



Penser l'éducation scientifique en termes de *contribution* à l'éducation au développement durable : l'exemple des sciences de la vie et de la Terre

Jean-Marc LANGE¹ (Université de Rouen, France)

L'éducation scientifique au second degré de l'enseignement général et obligatoire prend notamment la forme d'une discipline, les Sciences de la vie et de la Terre dans le secondaire français. La place que peut tenir cette discipline dans un dispositif d'éducation au développement durable (EDD) présuppose une clarification de la stratégie éducative et des choix programmatique retenue pour cette éducation. Nous proposons de poser la question des relations SVT et EDD en termes de contribution de la première à la seconde et non d'inclusion de celle-ci dans les SVT. À l'aide d'une méta-analyse du corpus épistémologique disponible, nous distinguons trois modalités de contributions possibles mais aussi leurs limites et les pièges à éviter. Cette approche se veut exemplaire des interactions entre disciplines scolaires et EDD.

Mots clés : éducation au développement durable, contribution des matières et disciplines scolaires, sciences de la vie et de la Terre, biodiversité, capacité de charge, risque

Problématique

Contexte politique

La stratégie dite de Vilnius², élaborée conjointement par la Commission Economique Européenne et la Commission Economique et Sociale des Nations Unies en 2005, puis ratifiée par la Suisse, préconise aux Etats membres de développer l'éducation au développement durable (EDD), et de l'intégrer dans toutes les disciplines. Elle recommande dans le même temps de faire de l'EDD l'occasion de renouveler l'éducation en la centrant sur la vie réelle, notamment en privilégiant des expériences « hors la classe ». Cette dichotomie se retrouve dans ses recommandations visant à l'efficacité de l'EDD. Il en résulte une tension entre ancrages disciplinaires, approches intégrées et situations éducatives issues de la « vie réelle ». Chaque Etat membre est invité à décliner ces préconisations selon ses particularités et traditions culturelles.

1. Maître de conférences (IUFM de Haute Normandie, Université de Rouen). Contact : jean-marc.lange@univ-rouen.fr

2. Texte consultable en ligne : <http://www.unesco-nachhaltigkeit.ch/fr/ressources/documents.html?print=1>



En France, suite au « Grenelle de l'environnement » une commission interministérielle dirigée par Brégeon³ et consacrée à la question de l'éducation au DD (EDD/ESD), a produit un rapport qui précise quelque peu ces modalités de mises en œuvre, notamment pour l'enseignement général et obligatoire. Priorité est donnée à l'action située à l'échelle de l'établissement, envisagé comme partie intégrante de la société tant sur le plan mobilier que comme lieu de formation. Dans le même temps un ancrage dans les disciplines scolaires est également affirmé. Pourtant, force est de constater une tendance forte en France, même si des actions conduites à l'échelle des établissements (Agenda 21 scolaires, Eco-Ecoles) persistent par ailleurs : celle de l'assimilation de l'EDD à l'éducation scientifique au primaire ou son intégration au secondaire dans les SVT et la géographie, mais indépendamment l'une de l'autre, et ce malgré des appels institutionnels à la co-disciplinarité. Cette tendance peut-être comprise comme un renoncement à rendre effective la rénovation éducative évoquée dans la stratégie de Vilnius mais aussi aux missions de l'EDD pour l'Ecole.

En effet, suite à la commission Brégeon et aux textes d'encadrement produit par l'institution (BOEN, 2004; BOEN, 207) nous avons pu en préciser deux pour l'Ecole⁴ :

- une mission de « participation » à des actions de DD, conduisant à la transformation du premier niveau expérientiel que constitue l'Ecole, comme lieu de vie et sous ensemble de la société, et son environnement proche et impliquant effectivement élèves et éducateurs. Elle nécessite une attention particulière portée à l'implication des actions entreprises, à la capacité à questionner le monde en tenant compte des échelles spatiales (le local et le global), temporelles (l'agir aujourd'hui pour un avenir maîtrisé) et de complexité (les niveaux d'organisations des éco-anthroposystèmes).
- En complément de cette première mission, nous avons retenu celle d'une « préparation » des élèves à leur rôle actuel et futurs d'acteurs sociaux consistant à développer leur capacité et engagement à délibérer, décider et agir collectivement en vue d'un développement durable grâce à une pratique effective de citoyenneté participative.

Rendre opératoire et concilier ces missions nécessite de définir une stratégie cohérente et d'effectuer des choix programmatiques.

Contrairement à la dérive française évoquée plus haut, en Suisse, le « Plan d'études romand », adopté en 2010 pour le primaire, inscrit quant à lui l'EDD dans un domaine distinct des domaines disciplinaires : celui de la formation générale. Les sciences de la nature, les sciences humaines et sociales, le domaine « corps et mouvement » sont incités à y

3. Rapport du groupe de travail interministériel sur l'Education au développement durable. Paris : Ministère de l'Éducation nationale, 2008.

4. Nous utiliserons le terme Ecole pour désigner la scolarité générale et obligatoire.



contribuer de façon conjointe. Le recours à l'action, aux débats, à la recherche de solutions ... y est recommandé. Ces formations peuvent prendre la forme « d'espaces-projets » et d'un temps décroisé. Cette stratégie semble prometteuse mais il reste à préciser ce que recouvrent les termes d'*ancrage* ou de *contribution* des disciples scolaires à l'EDD.

Développement durable et stratégie éducative

La norme internationale du DD, reste structurellement porteuse de tensions issues des compromis initiaux – ce que recouvre l'accolement terminologique de développement et de durabilité. En tant que norme pour une gouvernance renouvelée, elle est clairement Politique. Mais depuis son émergence, elle diffuse selon deux voies interdépendantes.

La première est sociétale. Ces dernières années en France, les avis critiques mais favorables du Conseil Economique et Social (CES, devenu CESE en 2009 par ajout de la dimension environnementale), reflets des compromis évolutifs et successifs, ont conduit à son institutionnalisation comme intention puis comme guide pour l'action politique. Ainsi, l'Etat français se dote actuellement d'une seconde stratégie nationale du développement durable (SNDD) et l'Union Européenne a défini la sienne. Dans ces stratégies, la nécessité de l'éducation au développement durable scolaire est explicitement mentionnée.

La deuxième est une diffusion dans le monde de la recherche scientifique. De nombreuses institutions de Recherche comme l'INRA, l'IRD, le CIRAD, le MNHN⁵... se sont dotées d'une stratégie de « durabilité ». De même, les agences de Recherches comme l'ANR⁶, privilégient, ces dernières années, les programmes relatifs à cette question. Il en résulte pour l'ensemble des disciplines de Recherche des réorganisations profondes, et, pour le développement durable, un gain progressif, mais certain et irréversible, d'objectivation scientifique. Des articulations nouvelles entre Sciences et Société sont en train d'émerger. Sur le plan de l'éducation une mise en correspondance avec ces évolutions s'avère nécessaire (Martinand, 2003).

Sur le plan de l'éducation formelle, en cohérence avec les missions élaborées et citées ci-dessus, le choix programmatique de la mise en œuvre d'actions effectives et éducatives de développement au niveau d'établissement scolaires a été effectué (Lange & Martinand, 2010). Elles prennent alors la forme d'actions participatives, partenariales et négociées, visant une réduction de la vulnérabilité de situations diverses, mais relevant de l'un des défis de la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) (Lange, 2010). Les « actions éducatives » ainsi conçues sont a-disciplinaires, variées et à visée expérientielle. Elles offrent l'occasion de

5. Institut National de la Recherche Agronomique; Institut de Recherche sur le Développement; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement; Muséum National d'Histoire Naturelle.

6. Agence Nationale de la Recherche.



confronter les élèves à des situations qui provoquent un questionnement posé à des échelles spatio-temporelles et de complexité spécifiques de l'action entreprise. Par ailleurs, le DD ne peut être une solution qui s'imposerait à tous. Il est au contraire la recherche démocratique d'un bien commun qui dépasse les enjeux partisans et catégoriels nécessairement divergents. Les actions entreprises ne peuvent renvoyer à la seule responsabilité individuelle à l'effet culpabilisant.

La stratégie envisagée vise également à combler le fossé qui tend à se creuser entre des actions factuelles menées à l'échelle des établissements et l'enfermement de l'EDD dans les domaines disciplinaires coutumier, et à rendre le projet acceptable pour les enseignants, spécialistes d'une discipline donnée. Ainsi, notre stratégie est structurée selon un tri-pôle conçu en complémentarité. Le premier pôle est une centration sur des actions éducatives a-disciplinaires de participation au DD comme moyen de vivre une expérience collective et réelle, offrant l'occasion de rechercher des solutions de durabilité. Cette centration, en rupture avec une conception uniquement intellectuelle de l'éducation, est complétée par le pôle des investigations multiréférentielles visant l'élucidation des enjeux des défis du DD et permettant une systématisation d'une confrontation aux échelles de temps, d'espace et de complexité. Elle est complétée enfin, par le pôle des contributions des disciplines et matières comme étayage pour l'action et la pensée (Lange & Martinand, 2011). En effet, un étayage par des connaissances issues des matières et disciplines s'avère nécessaire pour éviter d'une part l'écueil de l'action éphémère ou réduite à sa dimension utilitaire, et, d'autre part, la vacuité du débat de simple opinion, sous peine de perdre la finalité éducative du projet entendue comme développement de la personne.

Dans cette perspective, la place et le rôle joué par l'éducation scientifique est à clarifier. Les sciences permettent en effet a minima de réduire les incertitudes. Elles permettent également plus fortement encore de penser celles-ci, en favorisant la construction des scénarios possibles, fondés en raison. Cette conception d'une éducation scientifique et technique mise au service de la compréhension de questions de société, s'inscrit dans ce que Roberts nomme « Vision II » (2009). Mais le risque de verser dans une dérive technocratique est dénoncé depuis longtemps par des auteurs comme Fourez (1994).

Notre propos vise à clarifier, d'un point de vue didactique et dans le cadre de l'enseignement général et obligatoire, la place de l'éducation scientifique (ES), ses apports, ses limites dans une stratégie éducative pour un DD. Pour ce faire, nous nous appuyons ici sur l'exemple des sciences du vivant.



Modalités possibles de la contribution des sciences de la vie et de la Terre

Comment envisager la relation SVT et EDD ? La facilité pour l'enseignement des SVT serait de raisonner des manières suivantes. La première consiste à ne pas tenir compte du DD avec l'argument qui consiste à affirmer que celui-ci relève du politique et non des sciences. D'une part ce raisonnement est fallacieux du fait que le DD est une norme, certes politisée, mais non politique au sens partisan du terme (Villalba, 2009). Mais d'autre part, cela reviendrait à nier les transformations académiques en cours. Ainsi, François Gros – auteur de plusieurs rapports qui ont fait date sur l'orientation politique de la recherche dans le domaine – souligne dans son dernier ouvrage « Une Biologie pour le Développement » non seulement la proximité des questions de biologie et de développement (les domaines de la santé, environnement, agriculture, énergie ...) mais aussi les profondes transformations tant conceptuelles que méthodologiques en cours dans ces domaines de recherche. Il souligne aussi dans cet ouvrage combien ces transformations – fortement liées à l'émergence de la génomique, la méta-génomique, la biotechnologie, la transgénése... – ne permettent plus d'envisager les questions d'environnement ou de Nature de la manière coutumière traditionnelle comme un allant de soit et comme le pré-carré des « naturalistes », du fait des imbrications Sciences-Société qui en résultent.

La deuxième serait de concevoir le DD comme une application/ouverture du cours de science. En terminant les chapitres par une ouverture sur une question de société, cela permettrait de donner un sursaut de sens, et, par effet boule de neige, un regain d'intérêt et de motivation pour les élèves. Mais là encore cette démarche revient à ne prendre sérieusement en compte ni les transformations sociétales et scientifiques en cours, ni l'urgence environnementale de la situation, mais surtout évite soigneusement de poser la question de l'éducation autrement que dans sa dimension cognitive.

La troisième serait de penser simplement en « mise à disposition » ou « réactualisation » des contenus. Mais cette démarche relève d'une idéologie : celle d'une mise à jour de contenus scolaires par simplification descendantes des disciplines de recherche, ce qui aboutit le plus souvent à la réification (ou chosification) des concepts.

C'est pourquoi nous préférons raisonner en termes de mise en correspondance des contenus scolaires avec les contenus académiques et parler de contribution des disciplines au DD.

Pour étayer et valider cette proposition, nous allons maintenant examiner quelques concepts (biodiversité; capacité de charge; risque) trop facilement attribués aux sciences du vivant ou aux géosciences, avec l'intention de déterminer les modalités de contribution possibles de l'éducation scientifique à l'EDD, mais aussi ses limites. Cette détermination est



effectuée au moyen d'une méta-analyse du corpus épistémologique disponible sur ces concepts, sans prétendre à l'exhaustivité de la recension, forcément partielle et au service d'un projet.

**Les SVT comme étayage pour l'action en faveur d'un DD :
méta-analyse du concept de biodiversité**

Le concept de Biodiversité est devenu un des emblèmes du développement durable. Espèces menacées de disparition, espèces invasives font la « Une » des médias y compris ceux de vulgarisation scientifique. Que recouvre-t-il ?

Apports des sciences de la vie

C'est dans l'espace historique, culturel et géographique européen qu'émerge l'idée de Nature. Dans un premier temps envisagée selon le registre de l'harmonie universelle, reflet d'un projet divin, cette idée s'impose au 18^e (Gouyon, 2001) et, depuis lors, sous-tend les discours et l'action politique vis-à-vis de l'environnement y compris jusque dans les années 60. Après sa diffusion en Amérique du Nord, elle s'incorpore dans les débats polémiques qui animent la communauté des naturalistes entre défenseurs de la nature sauvage (*wildness*) dont la figure emblématique est John Muir, et ceux d'une nature ressource (*wildlife management*) dont la figure centrale est Gilford Pinchot au 19^e (Gouyon, 2001; Blandin, 2009; Parizeau, 2010). Parc nationaux, et réserves sont issus de la première de ces postures, les parcs naturels régionaux français relèvent plutôt de la deuxième. Le point de rupture avec une conception harmonieuse de la nature est atteint au moment de l'émergence de l'idée de Biodiversité⁷.

Que signifie ce terme ? Il ne recouvre pas entièrement celui de diversité biologique⁸ et il existe actuellement plus de 25 définitions du concept. Certains auteurs l'envisagent comme un concept-valise, d'autres comme un projet politique et idéologique correspondant au triomphe de la posture *wildlife management*. Il est vrai que la démonstration scientifique de l'importance de la diversité reste à établir et que les projets internationaux tendent à établir la valeur marchande des espèces biologiques dans une volonté de protection.

Le terme apparaît en 1986 au sein du « National Forum on BioDiversity » qui se tenait en Washington. Il est proposé au départ par W. Rosen comme un acronyme commode résumant l'idée de diversité biologique,

7. Une lecture comparative des ouvrages de Jean Dorst « La Nature dénaturée » et de celui de E. O. Wilson « La diversité de la vie » est à ce titre explicite : à la représentation d'une humanité qui perturbe par ses actes l'harmonie de la nature se substitue celle d'une nature chaotique et fragile, sujette à des crises, dont l'humanité est une espèce parmi les autres et, à ce titre, participe aux évolutions de l'ensemble.

8. Celui-ci est une mesure, un indice, de la diversité des organismes au sein d'un écosystème.



elle-même déclinée en diversité génétique, diversité des espèces et diversité des écosystèmes. Le forum était de fait un comité d'experts et son travail avait comme visée, politique, celle d'informer le débat en vue d'un établir un compromis acceptable entre biologistes de la conservation et les développementalistes. Le terme sera médiatisé et popularisé par E. Wilson dans son livre « BioDiversity » publié en 1988 qui reprenait, pour l'essentiel, les résultats des travaux de la commission. Il perdra rapidement son statut d'acronyme dans les publications ultérieures sous la forme d'un quasi-concept, celui de « Biodiversity » traduit en « Biodiversité ».

Du point de vue scientifique, cette idée nouvelle permit cependant de sortir de l'impasse où se trouvait à l'époque la biologie de la conservation. En appui sur la théorie des « îlots biogéographiques », il convenait pour celle-ci, de créer des réserves à visée conservatrice au sein de milieux globalement anthropisés. Les trois niveaux de diversité postulés par Wilson renouvellent totalement cette question en la détournant d'une centration sur les seules espèces⁹. L'idée de biodiversité permet en effet de problématiser scientifiquement la « nature » à un niveau global et complexe en accord avec la théorie des systèmes. Ce sont ainsi les relations existant entre les trois niveaux de diversité (génétique, espèces et écosystèmes) qui sont la cible des travaux de recherches. Ceux-ci conduisent notamment à établir des tableaux de bords, à analyser les banques de données existant sur la diversité des organismes ou à effectuer des analyses phénologiques¹⁰. Ces travaux permettent alors d'envisager un « pilotage de la biodiversité » effectif (P. Blandin, 2009). Ils fondent des politiques environnementales adaptées et ciblées.

Dans le cadre ainsi renouvelé de la biologie de la conservation, déclarer une espèce en danger nécessite alors d'établir des distinctions reproduites dans le tableau 1 en page suivante.

Déclarer scientifiquement une espèce en état critique, en danger, ou vulnérable ne signifie pas du tout la même chose quant à la nature des décisions à prendre. Ainsi une espèce à l'état critique nécessite de prendre des mesures conservatoires, hors site (parcs zoologiques ...); en danger, des mesures draconiennes de création de réserves; et vulnérable, des mesures de surveillance et de zone de protection éco-systémique plus souples (Ramade, 1999).

La vulnérabilité biologique devient aussi principe d'action. Elle objective et relativise l'idée d'espèce menacée dont les médias et certaines ONG se font les porteurs selon un discours souvent empreint d'affectivité et de catastrophisme.

9. Soulignons cependant qu'après un siècle passé à construire l'unité du vivant contre celle de diversité, l'attention des scientifiques se focalise de nouveau sur celle-ci. Il est probable que cette attitude nouvelle comporte une part d'idéologie partagée dont, au demeurant, la diversité de l'humain en est souvent l'oubliée.

10. La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat.

Tableau 1 : Niveau de risque pour les espèces menacées (UICN)¹¹

Catégorie de risque	Critique (CR)	En danger (EN)	Vulnérable (V)
Etat de la population probabilité d'extinction	>0% en 5 ans ou 2 générations	>20% en 20 ans ou 10 générations	>10% en 100 ans
Effectif de la population totale et nombre et effectifs des sous- populations	< 250 ≤ 2 et > 125	< 2500 ≤ 2 et > 1250	< 10000 ≤ 2 et > 5000
Déclin observé	> 20% par an ou 50% en une géné- ration	> 5% par an ou > 10% par géné- ration	> 1% par an au cours des 10 der- nières années
Déclin prévisible	> 20% en 3 ans	> 20% en 5 ans	> 10% en un siècle
Effet de catas- trophes démogra- phiques : « crash » des effectifs	> 50% chaque 5 à 10 ans ou chaque 2 à 4 générations	> 20% chaque 5 à 10 ans ou chaque 2 à 4 générations	> 10% chaque 5 à 10 ans ou chaque 2 à 4 générations (ou 50% en 50 ans)

Limites de la contribution des SVT

D'un point de vue sociétal, le terme « biodiversité » a connu un succès considérable probablement du fait de son apparente simplicité et il est devenu désormais l'objet de sommets, de conventions, et de programmes tant internationaux que nationaux. L'idée d'un observatoire ou groupe onusien sur le modèle du GIEC fait son chemin. Ce succès en retour motive et permet le financement de nouvelles recherches. De fil en aiguille l'acronyme gagne en épaisseur scientifique même s'il reste l'objet de polémiques du fait de son caractère social et politisé irréductible : nous sommes bien dans le développement durable.

Cependant, les recherches entreprises associent de plus en plus fréquemment des spécialistes des sciences et des sciences humaines dès lors qu'il s'agit aussi d'établir l'influence et l'impact des activités ou des comportements humains ou de décider d'actions. Ainsi, par exemple, la gestion contrastée du moustique en grande et petite Camargue (Claeys & Serandour, 2009), souligne le caractère complexe des questions et l'hybridation des savoirs impliqués : cette gestion ne peut se penser sans prendre en compte les représentations sociales des populations humaines locales, notamment les questions d'identité. En effet, la question du moustique diffère traditionnellement en grande Camargue, pays d'élevage extensif et de tourisme dont il est un élément identitaire des populations, la figure du Gardian, et en petite Camargue, pays de culture intensive où le moustique est considéré par ses habitants comme frein au développement économique. Mais, ces dernières années, les représentations se brouillent dans les deux populations : le moustique est également

11. Union Internationale pour la Conservation de la Nature.



perçu comme vecteur de maladie et nuisible par ses piqures et comme étant une espèce importante pour la biodiversité locale, du fait de sa place et rôle au sein des écosystèmes. Son éradication pose alors problème : il s'agit davantage d'apprendre à le gérer ce qui implique de prendre en compte, conjointement, la représentation sociale du moustique et le traitement des zones humides. Cet exemple est pour nous emblématique de la situation actuelle : l'imbrication – ce qui ne signifie pas confusion – des sciences et des sciences humaines et sociales, est devenue incontournable pour étudier les questions de sociétés et de « nature ».

Dans le même temps, et de manière apparemment paradoxale, la biologie de la conservation, comme celle de la restauration, s'émancipent progressivement de la sphère du politique et de son idéologie résiduelle, en abandonnant l'idée d'évolution naturelle, pour lui substituer celle de coévolution généralisée des systèmes vivants. Ainsi est-il actuellement scientifiquement accepté que nombre de grands biomes – tels la forêt amazonienne, la savane arborée... – résultent d'un processus de jardinage effectué par les peuples autochtones : cela réduit considérablement l'idée de « nature sauvage ». L'idée d'une nécessaire participation des habitants à toute idée de protection des milieux, fussent-ils pour le grand public occidental le symbole de la nature sauvage, s'impose progressivement. Cette évolution conceptuelle bouleverse l'idée de réserve et de grands parcs tels que les nations occidentales l'ont souvent « imposée » par exemple en Afrique. Elle suggère des démarches ressemblant davantage à l'idée française de « parc naturels régionaux ». La convergence avec l'idée géographique de milieu anthropisé, est aussi à souligner.

Mais, au moment où se produisent ces transformations conceptuelles, la diffusion dans l'espace sociétale de l'idée de biodiversité s'accompagne d'un renforcement de la part d'idéologie que ces sciences elles abandonnent : espèces invasives, espèces autochtones, pureté des espèces ... prennent place dans la sphère des représentations sociales comme autant de menaces ou comme recherche d'un état de nature, idéal mais perdu. Des ONG comme l'UICN participent notamment de la diffusion de cette idéologie décelable jusque dans ses principes fondamentaux (Parizeau, 2010). Lutter contre l'idéologie de la science (le scientisme) et mettre à jour l'idéologie dans la science ou dans sa médiatisation, sont des enjeux forts pour permettre une appropriation sociétale plus objectivée des concepts scientifiques.

Au final, le concept de biodiversité comporte une dimension patrimoniale qui renouvelle totalement l'idée de nature et notre rapport à celle-ci. Mais ses dimensions fonctionnelle et évolutive présentent également un intérêt éducatif fort sur un plan épistémologique et sociétal (Fortin *et al.*, 2009). Le défi est celui de la maîtrise de l'évolution de la biodiversité qui devient de fait un enjeu et un indicateur de la durabilité ou de la non-durabilité des actions et modalités du développement entrepris y compris dans le cadre éducatif. Citons comme exemples d'actions éducatives

possibles, la participation de l'établissement scolaire à la réalisation de trames vertes, urbaines ou non, de jardins partagés ou à visée patrimoniale, ou la participation à des programmes visant à établir l'état actuel de la biodiversité et de son évolution. Mais participer à ces programmes nécessite de maîtriser une technicité certaine et l'idée ancienne d'« amateur éclairé » s'en trouve réactualisée : la veille active et la fonction d'alerte par les populations sont nécessaires du fait d'un nombre forcément insuffisant de naturalistes professionnels. Pour l'enseignant, la tâche est double : permettre l'appropriation et l'usage du concept en tant qu'indicateur, par exemple en participant à des programmes nationaux de recensement tel que le propose notamment le MNHN en France, et permettre la compréhension réelle de sa signification au-delà du catastrophisme trop rapide des médias, en révélant la part d'idéologie et de science qu'il recouvre.

Dans ce premier exemple, la modalité de la contribution de l'ES à l'EDD est principalement un étayage de l'action.

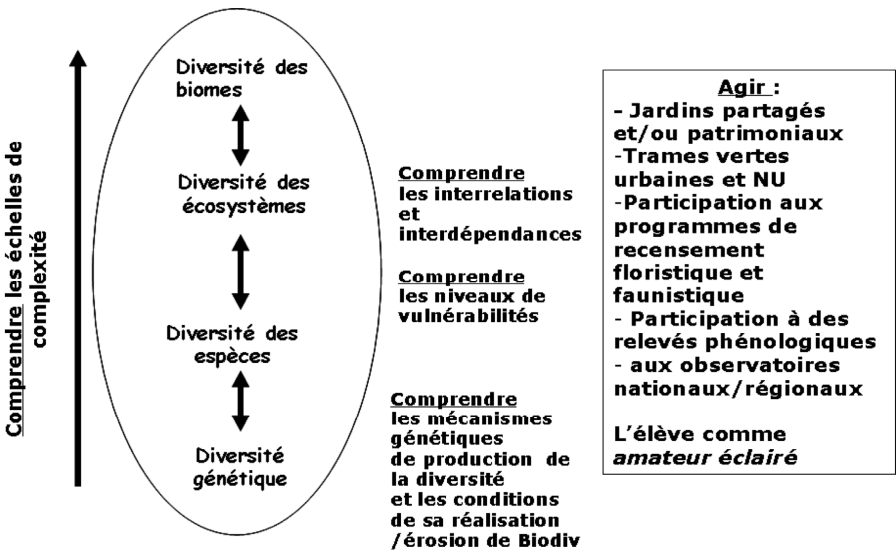


Figure 1 : Première modalité de contribution : étayage de l'action de DD (puissance heuristique mais risque idéologique)

Les SVT comme entrée dans les controverses scientifiques par l'appropriation des démarches modélisantes : méta-analyse de l'idée de capacité de charge

L'idée de capacité de charge est importante pour le DD car elle renvoie à la dimension environnementale de la capacité comme concept pivot de la définition de Brundtland. Elle est au cœur du concept de ressource biologique et de l'indice fortement médiatisé d'« Empreinte Ecologique » (Lange & Simonneaux, 2008). Cet indice propose de rendre lisible et



visible, apparemment de façon simple, l'état de la surexploitation des ressources naturelles de la planète, en effectuant le rapport entre l'activité humaine et la capacité de la planète, elle-même traduite en hectare de terrain (Wackernage¹² & Rees¹³, 1995). Ces auteurs, sans faire référence explicitement à Malthus, ont conçus le modèle de l'empreinte écologique implicitement sur l'hypothèse de surconsommation relativement à la production écologique. La capacité de charge globale (équivalente dans le modèle à 1,78 hab¹⁴ / habitant) serait largement dépassée aujourd'hui avec une empreinte de 2,23 hab.

Apports des sciences de la vie

L'idée de capacité de charge prend ses sources dans les travaux portant sur les dynamiques de population en écologie au tournant du 19e et du 20e. La filiation de l'idée remonte aux travaux de Malthus à la fin du 18e¹⁵. Mathématisée en 1838 sous la forme d'une loi dite « loi logistique », par le mathématicien belge Verhulst, elle est « redécouverte » en 1927 par le généticien New-Yorkais Pearl. Celui-ci étudie plusieurs populations animales, limitées en nombre et closes – c'est à dire sans échange d'individus avec l'extérieur. Pearl travaille en effet sur des cages à drosophiles. Il démontre ainsi que la croissance d'une population relève d'une équation différentielle $dx/dt = rx(1-x/K)$ dont la résolution dépend de deux paramètres : r qui représente le taux de fécondité et K un coefficient de freinage. La valeur de K permet de déterminer la valeur limite vers laquelle tend la population. Inversée, cette valeur définit la capacité de charge d'un écosystème. C'est cette idée qui est globalisée à l'ensemble planétaire dans le cadre de l'empreinte écologique.

Par ses travaux, Pearl entend montrer que la croissance des populations humaines répond à des facteurs biologiques fondamentaux qui permettent de négliger les facteurs économiques et sociaux. C'est donc un projet de naturalisation des questions de société qu'il promeut dans un cadre de pensée qui relève d'une idéologie scientiste.

Limites de la contribution

Remettant à l'honneur l'approche malthusienne, ces travaux se déroulent dans un climat de controverses portant sur le darwinisme social et l'eugénisme avec Galton puis Pearson. On retrouve cette tendance en particulier dans les travaux du généticien et agronome Fisher, contemporain de Pearl et son principal protagoniste (De Gans, 2002) mais comme chez

12. Cet indice a fait l'objet de son travail de thèse à la British Columbia University sous la direction du Pr. Rees. D'origine Suisse, Wackernagel a une formation initiale d'ingénieur.

13. Professeur à la British Columbia University, Rees a une formation initiale en écologie des populations.

14. hab : hectare global.

15. A qui on doit l'idée selon laquelle les populations humaines suivent une croissance exponentielle et les ressources une croissance géométrique.



la majorité des généticiens de l'époque. Les critiques des travaux de Pearl portent sur leurs aspects mathématiques, leur simplisme, accusations portées par des mathématiciens, des économistes et des démographes notamment au « Congrès Mondial de la Population » à Genève en 1927. Les questions de société ne sont pas non plus absentes des débats, comme les contributions des classes sociales riches ou pauvres, les croissances différentielles existant entre les nations et la pertinence de politiques de régulation et de contrôle des naissances. Malgré tout, certains scientifiques soutiendront la loi logistique car elle nuance la vision catastrophiste, elle-même très idéologique, exprimée par les partisans de Malthus avec l'idée de surpopulation.

Les débats et controverses portent enfin sur la dimension scientifique de l'usage de telles « lois » en sciences biologiques, ce qu'en termes contemporains on préférerait exprimer par le terme de « modèle »¹⁶. Ainsi, le débat porte sur la méthode de l'extrapolation. Si Fisher reconnaît un certain mérite explicatif au « modèle » de Pearl, il lui nie par contre toute valeur prédictive. Pearl ira jusqu'à prédire pour l'humanité, à l'horizon 2100 une valeur limite de population estimée à 2 milliards 600 millions ! Depuis cette époque, d'autres modèles de dynamiques de populations ont été proposés en écologie, tel le modèle proies-prédateurs d'Hardy-Weinberg. Récemment, des modèles chaotiques ont été élaborés. Ils remettent en cause le modèle logistique dans sa capacité prédictive et son idéologie malthusienne. C'est davantage l'idée de seuils qui est alors mise en avant mais ils restent difficiles à établir.

Ce qui importe du point de vue épistémologique et aussi éducatif, c'est, au-delà de la valeur descriptive d'un modèle, sa capacité à évaluer une situation, à la comparer à d'autres. L'écart éventuel ainsi mis en évidence entre prédiction et réalité jette la base d'un processus de conceptualisation biologique. Du point de vue de l'EDD, cela peut être également la base d'un jugement potentiel des effets de l'action publique, fondement d'une citoyenneté active. Usage, appropriation et recours à des démarches modélisantes diversifiées transforment l'enseignement des SVT et fondent une modalité de sa contribution aux questions de société.

Les SVT comme apport à une compréhension partielle des questions de société : méta-analyse de l'idée de risque.

Le risque, en particulier le risque environnemental, est devenu une source d'inquiétude pour les sociétés occidentales. Quelles relations l'idée de risque entretient-elle avec le domaine des sciences de la nature ?

16. Du point de vue épistémologique et didactique (la question de la modélisation a fait l'objet de nombreux travaux en didactique des sciences), ce dernier point mérite d'être souligné. En effet, la question terminologique est d'importance car les termes de « loi » ou de « modèle » reflètent une conception des sciences. Une posture actuelle conduit à préférer le terme de modèle reconnaissant par là l'introduction d'une pensée probabiliste au sein des sciences du vivant.



Des interactions entre espèces

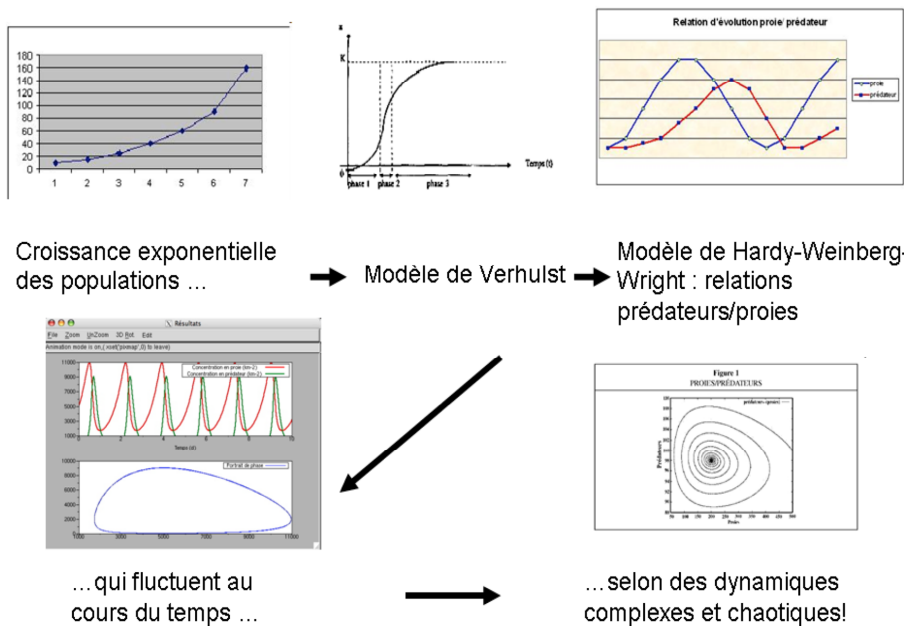


Figure 2 : Deuxième modalité de contribution, puissance heuristique et limite de validité des modélisations (controverse scientifique)

Apports

Il est généralement admis que les sciences permettent de comprendre les aléas (bio-géo-physiques) sources de risques, et de rationaliser celui-ci au moyen d'une évaluation quantifiée.

C'est bien en effet quand il y a incertitude que les sciences prennent toute leur importance dans leur capacité à réduire l'incertitude en déterminant les causes. Elles proposent également des méthodes rationnelles d'évaluation des risques. La connaissance d'une probabilité du risque est en effet nécessaire aux « decision makers » pour se prononcer. Soulignons que les risques environnementaux évoqués ici ont ceci de particulier qu'ils sont globaux, incertains (techniquement, méthodologiquement et épistémologiquement (Funtowicz & Ravetz, 1990)), et irréversibles.

Mais par ailleurs, l'éducation scientifique insiste rarement sur le fait que les sciences ne produisent pas de certitudes. Jenkins (2009) souligne ainsi la nécessité de combler le fossé entre une évolution sociétale de plus en plus incertaine et complexe, et une éducation scientifique visant, le plus souvent, le développement d'une croyance dans le pouvoir de la science, ce qui relève du scientisme. Le changement pour l'éducation scientifique est considérable et la question du risque en est l'occasion. Comme le souligne Christensen (2009) :



« School sciences, however, has rarely acknowledged the uncertain dimensions of science and there now seem to be important consequences of failing to do so. It is in relation to decision making where scientific knowledge is uncertain that risk understanding can make a significant contribution. »

Pour l'éducation scientifique, il faut donc dans le même temps permettre la reconnaissance du caractère incertain des sciences entrain de se faire, ancrer celles-ci dans la société en donnant toute la place qu'ils méritent aux débats relatifs aux questions socioscientifiques, et contribuer à réduire l'incertitude de l'évolution des sociétés contemporaines. La situation est pour le moins paradoxale.

Limites

Dans le cadre du développement durable et du point de vue de la décision politique, deux principes ont été actés à Rio en 1992, puis incorporés, avec des fortunes diverses dans les règlements juridiques internationaux et nationaux. Ainsi convient-il de distinguer :

- le principe de prévention,
- le principe de précaution.

Le premier s'applique en situation « connue » c'est-à-dire lorsqu'une probabilité a pu être scientifiquement déterminée. Elle conduit alors à une politique décisionnelle du type avantage/risque : je peux prendre cette décision, malgré le risque encouru, si tout me dit que les avantages attendus sont supérieurs au risque. C'est la situation typique des systèmes d'assurances. Dans le domaine public cela concerne, par exemple, le risque vaccinal.

Le deuxième se définit en France de la manière suivante :

Le principe de précaution, selon lequel l'absence de certitude, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable (loi Barnier).

Certains auteurs comme O. Godard (avis du CES 2003, Cl. Martinand rapporteur) y voient un prolongement de l'idée de « prévoyance » du 19^e et de celle de prévention du 20^e mais l'assortissent d'un certain nombre de conditions :

- les mesures doivent être effectives,
- elles doivent être proportionnées,
- les dommages doivent être potentiellement graves et irréversibles et donc ne pas relever de la simple prévention,
- le coût des mesures doit rester acceptable.

D'autres y voient une contradiction majeure. Ainsi, pour J.-P. Dupuy (2002), puisqu'il est impossible d'attribuer une probabilité à ce qui ferait l'objet de cette précaution, c'est que le domaine est, au minimum,



incertain et qu'il risque de le rester longtemps. On se retrouve donc dans la situation d'attribuer un risque de risque ou dit autrement, une probabilité de probabilité, ce qui est absurde, et l'application de ce principe, impossible.

Le débat est d'importance et son intérêt éducatif certain. On peut souligner que du point de vue éducatif l'enjeu est aussi de lever la dérive trop souvent médiatiquement constatée : le principe de précaution (précaution juridique) ne s'applique qu'à des cas très rares et bien encadrés par la loi et non un principe général de gouvernance de tous les échelons d'une société vieillissante devenue timorée (ou précaution élargie).

Du point de vue académique aujourd'hui, c'est davantage au travers du concept de vulnérabilité des groupes sociaux et/ou des systèmes biophysiques que la durabilité suscite réflexions et travaux de recherches, notamment celles portant sur le développement ou sur la biodiversité. Composante du risque, le concept de vulnérabilité comporte celui d'« anticipation » des implications des décisions prises qui visent à sa réduction. Ainsi, la vulnérabilité peut être entendue (Bidou, Droy, 2009) comme étant :

Les caractéristiques et la situation d'une personne ou d'un groupe qui influencent leurs capacités à anticiper, faire face, résister et se rétablir après l'impact d'un aléa.

La vulnérabilité prime donc sur l'idée de risque mais partage avec celui-ci un rapport à l'aléa. Ainsi, le point de vue sur la relation risque/vulnérabilité a considérablement évolué ces dernières années (Magnan, 2009). Dans les années 1950, le risque a été analysé selon un « paradigme physique » et les sciences de la nature (géologie, etc.) ont dominé les travaux. Ensuite, dans les années 80, une deuxième école de pensée s'est organisée autour d'un « paradigme structurel » : le risque devient une rencontre entre un danger et une vulnérabilité, et l'impact des sciences sociales devient plus important. Mais, dans cette période, les travaux demeurent ancrés sur des approches différentes et pensés en termes de complémentarité entre sciences « humaines » et sciences « exactes ». Ces approches se sont finalement avérées insuffisantes lorsqu'il a fallu expliquer les différences de vulnérabilité apparues entre les groupes humains confrontés à un risque semblable. Depuis les années 2000, un nouveau paradigme, celui de « réciprocité » entre risque et vulnérabilité, conduit à une vision dynamique de la relation homme/environnement, et les risques qui en résultent sont ancrés dans un territoire donné. La triple dimension de perturbation/territoire/vulnérabilité remplace la traditionnelle approche hasard/vulnérabilité et appelle à des approches multiréférentielles dans laquelle l'univers des sciences, les humanités et les sciences sociales doivent apprendre à s'hybrider¹⁷.

17. Soulignons au passage que ce que désignent les biologistes par vulnérabilité n'est en fait que l'un des niveaux de risque pour une espèce donnée. Il serait plus opportun, par soucis de cohérence avec les géographes, de réserver le terme pour désigner l'ensemble.



Ainsi, les travaux actuels des géographes portant sur le développement, ont-ils recours à une méthodologie conçue selon le modèle « Pression and Release » et permettant l'analyse des situations en termes de causes fondamentales, de pressions dynamiques, de conditions dangereuses, caractérisant la vulnérabilité face à un aléa (Wisner *et al.*, 2003). Mais la linéarité du modèle entre causes et conséquences se révèle être une limite à la compréhension fine des situations. Les recherches s'orientent désormais vers une meilleure prise en compte de l'histoire des situations et des temps longs (Bidou & Droy, 2009).

Sur le plan sociétal, il est ainsi maintenant admis que deux registres de perception du risque se confrontent : sa perception scientifique, le plus souvent exprimée en termes de probabilités, et sa perception sociale, souvent qualifiée d'irrationnelle par les experts et décideurs, dépendante de l'appartenance territoriale et du sentiment de vulnérabilité liée au risque. Ces deux registres définissent l'*acceptabilité* du risque (Faucheux & Nicolaï, 2005). Cependant peu de travaux prennent encore réellement en compte ces deux registres et les méthodes hybrides sont appelées à se développer (Deram, Hayet, & van Staevel, 2006).

Socialement cette affaire est d'importance car elle conditionne la tenue du débat démocratique. Ainsi, Chevassus-au-Louis (2000, 2007) précise la distinction apportée : l'idée de risque des experts est élaborée dans une *rationalité scientifique* définie d'une manière quantitative et probabiliste. Tout autre est l'appréciation du risque par les citoyens : ceux-ci, envisagent le risque selon une *rationalité profane*, ce qu'il ne faut pas confondre avec l'irrationalité. Cette forme de rationalité repose sur des critères qualitatifs :

- le caractère volontaire (je décide de m'exposer au risque) ou subi (quelqu'un d'autre m'y expose) du risque,
- son caractère connu (je sais à quel moment je m'expose) ou inconnu,
- les conséquences immédiates (je perçois rapidement les effets éventuels) ou différés du danger, le cas des conséquences subies par les générations à venir étant un cas extrême d'effets différés,
- le caractère juste (ceux qui créent le risque sont ceux qui y sont exposés) ou injuste du risque,
- son potentiel catastrophique, c'est-à-dire le nombre de gens concernés par le problème.
- la confiance ou non dans l'évaluation du risque faite par les scientifiques.

Au final, la contribution des sciences se limite à la compréhension de l'aléa et de sa probabilité de survenue. C'est dans cette compréhension de l'aléa et l'appréciation rationnelle et hiérarchisée du risque qui en résulte, que réside la contribution de l'ES à l'EDD à cette question. Mais la compréhension globale et complexe de la vulnérabilité nécessite une



approche multiréférentielle mêlant une fois de plus sciences de la nature et sciences humaines et sociales, laissant une place à une rationalité profane.

Réduire l'étude du risque à sa seule dimension scientifique peut être le vecteur d'une conception technocratique du monde au détriment du débat démocratique. Le schéma ci-dessous résume le jeu social établi entre acteur, les conflits potentiels de rationalité et les moyens de les dépasser au nom de l'intérêt général.

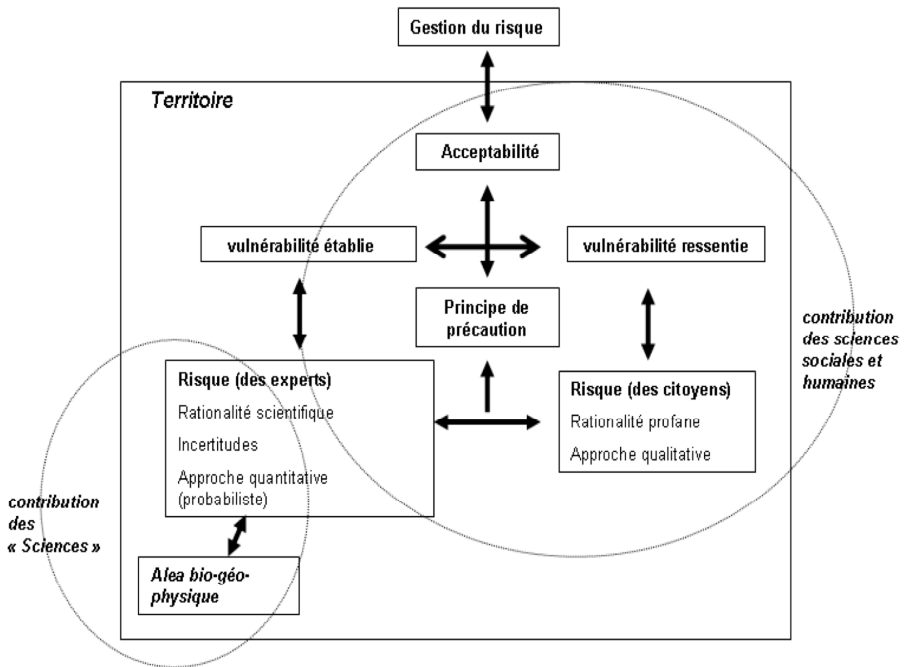


Figure 3 : Troisième modalité de contribution : compréhension partielle d'une question de société (incomplétude de l'ES et risque technocratique)

Conclusion

L'EDD implique des savoirs, mais les savoirs dont il s'agit ont certaines caractéristiques particulières, ou tout du moins accentuées relativement aux savoirs académiques et scolaires coutumiers. Ces savoirs sont qualifiés d'hybrides (Jollivet, 2001). Hybrides, ils le sont pour trois raisons : parce qu'ils renouvellent le schéma modèle cognitif-modèle opératif du fait qu'ils comportent en eux-mêmes le concept et l'action (ex : Biodiversité – bilan carbone – équivalent carbone – efficacité énergétique – énergie renouvelable – changement climatique – ressources – vulnérabilité....); parce qu'ils sont situés aux confins des sciences, des sciences sociales et humaines; parce qu'ils sont situés aux confins des sciences et du politique et restent chargés d'idéologie.



L'exemple des sciences du vivant enseignées est pour nous emblématique de la nécessaire mise en correspondance avec la situation des sciences académiques de références, c'est-à-dire l'imbrication – ce qui ne signifie pas confusion – des sciences « de la nature » et des sciences humaines et sociales. L'idée d'une science neutre et détachée est de moins en moins tenable et le développement durable incite à revisiter les fondements des disciplines scolaires. Celles-ci, à l'instar des SVT, ne doivent pas devenir un moment d'endoctrinement ou de simplisme exagéré, notamment à propos de l'idée de nature. L'EDD invite non pas à moins de disciplines et matières, ou à se laisser enfermer dans celles-ci. Elle est l'occasion de mobiliser des disciplines recentrées sur leur cœur : leurs concepts clés et leurs méthodes. Cette mobilisation se doit d'être conçue dans une démarche interdisciplinaire, non de juxtaposition, mais, complexe, de croisement des questionnements portant sur des questions sociétales. C'est bien alors en termes de *contribution* que l'éducation scientifique et les autres domaines doivent être pensés. Cela implique d'accepter l'incomplétude intrinsèque de chacun des domaines, de reconnaître le danger permanent de naturalisation des questions de sociétés ou de celui du risque technocratique, et d'être attentif à la part d'idéologie qu'ils transmettent potentiellement.



Références

Bidou, J.-E. & Droy, I. (2009). Décrire la construction temporelle des vulnérabilités. In S. Becerra, A. Peltier (Eds), *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés* (pp. 155-170). Paris : L'Harmattan.

Blandin, P. (2009). *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*. Versailles : Quae.

Brégeon, J. (2008). *Rapport du groupe de travail interministériel sur l'Education au développement durable*. Paris : Ministère de l'Education nationale.

Christensen, Cl. (2009). Risk and school science education. In *Studies in Science Education*, 45, 2, 205-223.

Chevassus-au-Louis, B. (2000). *Que mangeons-nous, retour de l'irrationnel ou conflit de rationalité ?* <http://www.ceras-projet.com>

Chevassus-au-Louis, B. (2007). *L'analyse des risques, l'expert, le décideur et le citoyen*. Versailles : Quae.

Claeys, C. & J. Serandour, J. (2009). Ce que le moustique nous apprend sur le dualisme anthropocentrisme/biocentrisme : perspective interdisciplinaire sociologie/biologie. In *Natures Sciences Sociétés*, 17, 2, 136-145.

De Gans, H. A. (2002). Loi mathématique ou conjecture spéculative ? Un débat des années 1920 sur la méthodologie des projections démographiques. In *Population* 1, 57, 91-119.

Deram, A., Hayet, A. & van Staavel, E. (2006). Evaluation et acceptabilité des risques environnementaux. In *Rapport final*, Etude RECORD n° 04-0810/0811/1A.

Dupuy, J.-P. (2002). *Pour un catastrophisme éclairé, quand l'impossible est certain*. Paris : Seuil, points.

Faucheux, S. & Nicolai, I. (2005). Environnement et société : de l'évaluation du risque à son acceptation. In *Sociétal*, 50, 26-32.

Fortin, C., Guillot, G., Lecointre, G., E., & Le Louarn-Bonnet, M.L., (2009). *Le Guide Critique de l'évolution*, Lecointre, G. (Ed.).

Fouriez, G. (1994). Constructivisme et justification éthique. In *Revue des sciences de l'éducation*, 20, 1, 157-174, récupéré du site l'Erudit : <http://id.erudit.org/iderudit/031705ar>

Funtowicz, S. & Ravetz, J.R. (1990). *Uncertainty and Quality in Science for Policy*. Dordrecht : Kluwer Academic Press.

Gouyon, P.-H. (2001). *Les harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie*. Versailles : Quae.

Gros, F. (2009). *Une biologie pour le Développement*. Les Ulis : EDP Sciences.

Jenkins, E. W. (2009). Reforming school science education : a commentary on selected reports and policy documents. In *Studies in science education*, 45, 1, 65-92.

Jollivet, M. (éditeur scientifique) (2001). *Le développement durable, de l'utopie au concept, nouveaux chantiers pour la recherche*. Paris : ELSEVIER.

Lange, J.-M. (2010). Quelle contribution de l'éducation scientifique et technique à l'éducation au développement durable ? » In P. Mustière & M. Fabre (Ed.) *Les rencontres Jules Vernes « Science, Technique et Société : de quoi sommes-nous responsables ? »* (pp. 375-385). Nantes : Coiffard librairie éditeur.

Lange, J.-M. & Martinand, J.-L. (2011). Curriculum de l'EDD : principes de questionnement et d'élaboration. Colloque international *Education au développement durable et à la biodiversité : concepts, questions vives, outils et pratiques*. Digne les Bains, 20-22 octobre 2010.

Lange, J.-M. & Martinand, J.-L. (2010). Education au développement durable et éducation scientifique : Repères pour un curriculum. In A. Hasni & J. Lebeaume (Ed.) *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technique* (pp. 125-154). Canada : Les Presses de l'Université d'Ottawa.

Lange, J.-M. & Simonneaux, J. (2008). Contribution des disciplines biologiques et économiques scolaires à l'éducation au développement durable (EDD) : approche didactique de la question des indicateurs. In *BioEd 2008 : Développement durable, éthique et éducation pour les années 2020 : Quels défis pour la Biologie ?* Dijon, 24-28juin 2008.

Magnan, A. (2009). La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influences. In *Analyse, IDDRI*, 1, 3-27.

Martinand, Cl., (2003). *Environnement et développement durable : l'indispensable mobilisation des acteurs économiques et sociaux*. Avis et Rapports du Conseil Economique et Social. Les éditions des Journaux officiels, République Française.



Martinand, J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : problèmes de didactique curriculaire. In *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 1, 101-116.

MEN (2007). Education au développement durable, 2e phase de généralisation de l'éducation au développement durable (EDD). In *Bulletin Officiel n° 14* du 5 avril 2007.

Parizeau, M.-H. (2010). *Biotechnologie, nanotechnologie, écologie, entre science et idéologie*. Versailles : Quae.

Ramade F. (1999). *Le grand massacre. L'avenir des espèces vivantes*. Paris : Hachette.

Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. Abell & N. Lederman (Ed.) *International handbook of research on science education*, (p 729-780). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.

Villalba, B. (éd.), (2009). *Appropriations du développement durable, émergences, diffusions, traductions*. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.

Wackernagel, M. et Rees W., (1995). *Notre empreinte écologique*. Montréal, Ecosociété, 1999.

Wisner, B., Blaikie, P. Cannon, T. et Davis, I. (2003). *At risk, Natural hazards, people's vulnerability and disaster*. London : Routledge.

Wilson, E.O. (1992). *La diversité de la vie*. Paris : Odile Jacob.