HAL open science

La question des indicateurs du Développement Durable, regards croisés de didactiques

Jean-Marc Lange, Jean Simonneaux

To cite this version:

Jean-Marc Lange, Jean Simonneaux. La question des indicateurs du Développement Durable, regards croisés de didactiques. BioEd08, Jun 2008, Dijon, France. hal-02463733

HAL Id: hal-02463733

https://hal.science/hal-02463733v1

Submitted on 1 Feb 2020

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.

La question des indicateurs du Développement Durable, regards croisés de didactiques.

Jean-Marc LANGE
UMR STEF, ENS Cachan et IUFM de Haute-Normandie
Jean SIMONNEAUX
UR Didactique des savoirs professionnels, scientifiques et sociaux émergents, ENFA, Toulouse

KEYWORDS : SUSTAINABLE DEVELOPMENT EDUCATION – INDICATORS – INTERDISCIPLINARITY - CURRICULUM - SOCIO SCIENTIFIC ISSUES

ABSTRACT : Our purpose is to offer a modelling step of the interdisciplinarity implemented as part of education in sustainable development. This education makes exceed a logic of accumulation and juxtaposition of existent concepts of several disciplines. It is for us necessary to understand rather how new references are built in their junction. This exam leans on the notion of indicator of sustainable development from the point of view of biological and economic sciences.

RÉSUMÉ : Notre propos est de proposer une démarche modélisante de l'interdisciplinarité mise en œuvre dans le cadre de l'éducation au développement durable. Cette éducation oblige à dépasser une logique d'accumulation et de juxtaposition de concepts issus de plusieurs disciplines. Il est pour nous nécessaire de comprendre plutôt comment de nouvelles références se construisent à leur croisée. Cet examen s'appuie sur la notion d'indicateur du DD du point de vue des sciences biologique et économique.

INTRODUCTION

Nous avons qualifié de l'Education au Développement Durable (EDD) d'a-disciplinaire (Simonneaux et al, 2006) : a-disciplinaire car le DD est une question qui a émergé dans le milieu politique et vise à définir des stratégies d'action en vue du futur de(s) société(s). Il n'y est donc pas centralement question de savoirs et surtout elle n'est pas construite dans une logique disciplinaire. Mais la problématique du DD s'appuie cependant sur des savoirs de multiples disciplines. La question des contributions disciplinaires à l'EDD et celle des références à mobiliser se pose alors. Nous soutenons ici la thèse que le DD oblige à dépasser une simple logique pluridisciplinaire, sous la forme d'une accumulation de concepts de références de plusieurs disciplines, et qu'il est nécessaire de comprendre comment de nouveaux savoirs, le plus souvent hybrides et multiréférentiés, se construisent à la croisée des disciplines sans tomber pour autant dans une simple « incantion » à l'interdisciplinarité. Notre objet ici est d'examiner ces constructions au croisement de la biologie et des sciences économiques, de comprendre d'un point de vue didactique les articulations nécessaires, et de clarifier le « questionnement fécond » que constitue l'apport de chacune des disciplines mises ainsi à contribution.

2. LE CONTEXTE

2.1 Des réseaux transdisciplinaires

Les constructions disciplinaires ont une logique épistémologique plus ou moins accumulatrice mais aussi une logique institutionnelle et académique (Vinck, 2007). Le DD vient bousculer cette logique institutionnelle. Les réseaux d'experts qui se constituent fédèrent des acteurs issus de diverses disciplines des sciences sociales, des sciences « expérimentales » et également des acteurs engagés dans des actions[1] multiples. Ce qui paraît important dans ce mouvement c'est le décloisonnement qui semble s'opérer à l'occasion de ces recherches. Sans renoncer à leurs appartenances disciplinaires, des individus se rencontrent non seulement pour croiser leurs regards mais surtout pour élaborer et structurer un champ de recherche et d'action nouveau. Il ne s'agit pas d'une nouvelle communauté disciplinaire mais bien de

[1] On peut souligner comment plusieurs « colloques » ayant pour objet le développement durable ou l'éducation au développement durable (Arras 2005, Montpellier Juin 2007, Albi juin 2008) regroupent explicitement scientifiques de plusieurs disciplines, associations et acteurs sociaux engagés dans des projets de développement durable.

réseaux. En effet, la représentation d'un espace purement disciplinaire conduit le plus souvent à penser en termes de frontières ou de limites alors qu'il est préférable de penser ici en termes d'espaces transitionnels et/ou d'espaces d'interactions.

2.2 La recherche de nouveaux indicateurs

La problématique du développement durable a fait émerger de manière renouvelée les enjeux environnementaux, économiques et sociaux. La nécessité de mettre au point des indicateurs nouveaux se fait ressentir dès le sommet de Rio en 1992 : ils sont l'objet des Agendas 21. Ainsi, leur nombre se multiplie-t-il aujourd'hui comme le souligne Jean Gadrey (newsletter WWF nov. 2007). Ce foisonnement et l'apparition d'une terminologie peu coutumière pour nombre de disciplines en particulier scolaire - tableaux de bords, indicateurs, indices - les polémiques dont les médias se font l'écho, conduisent à un besoin de clarification auquel nous proposons de contribuer. Notre objet n'est pas de faire une revue des différents indicateurs[2] mais bien d'analyser leur construction afin d'établir leur potentiel pédagogique et didactique selon une démarche modélisante.

3. TABLEAUX DE BORDS, INDICATEURS ET INDICES

3.1 Les indicateurs : entre science et idéologie

Issue du champ de la sociologie, en particulier des travaux de Lazarsfeld, l'idée d'indicateur se propose d'élaborer des variables observables permettant de rendre compte d'une réalité non perceptible immédiatement. Elle se distingue de celle d'indice : ceux-ci résultent de l'agrégation d'indicateurs de bases (P.M. Boulanger, 2004) et on parle alors d'indices synthétiques. Il existe donc trois grandes catégories d'indicateurs (Tableau 1).

Catégorie	**Nature**	**Usage**	**Réception par le public**
Tableaux de bords	Juxtaposition de données statistiques	Aide à la décision politique et gestion d'entreprise	Non contesté
Indices synthétiques ou	Agrégation d'indicateurs	Evaluation de l'action	Polémiques et contestés

[2] De nombreuses publications scientifiques mais aussi de divers acteurs (collectivités territoriales, associations…) présentent leurs choix d'indicateurs, voire leurs propres indicateurs.

agrégés		publique	
Regroupement d'indicateurs[3]	Juxtaposition d'un petit nombre d'indicateurs	Aide à la décision	Non contestés

Tableau 1 : Les catégories d'indicateurs (d'après Boulanger 2004)

Les indicateurs synthétiques, ou indices, provoquent le plus souvent des contestations ou des oppositions fortes. Pourtant, ils pourraient constituer un outil d'évaluation de l'action publique à l'usage du public[4] et devenir l'instrument privilégié d'une démocratie active et critique en permettant la perception et la compréhension de ces externalités. Dans l'objectif d'une éducation citoyenne et active au DD, la méthode de l'indice synthétique apparaît comme étant la plus aisée ou la plus porteuse pédagogiquement du fait de sa simplicité apparente – elle aboutit en général à une valeur quantitative unique - en permettant une appropriation rapide des enjeux de la problématique qu'ils se veulent refléter. A quoi tiennent les polémiques dont ces indices sont l'objet ? L'étude de leur construction nous permettra de répondre en partie à cette question.

3.2 Les étapes de la construction d'un indice synthétique

Un indice synthétique se construit en plusieurs étapes (Tableau 2).

Etape	**Caractéristiques**	**Objectivité/Subjectivité**
Identification des concepts scientifiques clés	multidimensionnels	A priori objectif
Sélection des variables pertinentes	Qualitatives, quantitatives, semi-quantitatives	Objectif mais choix en vue du projet
Mesures	Détermination des échelles, du degré de précision, des seuils	Objectif mais part de subjectivité dans les choix
Opérationnalisation	Synthèse : indice unique, choix de l'unité	Etape la plus subjective et la plus contestée

Tableau 2 : Etapes de la construction d'in indice synthétique (d'après Boulanger 2004)

S'il apparaît nettement que, pour chacune des étapes, il existe une marge d'incertitude scientifique, c'est bien dans le passage à l'indice unique qu'il y a des choix cruciaux,

[3] Par exemple, dans la méthode IDEA, les 42 indicateurs sont « réduits » à un score sur 10 domaines présenté sous forme de toile d'araignée.
[4] dans le sens donné par J. Dewey à ce terme – ensemble de personnes qui naît de la prise de conscience de l'existence d'externalité négative résultant de l'action publique.

subjectifs et idéologiques à effectuer. C'est sur cette phase que se cristallise le plus souvent la contestation. Au final, un indice est toujours à la fois scientifique, mais multidimensionnel, et subjectif car au service d'un projet politique.

3.3 Les indicateurs de DD

L'enjeu pour le développement durable est d'identifier de nouveaux indicateurs et de nouveaux indices venant compléter ou se substituer aux indices existants en particulier celui du PIB qui a « *été construits dans un contexte socio-politique bien particulier de l'après-guerre avec notamment des impératifs de reconstruction industrielle » (Jany-Catrice &Kampelmann, 200 7, p. 108*[5]*).* Ces dernières années ont été proposés de nombreux indicateurs qui se distinguent par les approches qu'ils privilégient, et donc par leurs *a priori* idéologiques. Nous retenons la typologie proposée par Boulanger (Tableau 3) .

Approche	**Fondement**	**Caractéristique principale**	**Exemples**
Sectorielle	Fondée sur les piliers économiques, sociaux, et environnementaux	Reproduit la sectorisation académique	Tableaux de bords
Ressources	Centrée sur l'idée de soutenabilité forte	Néglige l'idée de développement	Empreinte écologique (EF)[6], ESI[7], EWI[8]
Bien être	Centrée sur le développement	Néglige l'idée de soutenabilité	Indice de développement humain (HDI)[9]

Tableau 3 : Les indicateurs du DD : typologie des approches (d'après Boulanger 2004)

Aucun indice actuel ne couvrant l'ensemble du DD, une synthèse s'avère nécessaire pour envisager une approche globale. Certains auteurs proposent de croiser plusieurs indices entre eux. Citons par exemple le travail effectué par A. Boutaud (2005)[10] qui propose de concilier le développement humain et la préservation de l'environnement en croisant l'IDH et l'EF ou celui proposé par le WWWF dans son rapport « Planète vivante » (2006)[11].

[5] JANY-CATRICE F., KAMPELMANN S. (2007).L'indicateur de bien-être économique : une application à la France. *Revue française d'économie*, juillet, p. 107-148.
[6] Ecological footprint, Wakernagel et Rees, 1995, Chambers, Simmons et Wakernagel (2000).
[7] Environnemental Sustainability Index, World Economic Forum (2002)
[8] Ecosystem Weilbeing Index , Prescott-Allen (2001)
[9] Indice de développement Humain (IDH) porté par l'ONU, et théorisé par A. Sen, articule-t-il les idées de capacité d'agir, de satisfaction, et de capacité des fonctionnements
[10] cité et illustré dans « L'enseignement agricole en marche le développement durable » (2007) p. 30-31
[11] source newsletter WWF nov. 2007

4. DÉCONSTRUCTION D'UN INDICATEUR

4.1 Définitions et enjeux

L'empreinte écologique (EF) doit son succès médiatique au fait qu'il est porté et popularisé par de grands organismes internationaux comme le WWF, mais aussi à sa simplicité apparente : il se propose de rendre lisible et visible de façon simple la surexploitation de la planète, en effectuant le rapport entre l'activité humaine et la capacité de la planète (Wackernagel[12] et Rees[13], 1995), traduit en hectare de terrain. Sa volonté affichée est celle de traduire un état de surexploitation des ressources naturelles de la planète. Il constitue une illustration pertinente d'une méthode se situant à la marge des disciplines académiques tout en s'appuyant sur des références scientifiques plus ou moins explicites.

Il mobilise le concept écologique de *capacité de charge* (carying capacity) mais de façon inversée puisque celui-ci consiste à déterminer la valeur du seuil de l'importance quantitative d'une population animale donnée supportable par un écosystème (V. Boivert, 2005). Piguet et al. (2007) remettent en cause également certains choix méthodologiques ou réductionnismes de l'empreinte écologique d'un point de vue scientifique – les flux sont traduits en surface- et d'un point de vue économique – il incite à une « auto-suffisance écologique » alors que c'est l'état mondial qui a une signification morale et politique - . Le débat est éthique, politique et économique et non plus seulement scientifique. Le réseau conceptuel qui le sous-tend comporte également celui de *rareté d'une ressource* (Hervé et Langlois, 1998). Devenu emblématique d'une certaine économie écologique, l'indice EF repose donc sur un socle multidimensionnel dont nous proposons d'examiner ici les fondements sans entrer dans une discussion portant sur les techniques de calculs et de leur validité mais avec l'ambition d'évaluer son potentiel éducatif. Le problème semble simple : certains points relèvent des sciences écologiques et d'autres des sciences économiques. Mais à y regarder de plus près, la situation est plus emmêlée. La déconstruction conceptuelle que nous proposons permettra également d'en jauger l'acceptabilité scientifique et l'intérêt didactique pour son acclimatation éventuelle dans le cadre scolaire.

4.2 Les termes de la controverse

[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.

4.2.1 Origine et ambiguïtés du concept de « capacité de charge »

L'idée de capacité de charge prend ses sources dans les travaux portant sur les dynamiques des populations en écologie au tournant du 19e et du 20e (Romagny, 1998). La filiation de l'idée remonte aux travaux de Malthus à la fin du 18e. à qui est due l'idée selon laquelle les populations humaines suivent une croissance exponentielle et les ressources une croissance géométrique. 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[14]. Par ses travaux, Pearl entend montrer que la croissance des populations humaines répond à des facteurs biologiques fondamentaux qui permettent de négliger volontairement les facteurs économiques et sociaux (Pearl, 1927, p. 29)[15].

Remettant à l'honneur l'approche malthusienne, ces travaux se déroulent dans un climat de controverses portant sur le darwinisme social et l'eugénisme[16] Les critiques portent sur ses aspects mathématiques, et son simplisme, accusations portées par des mathématiciens, des économistes et des démographes notamment au congrès mondial de la population à Genève en 1927. Certains scientifiques soutiennent la loi logistique car elle nuance[17] la vision catastrophiste exprimée dans l'idée de surpopulation par les partisans de Malthus et les questions de sociétés ne sont pas absentes de ces débats[18]. Mais le débat porte aussi sur la conception et l'usage de telles lois en science, ce qu'en termes contemporains on peut exprimer sous le mot de modélisation. Ainsi, si le généticien et agronome Fisher reconnaît un certain mérite explicatif au « modèle » de Pearl, il lui nie par contre toute valeur prédictive obtenue par extrapolation[19].

Du point de vue épistémologique et didactique, ce dernier point mérite d'être développé. En effet, la question terminologique est d'importance car les termes de loi ou de modèle reflètent une conception des sciences. Une posture contemporaine conduit à préférer le terme de

---

[14] Celui-ci, en étudiant plusieurs populations animales limitées en nombre et closes c'est à dire sans échange d'individus avec l'extérieur, puis en travaillant sur des cages à drosophiles, démontre que la croissance d'une population peut être représentée sous la forme 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.

[15] Cité par De Gans, p 98. (2002). Loi mathématique ou conjecture spéculative ?. Un débat des années 1920 sur la méthodologie des projections démographiques. *Population 1- vol 57, p91-119.*

[16] avec Galton puis Pearson dont on retrouve la tendance dans les travaux du contemporain de Pearl, Fisher (De Gans, 2002).

[17] Comme par ex. Haldane, du fait de l'idée d'homéostasie qu'elle introduit en dynamique de population.

[18] Elles concernent les contributions des classes sociales riches ou pauvres, les croissances différentielles existant entre les nations occidentales ou non occidentales ressenties comme un péril, ainsi que les bases d'une politique de régulation et de contrôle des naissances.

[19] Au contraire, Pearl ira jusqu'à prédire pour l'horizon 2100 un plafond estimé à une valeur de 2 milliards 600 millions d'habitants. Depuis cette période, d'autres modèles de dynamiques de populations ont été proposés dans le domaine de l'écologie et des effets chaotiques ont été décrits (May, 1991) remettant en cause le modèle logistique et sa capacité prédictive (cf. *La Recherche n° 296*, 1997).

modèle reconnaissant par là l'introduction d'une pensée probabiliste au sein des sciences du vivant. Cette posture a fait l'objet de nombreux travaux en didactique (ex. : Rumelhard, 2001 ; Martinand, 1992 ; Lange, 2005). Mais c'est la démarche mise en oeuvre autour de l'usage du modèle de Hardy-Weinberg-Wrigt[20] qui nous paraît emblématique de celle pouvant être mise en œuvre à propos de l'EF. Ce qui importe au-delà de la valeur descriptive d'un modèle, c'est la capacité qu'il offre à évaluer une situation, à la comparer à d'autres et à mettre en évidence les écarts réels positifs ou négatifs existant par rapport à ce qu'il décrit. L'écart ainsi mis en évidence entre prédiction et réalité jette la base d'un jugement potentiel des effets de l'action publique.

4.2.2 La nature peut-elle s'apprécier en terme de rareté ?

Les controverses sur l'empreinte écologique, notamment soulevées par Piguet et al., peuvent être analysées à la lumière des divers approches économiques. Les sciences économiques explorent les questions environnementales depuis longtemps sous l'angle des ressources et la pensée de Malthus est marquante au début du 19 e dans ce domaine. Les sciences économiques contemporaines comportent plusieurs courants qui s'intéressent à l'environnement (Simonneaux, 2007) : l'économie de l'environnement, qui analyse les effets externes de l'activité économique avec une régulation externe au marché (taxes, réglementation…), et l'économie écologique dans laquelle la nature ne peut être réduite à une équivalence monétaire conduisent à s'interroger sur les indicateurs qui sont utilisés pour mesurer l'environnement ou la nature dans l'activité économique.

Pour l'approche néoclassique, la rareté et les besoins sont les deux faces d'une même médaille. Un bien ne peut être rare en économie classique que s'il répond à un besoin et constitue ainsi une ressource. En acceptant de reconnaître des besoins sociaux et non seulement physiologiques, l'économie tend à rendre les besoins illimités et accentue la rareté des ressources. La rareté est alors perçue comme réelle.

Dans une approche plus marxiste, Alain Lipietz (1978) s'interrogeait sur la justification d'une rente à partir de la rareté de la terre. Il argumente que ce n'est pas la terre qui a une valeur en elle-même, c'est le fait qu'une ressource fasse l'objet d'une appropriation « privative » qui

[20] Le modèle d'Hardy-Weinberg, issu des travaux du mathématicien anglais Hardy et du physiologiste allemand Weinberg, décrit de façon idéale un équilibre dans la répartition des gènes à l'intérieur d'une population théorique au pris d'une hypothèse niant les facteurs comme ceux de mutation, de migration et de sélection. Suites au nombreux débats provoqués autour de cette idée clé au milieu du 20e, c'est, au prix d'un raisonnement radicalement nouveau, dans l'écart mesuré entre cet équilibre idéal et la répartition « réel » observée dans telle ou telle population que se réintroduit la question biologique de la sélection naturelle et lui donnera un statut nouveau en légitimant l'identification de la valeur sélective à une reproduction différentielle[20].

crée la rareté et non l'inverse. C'est le rapport social (la propriété) qui génère la rareté et donc une rente et un prix. La mise en place d'un marché international de droits à polluer (en CO2) est basée sur une appropriation privée de l'air et crée ainsi la rareté de la ressource.

On voit dans cette position de Lipietz les prémisses du courant de l'économie écologique pour lequel il n'y a pas de substituabilité absolue des ressources naturelles ce qui conduit à reconnaître et préserver un capital naturel « critique » qui ne peut donc pas être mesuré sous la forme d'une équivalence monétaire. Cette position remet en cause la méthodologie utilisée en comptabilité nationale et conduit à renouveler les indicateurs de richesses habituels. Par contre, en économie de l'environnement, la valeur du capital naturel peut être traduite dans les concepts de valeur d'usage, valeur de legs et valeur d'existence. Ces méthodes contingentes d'estimation monétaire sont contestées par les tenants d'une économie écologique : ce n'est pas parce qu'une innovation scientifique ou un changement de contexte modifient l'usage de la nature que cette dernière change de valeur (Simonneaux, 2007). L'empreinte écologique s'inscrit dans la logique d'une évaluation non-monétaire du capital naturel et des flux.

Pour Alain Caillé (2001), dans une perspective sociologique, la rareté est issue de l'*économisme* qui marque la pensée moderne, qu'elle soit libérale ou marxiste[21]. Les sociétés traditionnelles fixent des limites à l'accumulation de richesses, seule la société moderne « *vise une richesse infinie* » (P. 125). Dans ce cadre, la rareté n'est plus alors considérée comme un réel incontournable mais comme le résultat d'un processus social. C'est l'idée même de capital qui est alors interrogée.

Que faut-il alors penser de l'indice d'empreinte écologique ? La controverse contemporaine dont il fait l'objet porte essentiellement sur sa valeur en tant qu'outil descriptif d'une réalité et du peu de cas qu'il fait de l'évolution économique, sociale et technique des sociétés. Si nous lui attribuons la finalité de décrire une réalité de l'impact de l'activité humaine sur l' « écosystème » planétaire, alors il semble scientifiquement peu crédible et peu adapté pour déterminer l'action politique. Mais si au contraire nous lui attribuons celle de révéler un problème et que nous l'utilisons pour mesurer l'écart existant entre sa valeur prédictive et la « réalité » observée, nous pouvons prendre la mesure de sa valeur comme outil permettant au public de juger et évaluer l'action politique. C'est bien cet usage qui lui donne un intérêt éducatif mais au prix d'une nécessaire déconstruction scientifique et d'une mise au grand jour des controverses dont il fait l'objet.

[21] C'est l'hypothèse qu'il défend en s'appuyant sur divers travaux d'ethnologie, notamment dans des sociétés traditionnelles pour lesquelles l'accumulation de richesses n'est pas systématique. CAILLE A. (2001). La rareté reconsidérée. *Revue du Mauss, n°18,* P. 119-125.

5. CONCLUSION ET PERSPECTVES

Ce qui nous semble important à retenir, d'un point de vue épistémologique, des controverses décrites ci-dessus c'est que, tant dans les années trente qu'aujourd'hui, le débat porte sur des questions scientifiques et sociales. Les savoirs convoqués dans l'élaboration d'indicateurs sont hybrides et impliqués socialement. Il en résulte une porosité des disciplines qui repose sur la prise en compte conjointe d'enjeux sociétaux et pour l'éducation en sciences biologiques la nécessité : d'une mise en correspondance avec les pratiques actuelles en recherche académique (nouveaux contenus, recours diversifié à la modélisation) ; d'investir les *espaces d'interactions* entre disciplines au moyen d'une interdisciplinarité réelle ; d'introduire les *controverses scientifiques et soci-scientifiques* (Legardez et Simonneaux, 2006) pour une *éducation engagée* (Simonneaux, à paraître) ; de permettre à chacun de s'approprier les termes du débat et de se construire une *opinion raisonnée* (Lange et Victor, 2006), prémisse d'une citoyenneté active.

ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

BOIVERT V. (2005). L'empreinte écologique : un indicateur de développement durable ? In Maréchal JP et Quénault B. (dir*) Le développement durable, une perspective pour le XXIe siècle*. Rennes : PUR.

BOULANGER P.-M. (2004). Les indicateurs du développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique. *IDDRI, idées pour le débat, 21*.

CONRY Y. (1981). De Darwin à la génétique des populations. *Revue de synthèse, 103-104*, pp 139-330.

GENDRON B. (2006). *Le développement durable comme compromis, la modernisation écologique de l'économie à l'ère de la mondialisation*. Presses Universitaires du Québec.

LANGE J.-M. (2005). Rencontre entre deux disciplines scolaires, biologie et mathématiques : première approche des enjeux didactiques de la formation des enseignants de biologie. *Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et de la Technologie*. *Vol. 5, n°4*, 485-502 University of Toronto, Ontario.

LIEPIETZ A. (1978). Terre, rente et rareté. *Revue d'économie politique, 5,* pp.746-754.

MARTINAND J.-L. (2007). Éléments de problématique pour l'éducation scientifique des citoyens. In N. Benjelloun & M. Zaki (éd.). Formation, apprentissage et évaluation en

sciences et techniques à l'université. *Actes du Symposium international FORAPEVAL*, 23-24 novembre 2006. Fès : univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, p. 201-205.
PIGUET F., BLANC I., CORBIERE-NICOLLIER T., ERKMAN S. (2007). L'empreinte écologique : un indicateur ambigu. *Futuribles, 334*, p. 5-24.
ROMAGNY B. (1998). Les économistes alarmistes. In Pression sur les ressources et rareté, Hervé D. et Langlois M. (édi). Montpellier : ORSTOM.
SIMONNEAUX J. (2007). Les enjeux didactiques des dimensions économiques et politiques du développement durable, in *Ecologie et Politique*, Editions Syllepse, Paris, n° 34, p 129-140.
SIMONNEAUX J., LANGE J.-M., GIRAULT Y., Victor P., FORTIN-DEBART C., SIMONNEAUX L. (2006). Multiréférentialité et rationalité dans les éducations à. Actes du colloque *Le développement durable sous le regard des sciences et de l'histoire*. Arras, novembre.
VINCK D. (2007). *Sciences et société, sociologie du travail scientifique*. Paris : Armand Colin.