie ... ce qui l'a finalement décidé à autoriser les forages⁷.

1.4 Au-delà de la rationalité technique, l'idéologie de la durabilité

La revendication principale de l'écologisme (Flipo, 2016) est celle d'une réflexion éthique sur la valeur intrinsèque de la nature à considérer comme une fin en soi et non comme un moyen. Le rapport uniquement technique de l'homme à son environnement est dénoncé par Jonas (1979), estimant que les promesses de la technique se sont transformées en menaces et appelant à une « heuristique de la peur ». En retour, la sacralisation de la Nature et la radicalité de l'écologie « profonde » est dénoncée par Ferry (1992). Si la durabilité des modes de développement des sociétés humaines est posée comme objectif politique dans les années quatre-vingt, c'est parce qu'elle n'apparaît plus comme garantie, les technosciences produisant au moins autant de risques que de richesses (Beck, 1986). En 1998, le rapport à l'Unesco de la commission nord-américaine en prévision de la conférence mondiale sur la science déclarait: « *Il est clair aujourd'hui que la consommation actuelle des richesses naturelles et les agressions croissantes contre l'environnement régional et local ne pourront se poursuivre indéfiniment sans effondrement des systèmes de soutien naturels, sans lesquels les civilisations actuelles ne sont pas possibles. La science, qui a contribué à cet état de choses, doit maintenant assumer une responsabilité générale, à savoir aider les sociétés à passer d'une recherche obsessionnelle de la croissance à l'établissement d'un système économique dynamiquement stable et écologiquement durable.* » (Vers un nouveau contrat entre la science et la société, 1998)⁸.

En 2007, Simonneaux montre en analysant le texte de l'agenda 21 de Rio à quel point la légitimité du discours sur le Développement Durable (DD) est socio-politique. Le DD est posé comme une idéologie, mais cela n'empêche pas d'envisager une continuité avec les approches scientifiques, si on entend le terme idéologie dans le sens d'une pensée

⁷ http://www.lemonde.fr/ameriques/article/2013/08/16/equateur-correa-se-resout-a-exploiter-le-petrole-du-parc-yasuni_3462259_3222.html

⁸ http://www.unesco.org/science/wcs/meetings/eur_alberta_98_f.htm

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

structurée par des choix éthiques justifiant des formes d'actions collectives. L'approche de la durabilité telle que définie en 2015 par Bokova (alors directrice générale de l'Unesco) « *la responsabilité qui incombe aux individus et aux sociétés d'agir en faveur de l'édification d'un avenir meilleur pour tous, aux niveaux local et mondial, un avenir où le développement socioéconomique repose sur la justice sociale et la gestion avisée de l'environnement.* » (p 21) est très cohérente avec le concept scientifique de socio-écosystème qui n'ignore pas la diversité de points de vue et d'intérêts des acteurs. Une dialectique visant non pas un équilibre stable entre les systèmes écologiques et les activités socio-économiques, mais l'adaptation dynamique des sociétés aux changements environnementaux (Janssen & De Vries, 1998) peut-être pensée. Elle fonde une écologie régulatrice (Bourg, 1996), pour laquelle la préservation de la qualité de l'environnement peut se faire de manière efficace dans les institutions actuelles via de nouvelles régulations collectives, dans laquelle la diversité des valeurs culturelles constitue un atout.

2. La scolarisation des questions environnementales : éducation scientifique, éducation politique

La scolarisation des questions environnementales (par exemple à propos du changement climatique, de la transformation des sols, de l'utilisation des surfaces agricoles, des ressources halieutiques, de l'évolution de la biodiversité, du bien-être animal, de l'impact écologique de la consommation de viande, etc.) se généralise dans les curricula. Parce qu'elles ouvrent des controverses scientifiques comme des débats de valeurs, les questions environnementales mobilisent les élèves. Mais elles les divisent aussi. Comment reconnaître la double nature, scientifique et politique de l'écologie dans son approche éducative ?

Cette question soulève au moins deux problèmes de fond. Le premier est d'ordre épistémologique, il s'agit de l'exclusion de l'homme des écosystèmes. Lorsque l'écologie s'empare de l'environnement non pas simplement comme objet d'étude, mais aussi en tant que projet de société, elle opère un changement conceptuel et s'oriente vers les analyses des jeux d'acteurs dans des socio-écosystèmes. Le second problème soulevé, d'ordre déontologique, découle de ce changement paradigmatique : Il procède de la légitimité des postures adoptées par les enseignants de sciences expérimentales face à la diversité des intérêts et valeurs des acteurs, et questionne la conception des sciences privilégiée

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

par l'éducation au développement durable. Nous proposons dans cette seconde partie d'éclairer ces questions en prenant appui sur la typologie des modèles d'enseignement des sciences proposée par Levinson (2010). Nous verrons qu'elle permet de retrouver la grille habermassienne de lecture permettant d'adopter une posture de scientificité dans une approche de la dimension politique de l'écologie.

2.1 Le modèle du savant

L'enseignement des sciences peut être basé sur les seules valeurs épistémiques (Kolstø, 2005) de la science normale : l'universalité, la neutralité, la prédictibilité. La visée de cet enseignement est l'acquisition progressive de méthodes scientifiques et l'apprentissage de savoirs stabilisés (par exemple celui de niche écologique). Dans la catégorie d'éducation scientifique que Levinson nomme *deficit framework*, les savoirs enseignés sont ceux produits par la science et délivrés aux enseignants, qui les délivrent à leur tour aux élèves. Wynne (1996) souligne pourtant la tension fondamentale entre les bases de la culture scientifique fondée sur le contrôle des facteurs permettant la production des savoirs, et l'ordinaire de la vie sociale dans laquelle l'incertitude et l'adaptation à des facteurs incontrôlés est une routine. Ainsi, d'un point de vue épistémologique, la contribution des sciences empirico-analytiques à la compréhension et la résolution des problématiques socio-écologiques ne peut qu'être partielle et incomplète. Pourtant, nombre de processus de décision publique consistent à consulter les citoyens après que ceux-ci aient été informés par des experts mandatés à cet effet. Dans le *deficit framework*, qui s'appuie sur le *deficit model* (Irwin, 2001) - présumé selon lequel les résistances sociales aux innovations seraient liées à l'ignorance du public- la possibilité de s'engager dans les controverses est estimée contrainte par l'accès aux savoirs techniques, ce qui dispense l'éducation scientifique de se préoccuper de l'éducation démocratique.

2.2 Le modèle de l'expert

Avec le *Deliberative framework*, les démarches de résolution de problèmes sont privilégiées dans l'éducation scientifique, les élèves sont engagés dans des investigations permettant la construction de concepts scientifiques par le dépassement d'obstacles épistémologiques, la nature des sciences est éclairée par la pratique de délibérations entre eux. Suite au projet de recherche et de développement soutenu par la direction

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

générale à la recherche de la commission européenne (Saltiel, Worth, & Duque, 2009), les programmes officiels d'enseignement des pays membres incitent à appréhender les concepts scientifiques (tel que ceux de réseau trophique ou d'écosystème) via un « *Enseignement des Sciences fondé sur l'investigation* ». Il s'agit de prendre appui sur la « *curiosité naturelle des élèves pour leur permettre, au moins en partie, de donner du sens au monde qui les entoure en participant à le rendre prévisible* », en cherchant « *à dégager, de leurs propres expériences et de leur interaction avec les autres élèves, des modèles explicatifs* » (p 9). Le *deliberative framework* mise sur la formation à l'esprit critique puisque la place des négociations et du travail collectif y est importante, mais sans que les enjeux sociétaux soient mis en débat.

2.3 Le modèle du citoyen éclairé

Devant la multiplication des questions de société qui soumettent « *l'école à l'épreuve de l'actualité* » (Legardez & Simonneaux, 2006), s'emparer des controverses et les exploiter en classe marque une rupture avec la tradition de neutralité de l'école républicaine qui met à distance les thématiques sensibles. Plutôt qu'une neutralisation des objets d'enseignement, il s'agit au contraire d'une mise en tension des savoirs enseignés avec les questionnements sur les risques, les choix de pratiques et les conflits de valeurs qui animent la société. C'est ainsi que sont abordées des problématiques autour de la transgénèse et du clonage, des dangers des antennes relais de la téléphonie mobile, des marées noires etc. qui refondent le sens des apprentissages scolaires dans une perspective d'éducation scientifique citoyenne. Considérer l'éducation à la citoyenneté comme un objectif de l'enseignement des sciences est une idée plus ou moins partagée, mais en faire son but premier implique une profonde remise en question des pratiques. Si l'objectif est de préparer les élèves à participer aux débats et 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 le traitement de leur complexité inhérente ; elles font les objets des *Socio-Scientific Issues* (SSI). SSI « *are controversial social issues with conceptual and/or procedural links to science* » (Sadler, 2011) (p. 4). Dans l'espace francophone, sous l'impulsion de Legardez et Simonneaux, l'expression *Questions Socialement Vives* (QSV, traduite en anglais par *Socially Acute Questions* SAQ) est utilisée pour décrire les questions complexes et ouvertes qui mettent en évidence les incertitudes liées aux SSI et dont la

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

vivacité est amplifiée par les crises environnementales et sanitaires. La scolarisation des QSV aborde explicitement le rapport de la science au pouvoir politique en montrant que les savoirs scientifiques peuvent être émergents et questionnés par les non-spécialistes aussi. L'apprentissage des sciences n'est alors pas limité aux seuls savoirs stabilisés, et s'inscrit dans la troisième catégorie de la typologie de Levinson : « *Science education as praxis* ». Les savoirs scientifiques enseignés ne sont pas uniquement ceux qui font consensus et les savoirs abordés ne sont pas uniquement les savoirs scientifiques. Pour éclairer la nature sociale de la construction des savoirs scientifiques, Richard & Bader (2009) rappellent les principes de la théorie de l'acteur-réseau de Latour (2005) : La clôture des controverses donc la stabilisation des savoirs scientifiques est réalisée par diverses assemblées et institutions qu'il convient d'identifier, ainsi que doivent être identifiés les facteurs permettant au cours du processus de passer d'une multiplicité de positions à une position plus consensuelle. Parmi les outillages pédagogiques proposés figurent ainsi l'approche des « *îlots de rationalité* » (Fourez, 1998), ou celle des « *cartographies de controverses* » (Venturini, 2008). La notion de service écosystémique - qui n'est pas citée dans les contenus prescrits par les programmes du lycée général bien que l'action de l'homme sur l'environnement soit questionnée à plusieurs reprises⁹ - prendrait ici toute sa place dans l'enseignement de l'écologie.

2.4 Le modèle du citoyen engagé

Dans la perspective habermassienne de rationalité critique Hodson (2003) propose une éducation politique associée à l'éducation scientifique, objectif visé par le courant « Science Technologie Société » (STS) en tant que forme avancée de la *scientific literacy* décrite par Miller (1983). Le quatrième type d'éducation scientifique et démocratique identifié par Levinson est nommé *dissent and conflict*. Les savoirs y sont abordés dans leurs contextes sociopolitiques d'émergence, les valeurs éthiques telles que la justice sociale ou le respect de la vie sous toutes ses formes sont prises en compte. La compréhension des jeux politiques et l'engagement dans l'action sont mis en avant. L'intégration de l'éducation à

⁹ Par exemple (BOEN n° 4 du 29 avril 2010, n°9 du 30 septembre 2010, n°8 du 13 octobre 2011) : En 2° (p 9 La biodiversité résultat et étape de l'évolution) « mettre en évidence de l'influence de l'homme sur la biodiversité), en 1L- ES et S (Nourrir l'humanité) comparer un « écosystème naturel » et un agrosystème, en Terminale S (la plante domestiquée p 12) « montrer que l'homme agit sur le génôme des plantes cultivées et donc intervient sur la biodiversité végétale »

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

l'environnement aux cours de sciences peut ainsi amener les élèves à influencer les politiques publiques dans la mesure où leur compréhension des problématiques environnementales locales ou globales est de nature à favoriser leur participation aux débats sociaux, et donc à influencer les politiques publiques (Charland, Potvin, & Riopel, 2009, p 73). Pour Bencze, Sperling, & Carter (2012), l'engagement dans des collectifs militants est à la fois une fin éducative et un moyen éducatif ¹⁰, car « *Limiting students to personal decision-making on such potential problems seems to align well with neoliberalism — with its focus on individualism.* » (p 9).

Si l'histoire de l'écologie au XX^e siècle est celle de la rencontre de multiples disciplines et de l'adoption d'une démarche systémique, le défi de l'écologie contemporaine est d'intégrer les sciences empirico-analytiques et les sciences historico-herméneutiques. Les écologues s'emploient à relever ce défi avec le développement de l'écologie de la réconciliation et de ses modélisations d'accompagnement de systèmes multi agents (SMA)¹¹. Ces recherches visent à mieux comprendre la complexité des socio-écosystèmes et à mieux adapter les stratégies aux conditions locales. Ceci implique une diversification des solutions à la hauteur de la diversité des situations et de la pluralité des valeurs en jeu, une démarche systémique, mais aussi une appropriation et un partage des connaissances par les acteurs de la société civile (Aubert, et al., 2010). Le défi est le même en éducation. La didactique de l'écologie ne doit-elle alors pas suivre la même trajectoire ¹² ?

Vers une éducation à la pensée écologique équilibrée par des apports épistémologiques et éthiques

Dans une conception de l'alphabétisation scientifique où la distinction entre l'écologie des écologues et celle des écologistes prédomine, une démarcation apparemment nette entre science et non science fixe les limites de la neutralité et l'impartialité attendue des enseignants. L'approche scolaire des questions environnementales est alors celle de concepts scientifiques stabilisés tels que la niche écologique, les réseaux

¹⁰ <https://stepwiser.wikispaces.com/STEPWISE+framework> consulté le 29 janvier 2018

¹¹ Les SMA représentent les acteurs humains et non-humains, les processus et les interactions dans les socio-écosystèmes.

¹² Ce n'est pas un hasard si les recherches sur la scolarisation des QSV se sont déployées dans l'enseignement professionnel de l'agroécologie.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

trophiques, les écosystèmes. Or, bien que depuis la fin du XX^e siècle l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) ait été marqué par le passage d'une démarche descriptive (structure-fonction) à une démarche explicative (de résolution de problème), ces concepts restent exceptionnellement présentés dans le contexte historique et scientifique de leur émergence. Un tel enseignement exclue délibérément des problèmes à considérer les considérations sociales, morales et politiques en n'intégrant pas les controverses socioscientifiques omniprésentes dans l'environnement médiatique des élèves et de leurs enseignants.

Une approche des questions environnementales peut-elle se contenter de considérer uniquement les aspects biophysiques du fonctionnement des écosystèmes, alors que l'histoire de l'écologie moderne révèle qu'un obstacle majeur à la compréhension des problématiques environnementales est précisément l'exclusion de l'homme des écosystèmes ? Lorsque l'explicitation, l'exploration, la compréhension des jeux d'acteurs de socio-écosystèmes sont estimés hors de son champ, l'éducation scientifique se dispense de se préoccuper d'éducation démocratique. La contribution des sciences empirico-analytiques à la compréhension et la résolution des problématiques socio-écologiques émergeant de l'interaction humaine avec l'environnement est pensée comme simplement propédeutique : La construction du jugement réflexif est dévolue aux élèves *après* l'enseignement des fondements conceptuels de l'écologie. Les enseignants de sciences de la vie doivent alors compter sur leurs collègues de sciences humaines pour prendre éventuellement le relais. Se faisant, ils renforcent le cloisonnement disciplinaire qui oppose des savoirs universels standardisés aux approches de terrain visant des situations particulières (Fourez, 1998), et s'éloignent par la même de l'objectif premier des investigations en écologie, science de terrain par nature.

La question centrale est selon nous celle de la manière dont les investigations conduites en classe sont problématisées, c'est-à-dire (Rey, 2005), du mouvement *par lequel se déterminent mutuellement les faits à prendre en compte et le modèle qui permet de les interpréter*. » (p 104). Des considérations développées ici, il apparaît qu'intégrer une transposition didactique du concept de socio-écosystème à la problématisation des questions environnementales permettrait : i) de ne pas limiter la scolarisation des enjeux environnementaux contemporains à la seule étude des aspects biophysiques des milieux, ii) de lier les apprentissages scientifiques et l'éducation à l'environnement par la

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

convocation des expertises disciplinaires pour apporter les informations que les élèves jugent pertinentes d'avoir, sans donner aux sciences biophysiques le monopole du savoir pertinent, et enfin iii) de prendre en charge, et en compte, la nature complexe des problématiques qui mobilisent les savoirs émergents, distribués et non stabilisés, auxquels les élèves sont quotidiennement confrontés.

Bibliographie

Aubert, S., Fourage, C., Paassen van, A., Perez, P., Mathevet, R., Barnaud, C., & Antona, M. (2010). Une contribution de la recherche impliquée au développement durable, . Dans M. Etienne, *La modélisation d'accompagnement : une démarche d'appui au développement durable* (pp. 203-222). Paris: Quae éditions.

Bader, B. (2011). Education à l'environnement dans une société du risque : la conception des sciences privilégiée de l'éducation au développement durable. Dans B. Bader, & I. Sauvé, *Education, environnement et développement durable ; vers une écocitoyenneté critique* (pp. 223-250). Québec: Presses de l'Université de Laval.

Barnaud, G., & Lefevre, J.-C. (1992). L'écologie, avec ou sans l'homme ? Dans M. Jollivet, *Sciences de la nature, sciences de la société : Les passeurs de frontières* (pp. 69-112). Paris: CNRS Editions.

Beck, U. (1986). *La société du risque, sur la voie d'une autre modernité* (éd. 2008). Paris: Flammarion.

Beltrame, C., & Béchet, A. (2014). Les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité. Dans M. Gauthier-Clerc, F. Mesléard, & J. Blondel, *Sciences de la conservation* (pp. 268-270). Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur.

Bencze, L., Sperling, E., & Carter, L. (2012). Student's research-informed Socio-scientific Activism : Re/vision for a sustainable future. *Research in Science Education*, Vol.42(Issue 1), 129-148.

Benett, M. J. (1993). Towards ethnorelativism: a developmental model of intercultural sensitivity. Dans R. M. Paige, *Education for the intercultural experience* (pp. 21-71). Yarmouth, ME: Intercultural Press.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394-1404.

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2003). *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Blondel, J. (2004, octobre). L'émergence de l'écologie scientifique. *Espaces naturels*(8). Récupéré sur <http://espaces-naturels.info/emergence-ecologie-scientifique>

Blondel, J., & Bourlière, F. (1979). La niche écologique, mythe ou réalité ? *Terre Vie Rev. Ecol.*, 33, 345-374.

Bokova, I. (2015). *Repenser l'Éducation. Vers un bien commun mondial*. Paris: Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

Bourg, D. (1996). *Les scénarios de l'écologie*. Paris: Hachette.

Burgellin, O. (1985). Écologie (mouvement). Dans *corpus 6* (pp. 591-595). Paris: Encyclopedia Universalis.

Canguilhem, G. (1977). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris: Vrin.

Charland, P., Potvin, P., & Riopel, M. (2009). L'éducation relative à l'environnement en enseignement des sciences et de la technologie : une contribution pour mieux vivre ensemble sur Terre. *Éducation et francophonie*, Vol.37(n°2), 63-78.

Couvet, D., & Teyssède Couvet, A. (2010). *Ecologie et biodiversité. Des populations au socioécosystèmes*. Peronnas: Belin.

Daily, G. C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., . . . Walker, B. (2000). The Value of Nature and the Nature of Value. *Science*, 289(5478), 395-396.

Dajoz, R. (1984). Eléments pour une histoire de l'écologie. La naissance de l'écologie moderne au XIX siècle. *Histoire et Nature*, 5-111.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

Ehrlich, P., & Mooney, H. (1983). Extinction, substitution and ecosystem services. *Bioscience*, 33, 248-254.

Ferry, L. (1992). *Le Nouvel Ordre écologique L'arbre, l'animal et l'Homme*. Paris: Grasset.

Flipo, F. (2016, septembre). L'Homme et la nature à l'ère moderne. Un essai de clarification conceptuelle. *implications philosophiques*. Récupéré sur <http://www.implications-philosophiques.org/ethique-et-politique/philosophie-politique/lhomme-et-la-nature-a-lere-moderne/>

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio*, 31(5), 437-440.

Fourez, G. (1998). Se représenter et mettre en oeuvre l'interdisciplinarité à l'école. *Revue des sciences de l'éducation*, Vol.24(n°1), 31-50.

Goffin, L. (1998). L'environnement comme éco-socio-système. Dans M. Loriaux, *Populations et développements: une approche globale et systémique* (pp. 199-230). Louvain-la-Neuve/Paris: Academia-Bruylant/L'harmattan.

Gozlan, E., & Thomas, A. (2009). Une espèce invasive, combien ça coûte ? *Dossier Pour La Science La conquête des espèces – comment lutter contre les espèces invasives ?*(n°65), 102-107.

Grumbine, R. E. (1994). What is ecosystem management ? *Conservation Biology*, vol.8(n°1), 27-38.

Gunderson, L. H., Allen, C. R., & Holling, C. S. (2010). *Foundations of Ecological Resiliene*. Washington, DC: Island Press.

Gusdorf, G. (1988). *Les origines de l'herméneutique*. Paris: Payot.

Habermas, J. (1968). *Connaissance et intérêt* (éd. 1979). (G. Cléménçon, Trad.) Paris: Gallimard.

Hartwick, J. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *American Economic Review*, 972-974.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

Hodson, D. (2003). Time for action : Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, Vol.25(n°6), 645-670.

Irwin, A. (2001). Constructing the scientific citizen : science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, Vol.10(n°1), 1-18.

Janssen, M., & De Vries, B. (1998). The battle of perspectives : a multi-agent model with adaptative responses to climate change. *Ecological Economics*, Vol.26(Issue 1), 43-65.

Jonas, H. (1979). *Le principe responsabilité*. (J. Greish, Trad.) Paris: Flammarion.

Kolstø, S. D. (2005). *The relevance of values for coping with socio-scientific issues in science education*. Communication à la 5ième conférence bi-annuelle de l'European Science Education Research Association (ESERA): Barcelone (28 aout - 1er septembre).

Lamotte, M., Sacchi, C. F., & Blandin, P. (1985). Écologie. Dans *corpus 6* (pp. 577-591). Paris: Encclopedia Universalis.

Larrère, C., & Larrère, R. (1997). *La crise environnementale*. Paris: INRA Éditions.

Latour, B. (2005). *Reassembling the social : An introduction to actor-network-theory*. Oxford: Oxford University Press.

Legardez, A., & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité- Enseigner les questions socialement vives*. Paris: ESF.

Lévêque, C. (2001). *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère*. Paris: Dunod.

Lévêque, C. (2013). *L'Écologie est-elle encore scientifique ?* Quae, Essais.

Lévêque, C., Muxart, T., Abbadie, L., Weill, A., & Van Der Leuw, S. (2003). L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieus. Dans C. Lévêque, & S. Van Der Leuw, *Quelles natures voulons-nous ?* (pp. 110-129). Paris: Elsevier.

Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: an uneasy congruence? . *Studies in Science Education*, Vol.46(n°1), 69-119.

- Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.
- Maris, V. (2014). Quelle éthique pour la biodiversité ? Dans *Sciences de la conservation* (pp. 83-92). De Boeck.
- Masutti, C. (2012). *Les faiseurs de pluie. Dust Bowl, écologie et gouvernement (Etats Unis, 1930-1942)*. Lulu.com. Récupéré sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00735543>
- Matagne, P. (2003). Aux origines de l'écologie. *Innovations*, 2(18), 27-42.
- Mathevet, R. (2012). *La solidarité écologique. Ce lien qui nous oblige*. Arles: Actes Sud.
- MEA. (2005). *Millenium Ecosystem Assesment. Ecosystem and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC.: Island press.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical overview. *Daedalus*, Vol.112(n°2), 29-48.
- Rey, B. (2005). Peut-on enseigner la problématisation ? *Recherche et formation*(n°48), 91-105.
- Reynaud, C. (2008). À la recherche de dispositifs didactiques favorables au développement de valeurs citoyennes : le « débat » socio-cognitif. Dans D. Favre, A. Hasni, & C. Reynaud, *Les valeurs explicites et implicites dans la formation des enseignants Entre toujours plus et mieux vivre ensemble* (pp. 91-100). Bruxelles: De Boeck.
- Richard, V., & Bader, B. (2009). Re-presenting the Social Construction of Science in Light of the Propositions of Bruno Latour : For a Renewal of the School Conception of Science in Secondary Schools. *Science Education*, Vol.94(Issue 4), 743-759.
- Sadler, T. D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. Dans T. D. Sadler, *Socio-Scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning and Research* (pp. 1-10). Dordrecht: Springer.
- Saltiel, E., Worth, K., & Duque, M. (2009). *L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation*. Montrouge: Consortium Pollen.
- Simonneaux, J. (2007). Les enjeux didactiques des dimensions économiques et politiques du développement durable. *Ecologie et Politique*(n°34), 129-140.

Morin, O. (2018). La formation de la pensée écologique, éducation scientifique et politique. Dans O. Perru, P. Lautesse, & F. Charles, *Une éducation à la pensée scientifique pour une société plus juste*. (pp. 125-146). Paris: Vrin.

Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, vol.16(n°3), 284-307.

TEEB. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. Ecological and Economic Foundations. London and Wahsington: Pushpam Kumar, Earthscan.

Turner, R. K., Pearce, D. W., & Bateman, I. (1993). *Environmental Economics: An Elementary Introduction*. New-York: Johns Hopkins University Press.

Venturini, T. (2008). *La cartographie des controverses*. Communication au colloque CARTO 2.0, Paris, 3 avril 2008.

Vernadski, V. I. (1945). La biosphère et la noosphère. *American Scientist*. Récupéré sur <http://www.larecherchedubonheur.com/article-vladimir-i-vernadsky-l>

Westman, W. E. (1977). How Much Are Nature's Service Worth ? Measuring the social benefits of ecosystem functioning is both controversial and illuminating. *Science*, 197, 960-964.

Wynne, B. (1996). Misunderstood Misunderstandings: Social Identities and the Public Uptake of Science. Dans A. Irwin, & B. Wynne, *Misunderstanding Science? The Public Reconstruction of Science and Technology* (pp. 19-46). Cambridge: Cambridge University Press.

Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economist*, 64, 253-260.