

Croissance soutenable et environnement : les enjeux des politiques économiques

Sustainable Growth and Environment: The Stakes of Economic Policies

Gérard Mondello

Volume 72, Number 1, mars 1996

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/602193ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/602193ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Mondello, G. (1996). Croissance soutenable et environnement : les enjeux des politiques économiques. *L'Actualité économique*, 72(1), 5–26.
<https://doi.org/10.7202/602193ar>

Article abstract

The aim of this paper is to study the environmental economic policy of the two main theoretical representations of sustainable growth: the so-called "neoclassical" trend and the evolutionary trend. In spite of noteworthy analytical differences, we make clear that both trends cannot specify incitative rules compatible with the agents micro-economic programs. So, the researchs have to adjust toward the definition of proceedings which allow such an articulation.

CROISSANCE SOUTENABLE ET ENVIRONNEMENT : LES ENJEUX DES POLITIQUES ÉCONOMIQUES*

Gérard MONDELLO
LATAPSES, CNRS

RÉSUMÉ – L'objet de ce papier est d'étudier les politiques économiques environnementales de deux des principales représentations théoriques de la croissance soutenable : le courant « néoclassique » et le courant évolutionniste. Malgré des différences analytiques notables, on fait apparaître que l'un et l'autre des courants ne peuvent spécifier de règles d'incitations compatibles avec les plans micro-économiques des agents. Les recherches doivent alors s'orienter vers la définition de procédures qui permettent une telle articulation.

ABSTRACT – *Sustainable Growth and Environment : The Stakes of Economic Policies.* The aim of this paper is to study the environmental economic policy of the two main theoretical representations of sustainable growth : the so-called « neoclassical » trend and the evolutionary trend. In spite of noteworthy analytical differences, we make clear that both trends cannot specify incitative rules compatible with the agents micro-economic programs. So, the researchs have to adjust toward the definition of proceedings which allow such an articulation.

INTRODUCTION

La prise de conscience par les économistes de la fragilité de la biosphère les conduit à considérer d'un oeil nouveau leur propre discipline. Aussi, la question des modalités d'intégration des contraintes environnementales se pose-t-elle de façon cruciale. L'accès à des ressources naturelles, désormais biens rares et épuisables, engendre « un conflit fondamental entre les logiques qui régissent respectivement l'évolution de la biosphère et le développement économique » (Passet, 1994). Ainsi, cette opposition relève des ruptures entre les cycles lents de reproduction des constituants de la biosphère et les rythmes d'accumulation voraces de nos sociétés.

* Je tiens à remercier les rapporteurs de *L'Actualité économique* qui m'ont grandement aidé à améliorer le contenu de ce texte. Je demeure, toutefois, seul responsable des erreurs et imprécisions qu'il pourrait encore recéler.

Les économistes tentent de réconcilier ces deux logiques antagoniques par l'élaboration et l'aménagement d'un concept spécifique : *la croissance soutenable*. Au sens strict, cette croissance : « pourvoit aux besoins du présent sans compromettre les possibilités des générations futures de subvenir à leurs propres besoins »¹. Elle étudie les conditions économiques qui permettent d'assurer la viabilité de la croissance économique.

Quelles sont les conséquences de l'intégration de la dimension environnementale ? Ce débat relève à la fois de considérations de politiques économiques – la croissance soutenable, en effet, est un concept normatif – et d'une réflexion conceptuelle sur les modalités d'intégration de l'environnement. Cropper-Oates (1992) dans leur étude « survol » mettent parfaitement en exergue cette dualité. Pour illustrer ce point un exemple suffira. Supposons que les économistes – surmontant leurs divergences conceptuelles en la matière – s'accordent sur des critères univoques permettant d'assurer un développement soutenable. Toute la question, alors, sera de savoir comment atteindre les sentiers d'équilibre correspondant à une croissance soutenable ? Doit-on envisager des transitions progressives, des incitations contraignantes, (taxes, normes etc.), des négociations entre agents aux intérêts divergents, l'organisation de marchés de droits à polluer, etc. ? De plus, on est alors en droit de se demander si les modalités d'implantation de l'un de ces instruments n'influent pas, à leur tour, sur le niveau de bien-être des agents toutes générations confondues.

Plus généralement, cet article consistera en une réflexion sur les apports des modèles macro-économiques à la question de la soutenabilité. Notre propos sera de nous demander si les représentations les mieux acceptées parviennent à concilier pleinement, (voire à réconcilier) les activités humaines et les cycles naturels. La production industrielle engendre des dommages structurels ou accidentels, parfois réversibles, parfois irréversibles. Certains sont connus, d'autres seulement connaissables dans le temps. Nous nous attachons à montrer que la plupart des modélisations ne considèrent qu'une partie du problème ce qui limite la portée de leurs résultats. Pour mettre cela en évidence dans une première partie, nous partons d'une taxonomie des externalités négatives et des risques. Puis, nous examinons, dans une seconde partie, la capacité des approches macro-économiques à rendre compte de ces situations. Nous montrons, qu'en général, les modèles macro-économiques de la soutenabilité reposent sur de nombreux présupposés qui tiennent, d'une part, à l'origine de leurs fondements théoriques et, d'autre part, à une spécification préalable de la nature du problème environnemental dont ils traitent. Il s'ensuit que les résultats auxquels ils parviennent, leur prédictibilité et le choix des instruments de politique économique qu'ils préconisent pour atteindre les seuils de soutenabilité correspondant à leurs critères, sont étroitement dépendants de ces prémisses, souvent très restrictives.

1. World Commission on Environment and Development, (1987 : 43).

1. ESSAI DE TAXONOMIE DES PHÉNOMÈNES ENVIRONNEMENTAUX

Comme annoncé dans l'introduction, notre point de départ est une classification empirique des types de dommages engendrés par les activités productives. Cette taxonomie ne part pas des vecteurs des pollutions tels que par exemple l'air, l'eau, les terres, etc. mais des caractéristiques durables, accidentelles de ces dommages. Cette démarche nous semble plus systématique et générale pour appréhender les phénomènes macro-économiques.

1.1 *Éléments d'une taxonomie environnementale simplifiée*

On peut classer les atteintes à l'environnement en deux grandes catégories : les effets externes négatifs réversibles (pollutions réversibles, **(PR)**) et les effets externes négatifs irréversibles (pollutions irréversibles, **(PI)**), (Henry, 1974). La réversibilité peut être comprise dans son acception physique traditionnelle au sens de remise en l'état originel après l'apparition d'un dommage. Elle se comprend aussi comme l'ensemble des procédures de compensation intervenant entre pollueurs et pollués et destinées à rétablir l'égalité entre coût social et coût privé. Cela, lorsque par suite d'une défaillance du marché, les deux coûts divergent durablement. Le dommage, alors, est irréversible lorsqu'une telle compensation se révèle impossible.

À ces distinctions on peut aussi ajouter deux autres catégories de phénomènes : les pollutions comprises comme production jointe d'un processus de production ou pollutions structurelles, **(PST)** et les pollutions accidentelles, **(PA)**, (Laffont, 1994). Le premier cas correspond à l'apparition d'externalités négatives tandis que le second se rattache à la catégorie des risques environnementaux. Remarquons, qu'en général, toute activité économique peut engendrer, conjointement, ces deux types de dommages. Par exemple, l'utilisation d'une énergie peut produire des externalités négatives (émissions de gaz ou substances toxiques) et peut présenter un risque de pollution, (accident dans la gestion de la ressource due au stockage ou à son transport).

La conjonction de ces quatre éléments conduit, en fait, à dégager quatre situations particulières que nous présentons dans le tableau 1 :

TABLEAU 1

	PR	PI
PST	(psr)	(psi)
PA	(par)	(pai)

On appelle alors :

- (psr) : pollution structurelle réversible, (cas d'une usine polluant un cours d'eau par exemple),
- (psi) : pollution structurelle irréversible, (toute production qui engendre un dommage irréversible : mine à ciel ouvert, production de déchets radioactifs, etc.),
- (par) : pollution accidentelle réversible, (canalisation de pétrole, émission de gaz par destruction d'un collecteur, etc.),
- (pai) : pollution accidentelle irréversible, (accident nucléaire).

Cette présentation admet implicitement une pleine connaissance des dommages, de leur origine et de leurs effets. De plus, cette configuration correspond à une hypothèse implicite de certitude. Il est alors tentant de prolonger directement cette classification en introduisant l'incertain. Toutefois, une telle proposition soulève plus de problèmes qu'elle n'en résout. En effet, la question qui suit immédiatement concerne la nature de l'incertitude à traiter. Ainsi, la question des accidents environnementaux est déjà considérée dans notre premier tableau. Si on suppose que ce cas traite de risques quantifiables, fondés sur des distributions de probabilité objectives, alors on devrait introduire l'incertitude vraie au sens de Knight. Devant les difficultés d'une telle tâche, nous préférons affaiblir la dimension « incertitude » au sens plein du terme, pour celle de l'identification des points sources.

En effet, les quatre situations, décrites ci-dessus, appellent des préventions et des traitements spécifiques. Les (psr) et (psi) sont prévisibles et connaissables ; on peut de plus évaluer les (par) et les (pai). Le point commun à ces quatre cas est la possible localisation de la source et de l'étendue des pollutions et des risques. Cela permet d'attribuer de façon non univoque les droits de propriété et de rendre le processus d'internalisation potentiellement réalisable.

Toutefois, depuis quelques années, la question de l'identification des points sources de pollution devient de plus en plus importante. En effet, l'origine des pollutions, dans la réalité, est difficilement détectable. Il s'ensuit que toute politique qui vise à internaliser les pollutions, sans la définition préalable d'un processus de révélation des points sources pollueurs devient inopérante. Comme le soulignent Graham, Tomasi, Segerson et Braden, (1993), l'existence de pollueurs multiples soulève des questions plus complexes que lorsque la source est identifiable. En effet, elle met en évidence les comportements de « *free-riders* », des problèmes de sélection adverse et de risque d'apparition d'aléa de moralité. Ajoutons, aussi, que les théories, traditionnellement, admettent la possible identification d'un niveau de pollution considéré comme optimal. Il est nécessaire, pour cela, de connaître le coût social marginal des émissions de polluants et la courbe de demande d'émission de pollution, (Baumol, Oates, 1988). Or, dans de nombreuses configurations, le niveau de pollution est difficilement observable car le processus d'identification de l'origine des pollutions, de leurs conséquences, etc. peut se

révéler particulièrement long et coûteux à réaliser, (Laffont, 1993). L'ensemble de ces éléments contribue à accroître les coûts de transaction, c'est-à-dire, les coûts liés à la simple réduction de l'incertitude associée au processus de connaissance des phénomènes de pollution, (Dahlman, 1979). Le pollueur n'est pas unique et il est difficile d'attribuer à l'ensemble des agents potentiellement impliqués la proportion de leur participation au phénomène de pollution. On dit alors que les points sources ne sont pas identifiés.

Nous représentons, à présent, un schéma où sont distingués, outre les quatre cas précédemment reconnus, quatre autres cas selon la plus ou moins grande aptitude des agents à identifier les points sources. Dans le tableau 2, nous faisons apparaître les types de pollutions suivant leur origine, c'est-à-dire suivant l'identification précise des pollueurs, (**PS** : point source identifié ; **PSN** : point source non identifié.).

TABLEAU 2

		PSN	PR	PI
0	PSN	PST	(psr)	(psi)
		PA	(par)	(pai)
0	PS	PS	PR	PI
		PST	(psr)	(psi)
		PA	(par)	(pai)

Comme précédemment nous avons, dans le cas PSN :

- (**PSN**)(**psr**) : pollution structurelle réversible, (cas d'un ensemble d'activités polluant une nappe d'eau souterraine par exemple),
- (**PSN**)(**psi**) : pollution structurelle irréversible, (toute production qui engendre un dommage irréversible : émission de CO₂, ou de gaz chimiques néfastes pour la couche d'ozone),
- (**PSN**)(**par**) : pollution accidentelle réversible, (procédé de dépollution collectif défectueux, etc.),
- (**PSN**)(**pai**) : pollution accidentelle irréversible avec pollueurs non identifiés, (cas rare sans doute correspondant, par exemple, à la difficulté d'attribution d'une responsabilité dans le cas d'un désastre écologique).

Nous définissons alors, à partir de la même classification de base, huit cas selon l'origine des pollutions. Cette extension permet d'affiner les niveaux d'analyse des risques et externalités. Par exemple, dans le cas d'apparition de pollutions d'origine inconnue, (PSN), la définition des remèdes passe par la désignation d'une véritable responsabilité des dommages. Il s'ensuit alors qu'il importe autant de chercher à savoir qui est à l'origine des pollutions, (voir par exemple les débats et les négociations sur la question des responsabilités dans la formation des pluies acides), que de savoir comment remédier au problème environnemental donné. Lorsqu'il est impossible de définir une autre responsabilité que collective, (déforestation par exemple), les solutions seront différentes des situations où les responsables peuvent être clairement identifiés. Les points sources posent ainsi la question de la recherche de l'origine des agents pollueurs ainsi que le volume et l'impact des pollutions.

1.2 Discussion sur la classification

Les différents cas de figure évoqués peuvent être considérés comme les éléments de base constituant un ensemble particulier E appelé ensemble des externalités.

$$E = \{\bar{p}(psr), \bar{p}(psi), \bar{p}(par), \bar{p}(pai), p(psr), p(psi), p(par), p(pai)\},$$

où $\bar{p}()$ signifie « externalité non-point source » et $p()$, « externalité où le point source est identifiée ».

À partir de E on peut décrire l'ensemble des partitions et faire apparaître quelques configurations remarquables. On caractérise une activité polluante, dans le temps et l'espace, par plusieurs des constituants de E . À titre d'exemple, nous pouvons classer nos huit relations de base suivant un critère d'identification de la source :

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \{\bar{p}(psr), \bar{p}(psi), \bar{p}(par), \bar{p}(pai)\}, \\ P &= \{p(psr), p(psi), p(par), p(pai)\} \end{aligned}$$

où \bar{P} est l'ensemble d'identification de l'absence de point source et P l'ensemble de la source identifiée. Cette écriture correspond à notre tableau 2. Toutefois, nous pourrions adopter une autre classification et distinguer par exemple les effets « réversibles » des effets externes négatifs irréversibles. Ainsi :

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \{\bar{p}(psi), p(psi), p(pai), \bar{p}(pai)\}, \\ R &= \{p(psr), \bar{p}(psr), p(par), \bar{p}(par)\} \end{aligned}$$

où \bar{R} signifie irréversibilité et R réversibilité de l'externalité. Nous pourrions, aussi, distinguer entre production structurelle d'externalité ou entre pollution accidentelle (risque de pollution par exemple), ainsi, nous obtenons les deux ensembles :

$$A = \{\bar{p}(par), p(par), p(pai), \bar{p}(pai)\}$$

$$\bar{A} = \{p(psr), \bar{p}(psr), p(psi), \bar{p}(psi)\}$$

Jusqu'à ce point, cependant, cette classification se révèle-t-elle significative pour quelque objectif de politique environnementale et a-t-elle un sens pour une approche macro-économique de la soutenabilité ? Par exemple, on peut dire que la littérature environnementale de base commence à traiter le cas des externalités négatives qui correspondent à l'intersection :

$$P \cap R \cap \bar{A} .$$

Autrement dit, le cas standard, celui que l'on trouve comme cas d'école dans les manuels, est un cas de pollution identifiée, (par exemple le cas présenté par Pigou). Il correspond au cas d'effets externes « réversibles » car liés structurellement à la production, (c'est-à-dire comme une production jointe). De façon similaire, nous pourrions dire qu'un risque de pollution localisé peut être caractérisé par $P \cap R \cap A$. En effet, la source de la pollution accidentelle est identifiée, on suppose, en outre, que par une action spécifique de dépollution l'état de l'environnement originel peut être retrouvé ou tout au moins que le niveau d'émission des polluants peut être limité optimalement.

2. POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES ET SOUTENABILITÉ

Cette taxonomie des effets négatifs résulte d'un constat empirique et découle de la volonté de comprendre la nature économique des dommages environnementaux. On pourrait prolonger cette classification en y incluant, par exemple, les éléments tels que l'eau, l'air, les paysages, etc. Elle deviendrait alors particulièrement fine. Nous n'opérerons pas ce prolongement car le niveau atteint ici nous paraît convenable pour traiter de la question de la soutenabilité environnementale et des politiques associées. Partant de notre taxonomie, on peut se demander si les représentations macro-économiques parviennent à rendre compte de la complexité des phénomènes environnementaux liés aux irréversibilités de certaines pollutions d'origine accidentelle ou structurelle. Il est certain que tous les éléments de notre classification *a priori* ne présentent pas un même intérêt pour un macro-économiste. Par exemple, les cas (PSN)(pai) et (PSN)(par) sont peu abordés par la littérature macro-économique. Néanmoins, on peut constater que dans les économies concrètes ces cas nécessitent soit des actions de réhabilitation, (lorsque le dommage est apparu), soit la mise en place de mécanismes assurant la prévention de tels risques. On ne peut nier que ces éléments peuvent peser sur les sentiers d'accumulation des économies d'une part, mais peuvent aussi, d'autre part, poser la question du bien-fondé de leur mise en place compte tenu des risques encourus.

Ces considérations nous amènent alors à nous demander ce que signifie la notion de soutenabilité ? Depuis la définition générale de Hicks (1946) : « (...) *would seem to define a means 'income' as the maximum value which he can*

consume during a week, and still expect to be as well off at the end of the week as he was in the begining » et le rapport Brundtland sur la soutenabilité, ce concept s'est généralisé et a donné naissance à de nombreuses interprétations issues d'écoles très différentes. En explorer les différents sens dépasse amplement les contours de cet article. Nous nous limitons à comprendre les fondements conceptuels des apports des courants dominants.

2.1 *Les présupposés des approches économiques de la soutenabilité*

Dans le domaine environnemental, toute approche économique se révèle *ipso-facto* normative. Plusieurs écoles de pensée se rejoignent dans une réflexion sur la soutenabilité et divergent, naturellement, sur sa définition et les moyens de la réaliser. Pour faire bref, nous dirons que deux approches remarquables par l'opposition de leur conception peuvent se distinguer. La première, la plus répandue parmi les économistes, place l'individu au centre de sa représentation. Un agent, ou un groupe d'agents, cherche à maximiser son niveau de satisfaction par l'échange de biens et de services. Le recours à des préoccupations collectives et la mise en place de politiques économiques ne se justifient que par rapport à des critères de bien-être. On appellera ces approches les approches individualistes (AI). Les critères de bien-être sont, soit les critères d'efficacité parétiens, (modèles utilitaires), soit le critère d'équité intergénérationnelle lorsque la satisfaction passe par des considérations altruistes, (représentations rawliennes). Nous les désignerons aussi, de façon globale, par approches néoclassiques. Cela parce que, dans leur version opératoire, on cherche à maximiser une fonction d'utilité intertemporelle sous des contraintes technologiques, statiques ou dynamiques. Aussi, même si les discussions entre les théoriciens qui avancent les critères de justice opposés aux critères d'efficacité parétiens sont importantes, ces courants supportent le rapprochement quand on les compare à des théories économiques qui privilégient, elles, des approches plus physiques et biologiques des phénomènes économiques. Par abus, nous les appellerons théories évolutionnistes, cela à partir du titre de Ayres (1992) donné à l'un de ses articles.

Moins connu que les approches individualistes, le courant évolutionniste prend pour point de départ l'insertion de toute société humaine dans le déroulement des cycles naturels physiques et biologiques. Cela se caractérise par le constat que les phénomènes d'entropie et d'irréversibilité sont des contraintes naturelles. L'approche évolutionniste se caractérise par la « volonté » d'intégrer les facteurs qui sont à l'origine des « freins » à l'internalisation des dommages². Ces éléments constituent autant de limites au bon fonctionnement des marchés « artificiels » qui

2. La démarche évolutionniste, à l'opposé, tente d'intégrer les activités économiques dans un processus de reproduction dynamique et non homothétique. Il s'ensuit, comme le note Ayres, que les modèles « évolutionnistes » doivent être non équilibrant et non stationnaires par nature. « (...) Le monde réel est caractérisé par des changements structurels continus (et imprévisibles). De plus, il apparaît que les traits essentiels de la croissance évolutionniste et des changements sont essentiellement caractérisés par un comportement dynamique non linéaire » (Ayres, 1992 : 255).

régissent les processus d'internalisation des approches individualistes de type « néoclassique »³. Ayres, dans la plupart de ses contributions, a attiré l'attention sur le désajustement entre les cycles naturels (carbone, eau, minéraux, etc.) et l'activité humaine⁴. Le critère évolutionniste de soutenabilité nous est fourni par Pearce (1988 : 58). Ainsi, pour le courant évolutionniste, un développement peut être considéré comme soutenable si le taux d'exploitation des ressources naturelles n'excède pas leur taux de régénération et le taux des émissions polluantes n'excède pas le taux d'assimilation des écosystèmes. L'équilibre et la stabilité des écosystèmes, c'est-à-dire leur exploitation dans la limite des seuils de leur épuisement et du processus de reproduction, conduit au critère fondamental de soutenabilité. De plus, cette conception doit être enrichie, parce qu'au-delà des taux d'épuisement, les auteurs avancent la nécessité de préserver la diversité des espèces ou de la composition des ressources naturelles⁵. Cependant, c'est par les critiques qu'elle adresse au courant néoclassique que l'approche évolutionniste se révèle en tant que telle.

2.2 *Les modèles macroéconomiques utilitaires n'ont-ils pas tendance à privilégier le cas $P \cap R \cap A$?*

Nous présentons, ici, les considérations utilitaires de la soutenabilité. Au niveau macro-économique, la question de l'efficacité de la croissance est une question centrale. Les modèles utilitaires se caractérisent par la maximisation de la fonction de préférence intertemporelle d'un agent représentatif sous des contraintes dynamiques représentant le mouvement d'accumulation du capital.

3. Cependant, contrairement au courant néoclassique dont on peut clairement identifier les prémisses, le courant évolutionniste est un paradigme en formation. Il serait vain, alors, d'en rechercher une caractérisation univoque. On peut dire, toutefois, que le courant évolutionniste raisonne en étroite osmose avec les développements des théories biologiques. Ses fondateurs connaissent les limites de toute démarche analogique et n'empruntent, de ce fait, à la biologie que des principes généraux. Ceux-ci concernent essentiellement les notions de « sélection naturelle », des lois d'évolution, concepts qui sous certaines réserves, après transformation, sont applicables au domaine économique.

4. « *In short, I suggest that the economic system must eventually evolve in accordance with certain macro-directional constraints and that this motion can also be characterized as a kind of approach to dynamic equilibrium. The equilibrium in question, of course, concerns the interaction between human agricultural, industrial and consumptive activity and the physical and biological environment. An equilibrium interaction, in these terms, is one that is indefinitely sustainable, albeit not necessarily static.* » (Ayres, 1992 : 261).

5. Dès les origines, on a appliqué cette démarche aux domaines micro et macro-économiques. Nous renvoyons le lecteur aux travaux de Nelson et Winter (1982 : 11), Kirman (1993) pour les aspects critiques du courant néoclassique, Arthur (1989). Pour notre propos, nous pouvons citer les travaux de Ayres (1978), de Christensen (1989). Ce premier élément tient aux origines de la démarche avec les travaux qui définissent les limites de l'utilisation des ressources naturelles par l'intégration des phénomènes physiques de l'entropie. Ainsi, l'entropie signifie qu'il y a une fuite des différentes énergies potentielles vers une direction unique : l'énergie thermique. La question de l'entropie a largement débordé le cadre de la physique traditionnelle et fait l'objet de tentatives d'intégrations en théorie économique notamment. (Georgescu-Roegen, 1971, 1979). Pour une étude plus précise des questions de ce processus, on peut, par exemple, se référer à O' Connor (1993).

Nous reproduisons en note le programme de cet agent⁶. Ces modèles macro-dynamiques standards, dans leur majorité, définissent une hypothèse sur l'externalité négative qui relève du cas $P \cap R \cap \bar{A}$.

2.2.1 Les modèles de croissance soutenable utilitaristes

Dans de nombreuses contributions macro-économiques, l'environnement est « décrit » au moyen d'un indice représentant l'agrégation de différents objectifs environnementaux et le processus de pollution est défini comme une externalité associée à la croissance de l'économie. Les sources de pollutions sont connues et leur identification est, implicite, immédiate et sans coûts. L'origine de la pollution est associée à l'utilisation d'un intrant et on suppose une relation linéaire entre l'émission de polluant et la production. La relation suivante, (par exemple dans Verdier, 1993), prévaut alors :

$$s = \nu q, \quad (1)$$

où s est le niveau de pollution, ν le ratio de production-émission constant, q le niveau de production.

La « réversibilité » peut être comprise comme une variation conjointe avec la production. Ainsi, le régulateur peut établir des politiques de limitation des émissions de pollution⁷. Michel (1993) associe le phénomène de pollution à l'utilisation du facteur énergétique. Dans un modèle à générations imbriquées avec accumulation de capital et un processus d'accumulation des polluants, il montre que le sentier de croissance optimal est calculé par un planificateur utilitariste. Les stocks de polluant s'accumulent comme en (1). Ils exercent un effet négatif sur le bien-être des agents. L'introduction d'une taxe sur l'énergie, utilisée pour financer les limitations de pollution, conduit à des solutions d'efficacité de

6. Nous présentons le programme intertemporel convexe issu de Kraukraemer (1985). Soit, sur une période s'étendant de 0 à l'infini, la nécessité de maximiser sous contrainte la fonction suivante :

$$\text{Max} \int_0^{\infty} u(C_t, E_t) e^{\delta t} dt, \quad (1')$$

sous les contraintes suivantes :

$$\begin{aligned} C_t &= f(R_t) \\ E_t &= g(R_t) \end{aligned} \quad (2')$$

Une génération, la génération présente, maximise son niveau d'utilité $u(\cdot)$ à la date t , ($t=0, \dots, \text{infini}$), (où δ' est le taux d'escompte estimé par les générations qui réalisent la maximisation :

- En consommant des biens de consommation courante C_t ,
- En supposant que la génération de la période t tire ses biens de consommation des ressources naturelles R_t disponibles en t ,
- On admet par hypothèse que grâce à un progrès technique exogène R des biens produits peuvent être substitués à une valeur équivalente de bien environnemental E .

7. Nous retrouvons cette hypothèse dans des modèles de croissance endogène comme par exemple ceux de Michel (1993) ou Xepapadeas (1994).

second rang. Le cumul des abattements réduit à un niveau zéro le stock des polluants : le « paradis écologique » est alors réalisable. La solution de Michel se fonde sur une taxation de type pigouvienne.

Verdier (1993) développe un modèle de croissance endogène désagrégé dont l'objectif est de comparer deux politiques environnementales : une taxation ou l'imposition d'un standard d'émission. Le marché est oligopolistique. Les firmes développent une activité de R&D pour des technologies moins polluantes. Ces dernières sont considérées, par hypothèse, plus coûteuses que les polluantes. Une émission de polluant, suivant un taux s_i , proportionnel à la production, est propre à chaque bien manufacturé i . La R&D engendre deux types de produits. Les premiers accordent des bénéfices appropriés à la firme innovante qui bénéficie d'une situation de monopole. Les seconds sont un produit joint de l'activité de R&D car c'est ce qui accroît le stock de connaissance public. Le flux de pollution affecte directement le niveau des fonctions de préférence intertemporelles des consommateurs ; diminuer ce flux conduit à améliorer la position des agents. Ainsi, plus les contraintes sur les niveaux d'émission sont fortes, plus innovantes seront les entreprises. Il en résulte que la taxation, pourvu qu'elle demeure dans des seuils admissibles, est compatible avec la croissance économique. Les produits de la taxe servent à financer les efforts de R&D : « *We showed that the main circumstances under which technological standards are more likely to dominate emission taxes are cases where pollution targets are very constraining* », Verdier (1993 :36). Dans ce type de modèle, la R&D permet de faciliter une substitution de facteurs vers des productions autorisant des niveaux de pollution admissibles. La pollution est de ce fait contrôlable et réversible.

Nous ne pouvons quitter ce domaine sans se référer à une entreprise plus sophistiquée, celle de Xépapadéas (1994 a) qui est la construction d'un modèle de croissance endogène de longue période. Dans ce modèle, la relation entre l'extrait et la pollution n'est plus supposée linéaire :

$$s(t) = v(k(t), K(t)), \quad (2)$$

où $k(t)$ est le niveau de connaissance d'une entreprise représentative, tandis que $K(t)$ est le volume de « connaissance » agrégée en t . On suppose que le comportement de $s(t)$ n'est pas linéaire. Comme pour Verdier (1993), le point de départ de Xépapadéas s'appuie sur la théorie de la croissance endogène selon Romer (1990). Le capital de connaissance induit des rendements croissants dus à des surplus liés à la production. Ces rendements croissants engendrent des ressources permettant de limiter l'accroissement de pollution. Suivant le niveau des abattements obtenus, la croissance peut s'établir à un niveau plus élevé. L'objectif de l'économie est alors d'atteindre un niveau de réduction de la pollution tel que l'économie puisse atteindre un sentier de croissance illimité. L'éventail des outils environnementaux efficaces, dans ce modèle, dépend des seuils des rendements croissants. La régulation produit des bénéfices si on peut exploiter la réduction de la pollution, autrement, elle conduit à la sous-optimalité des solutions.

2.2.2 Hypothèse de substituabilité et soutenabilité

Les modèles utilitaristes auxquels nous nous sommes référés sont assez représentatifs des opinions communément acceptées sur la croissance et la politique environnementale. Leurs conclusions dépendent de façon cruciale du type d'externalité préalablement définies. Les taxes pigouviennes, établies sur les facteurs polluants, dans chaque cas, constituent de ce fait un instrument puissant autorisant les réductions de pollution.

La régulation des émissions n'est pas liée à la seule régulation pigouvienne standard. Les modèles contemporains insistent sur l'importance de la R&D autorisant les changements technologiques vers les technologies les moins polluantes ; on peut par exemple se référer aux travaux de Moro (1993) ou de Ecchia et Mariotti (1994) sur ces questions. On substitue à une technologie polluante une autre technologie réputée plus propre. La question est de savoir si un tel choix est toujours réalisable ?

On peut immédiatement vérifier l'implication de la formulation d'hypothèses implicites sur la substituabilité des facteurs. L'une des pommes de discorde entre l'approche néoclassique et le courant évolutionniste porte sur l'efficacité des mesures qui visent à compenser les déficiences du marché. Cette réflexion peut nous conduire à imaginer que pour réaliser le passage du niveau micro-économique au niveau macro, une règle d'agrégation devrait pouvoir intégrer la question de la substituabilité/complémentarité des ressources.

L'hypothèse de départ du courant évolutionniste est que les richesses accessibles en quantités limitées sont difficilement substituables, (air, eau, niveau d'accumulation des gaz et climats, etc.), on peut se référer à Ayres, ou encore Pierce. Malgré ce constat, on ne place pas le débat, essentiellement, sur les questions relatives à la substitution des facteurs ou des ressources. Mais, plutôt, sur les conséquences de la double prise en compte de la non-substituabilité et de l'intégration des règles physiques qui commandent l'évolution de la biosphère.

Nous pourrions synthétiser les termes du débat par l'écriture du tableau 3 suivant, Chizov-Styrikovich, (1988), Victor *et ali* (1993). Il apparaît que les approches néoclassiques, dans la majorité de leurs représentations, privilégient une conception de la soutenabilité fondée sur la substituabilité forte des ressources. Cela conduit à concevoir un critère de « faible soutenabilité » de la croissance. Pour les approches évolutionnistes, en revanche, une telle hypothèse doit être revue.

TABLEAU 3

AI	Théorie Évolutionniste
Faible soutenabilité	Forte soutenabilité
Forte substituabilité	Faible substituabilité

Le critère de soutenabilité est en fait lié à une double substituabilité : premièrement, une substituabilité entre facteurs de production, c'est-à-dire capital naturel contre capital produit ou artificiel par exemple. Deuxièmement, comme l'a montré Perring (1991 :280-81), une substitution entre revenu et préservation de l'actif environnemental. De cette distinction, on déduit le critère évolutionniste de soutenabilité défini par Pearce (1988 :58) dont nous avons rappelé la conception. Ainsi, la question de la substituabilité n'est pas seulement un problème technique mais relève des croyances sur l'état de la technologie et les capacités de substitution des ressources. Ces facteurs influencent directement la nature des politiques environnementales à adopter.

Doit-on réguler les externalités négatives par la création de marchés fictifs qui font apparaître des prix implicites (fixation de taxes pigouvienne, organisation de marchés de droit, procédures de négociation conduisant à la définition de compensation) ou par la mise en place de normes et de standards conduisant à une réglementation de l'accès aux ressources ? On peut alors se référer aux travaux de Perring (1991). Pour cet auteur, en effet, le concept de soutenabilité est fondamentalement associé à la préservation de ressources épuisables et peut être pensé, alors, comme une « contrainte de précaution ». Il s'ensuit que le niveau d'épuisement des ressources naturelles doit être « contrôlé ». Rechercher la soutenabilité de la croissance signifie alors deux choses connexes : la première concerne un comportement de précaution face à une ressource épuisable, la seconde, un sentier d'équilibre avec un taux de croissance positif. Perring considère, dans un modèle de croissance intertemporel, non pas un agrégat représentatif de l'environnement, mais un vecteur de ressources rares. Il étudie les limites que les contraintes de soutenabilité écologique peuvent imposer sur la croissance économique. Il montre, aussi bien en certitude qu'en incertitude, que la soutenabilité de la croissance dépend de la contrôlabilité de l'exploitation des ressources naturelles. Si le stock de ressources est compatible avec l'intérieur des solutions du système de prix, c'est-à-dire si on peut définir des taxes ou un système de prix fictifs permettant de réaliser un rationnement par un succédané du marché, alors les critères de soutenabilité seront atteints. En revanche, si le taux de prélèvement « naturel » met en danger le maintien de la ressource tel que le système de prix se révèle inefficace, alors le maintien de la soutenabilité s'accordera avec une régulation directe. Cette position permet de proposer un champ d'analyse commun pour deux formes de représentations : le cas dont nous sommes partis, soit $P \cap R \cap \bar{A}$ mais aussi $P \cap \bar{R} \cap \bar{A}$, c'est à dire l'intégration des phénomènes d'irréversibilité. Cette question sera abordée plus complètement dans la prochaine section.

Les modèles utilitaires traitant exclusivement le cas $P \cap R \cap \bar{A}$, se rattachent à la forme faible de la soutenabilité laquelle suppose, on le rappelle, une hypothèse de substituabilité forte des facteurs de production. En présence de substituabilité faible, quels instruments de politique économique, alors, doivent être adoptés pour traiter les cas $P \cap R \cap \bar{A}$? La question, sur ce point demeure ouverte.

2.2.3 L'ensemble \bar{R} des irréversibilités et politique macro-économique.

Quel est le comportement que les générations présentes doivent adopter en vue de prévenir les générations futures confrontées à un investissement risqué ? Ce cas pourrait rencontrer chacune des configurations définies dans \bar{R} . À titre d'exemple, on peut considérer l'industrie du nucléaire. Le critère de rentabilité est encore aujourd'hui, un critère de choix important pour imposer une ressource énergétique face à une autre ressource. Il n'est, cependant plus le seul. La nécessité de l'indépendance énergétique des pays, le niveau de pollution, etc. rendent la question énergétique toujours plus complexe à appréhender. Les décideurs ont pris conscience de la responsabilité humaine en cette matière. Le choix du nucléaire est tout à fait significatif à cet égard. Il répond aux critères de rentabilité immédiate et d'indépendance énergétique mais son extension nécessite des précautions importantes face à un risque majeur (sécurité des centrales), et face à la question du retraitement des déchets irradiés. Dans nos notations, cette énergie pourrait correspondre aux distinctions suivantes :

$$\bar{R}_1 = \{p(pai)\}, \bar{R}_2 = \{p(psi)\},$$

$\bar{R}_1 = \{p(pai)\}$, signifie l'intégralité des risques que les installations nucléaires pourraient faire courir et $\bar{R}_2 = \{p(psi)\}$ la gestion des déchets radio-actifs. Les deux ensembles appartiennent à la catégorie des points sources parce que dans le cas du nucléaire l'origine du dommage peut être identifiée. Ainsi, l'utilisation d'installations nucléaires correspond à la situation suivante :

$$P \cap \bar{R} = \bar{R}_1 \cup \bar{R}_2.$$

La littérature considère au moins deux courants dans la compréhension de ces phénomènes. Le problème de l'irréversibilité peut être conçu, premièrement, comme l'utilisation d'une ressource rare non renouvelable ou, deuxièmement, comme le processus d'engagement pour un investissement risqué. Le premier, comme nous allons le voir, se rattache à la tradition rawlienne, tandis que le second doit être traité grâce aux outils forgés par la littérature de l'irréversibilité proprement dite.

2.2.3.1 $\bar{P} \cap \bar{R} \cap \bar{A}$: Maximin et substituabilité

Au sein de ce que nous avons appelé l'approche néoclassique⁸, s'est développée, sous l'impulsion de Rawls, une critique de la méthodologie individualiste d'inspiration utilitarienne. Les problèmes moraux posés par l'hypothèse de la maximisation de l'utilité ont conduit Rawls à s'interroger sur les problèmes

8. Nous pouvons citer par exemple, sans crainte d'exhaustivité : Ayres, Miller (1980), Baumol (1986), Young (1991), etc.

d'équité⁹. Assimilé au principe du « maximin », l'interprétation rawlienne que l'on retient, alors, est la suivante : les agents auront atteint un niveau de justice suffisant entre les générations lorsque le bien-être de la génération la moins avantagée est au niveau le plus élevé possible. De façon idéale, l'adoption des critères de soutenabilité devrait permettre d'assurer une répartition optimale et équitable entre les générations. La théorie de la justice de Rawls est centrale dans les approches de comparaisons intergénérationnelles. La recherche d'un critère normatif ne peut faire l'économie d'une réflexion sur la justice intergénérationnelle lorsqu'on envisage la question de la répartition des efforts et des bénéfices. De plus, concernant les modèles d'accumulation utilitaires, Beltrati (1994), Lupi-Tomasi (1994) ont appelé les difficultés conceptuelles auxquelles ils se heurtent¹⁰.

Techniquement, le problème peut se présenter de la façon suivante¹¹. Considérons une fonction de bien-être social $W(.)$ qui intègre plusieurs générations. Une génération, appelée la génération présente, maximise son niveau d'utilité à la date t , comme on l'indique dans la note¹². Solow (1974) a été à l'origine des premières formulations de la théorie de l'équité intergénérationnelle. Le bien-être d'une génération dépend de sa propre consommation et de celle de ses descendants,

9. Il peut paraître surprenant d'inclure sous la même appellation le courant utilitariste et les approches fondées sur l'équité à la Rawls. Toutefois, dans notre présentation, ce qu'il importe de mettre en exergue est l'opposition entre la définition de politiques économiques fondées sur des critères de bien-être et/ou de justice sociale fondées sur les comportements individuels et/ou collectifs et des politiques engendrées à partir de la nécessité de maintenir des équilibres écologiques. Dans ce dernier cas, il est implicitement entendu que leur préservation conduit à ne pas détériorer la situation des agents économiques.

10. Nous attarder sur ce thème nous entraînerait trop loin. Sachons seulement qu'au début des années soixante-dix, la réponse « néoclassique » aux interrogations relatives à l'équité fut l'application à la théorie de la croissance optimale du concept de Justice défini par Rawls (1974). Celle-ci n'a retenu de ses travaux que le **principe de différence**. Selon ce principe, les inégalités distributionnelles ne sont légitimes que dans la mesure où elles contribuent à améliorer la position des agents les plus défavorisés. Ce principe suppose aussi que les sociétaires ont droit de disposer de la liberté la plus étendue possible dans la limite où celle-ci rencontre celle des autres. On lui associe un second principe, correspondant au **principe dit du libre accès** (ou **accès égalitaire**) aux fonctions institutionnelles qui fondent la société. Négligeant cette dernière dimension, les économistes s'en sont tenus au seul principe de différence lorsqu'ils ont appliqué les éléments de la théorie de la justice de Rawls.

11. En effet, il apparaît que les solutions d'équilibre de ces modèles de croissance sont, dans les présentations les plus simples, sous-optimales. Cela s'explique parce que la dynamique transitionnelle implique une période initiale d'épargne avec le sacrifice des générations antérieures en faveur des générations futures. Dans les développements plus sophistiqués, la sous-optimalité conduit à l'absence de protection de l'environnement. Par conséquent, le critère d'efficacité parétien ne se révèle pas robuste lorsqu'on envisage une succession de périodes et, par voie de conséquence, de générations.

$$12. \quad \max \min (u(C_t, E_t)) \quad (3')$$

sous les contraintes :

$$\begin{aligned} C_t &= f(R_t) \\ E_t &= g(R_t) \end{aligned} \quad (4')$$

(avec les mêmes notations que pour la note 6).

du rendement marginal du capital agrégé et des taux d'escompte supposés constants. Le plan de consommation qui correspond au plan le plus équitable au sens de Rawls est celui qui prône une épargne nette nulle et de ce fait une accumulation nulle, (règle dite de Hartwick).

La référence au point source dans $P \cap \bar{R} \cap \bar{A}$ signifie que la ressource rare est parfaitement spécifiée et identifiée. Il s'ensuit qu'une représentation rawlienne (Beltrati, 1994) nécessite, de la part de la génération présente, un travail d'identification préalable des caractéristiques de la ressource rare. La comptabilité relative à cette ressource devient essentielle si on veut définir un plan d'exploitation compatible avec l'équité intergénérationnelle. La question que peut se poser alors un régulateur est double. Premièrement, il cherchera à savoir si le capital naturel initial doit être conservé à un niveau donné initialement. Deuxièmement, si, dans la nécessité d'assurer la compatibilité de la croissance et de la préservation, les générations successives sont autorisées à épuiser la ressource naturelle pour la remplacer par du capital artificiel ? Autrement dit :

« If society is only interested in some measure of the effects of economic activity on the environment, it is possible to organize simple scheme based on defensive expenditures and on physical accounting. If, instead, society is seriously interested in developing environmental policy, then it is necessary to pursue more ambitious schemes, whose design is not independent of the targets that should be achieved » Beltrati (1994 : 16).

Quelle est, alors, la signification des hypothèses relatives à la substituabilité ? Appliquée à la théorie de la Justice entre générations, cette hypothèse permet de lever certaines ambiguïtés. Par exemple, Lupi-Tomasi (1994) ont, dans cette direction, apporté de nouvelles lumières dans le cadre d'un modèle à générations imbriquées. Ainsi, avec un modèle relativement simple inspiré de Hartwick (1977), Solow (1974) et Dasgupta-Heal (1979 : 218), ils montrent que le problème du maximin n'entraîne pas une consommation agrégée constante comme dans le modèle de Solow (1974) ; de ce fait, ils proposent un moyen pour s'éloigner de la règle d'épargne de Hartwick. Ils supposent simplement que de génération en génération, c'est le même profil de consommation qui sera conservé constant. Pour ce faire, ils définissent un programme autorisant la réallocation pour toutes les générations de telle sorte que la consommation agrégée n'est plus constante à travers le temps contrairement à la règle mentionnée. Cependant, les résultats d'un tel programme sont hautement dépendants de la fonction de production Cobb-Douglas qui suppose la substituabilité des facteurs, comme ils l'admettent eux-mêmes :

« Of course, one might question the policy relevance of our model with an aggregate Cobb-Douglas technology, which implies smooth substitution of human-made capital for natural capital. Perhaps, the essence of sustainable development and intergenerational equity is missed by this implication. » F. Lupi-Tomasi (1994 : 10 f.n.)

Le cas $P \cap \bar{R} \cap \bar{A}$, a été exclusivement traité sous l'hypothèse de la substituabilité des facteurs. Celle-ci, pour de nombreuses ressources, notamment énergétiques, peut être considérée comme acceptable. Néanmoins, pour d'autres

ressources, cette hypothèse peut s'avérer trop robuste. Ayres s'oppose aux thèses rawliennes de la théorie de l'équité intergénérationnelle néoclassique. Il conteste, notamment, l'hypothèse de substituabilité forte des ressources et s'attache de ce fait à la thèse forte de la soutenabilité autrement dit il pense que certaines ressources fondamentales ne sont pas substituables.

En conclusion, il apparaît qu'il est très difficile d'allouer, par une procédure de maximisation intertemporelle de l'utilité des agents, les ressources rares de façon optimale sur un intervalle de temps qui dépasse l'intervalle de vie d'une génération. Chaque génération bénéficie d'un effet de connaissance qui peut conduire à rendre inefficent les choix des générations passées. Les choix de chaque génération doivent alors être réalisés « comme si » chaque génération était identique mais ce choix doit pouvoir être remis en cause à chaque étape du processus d'accumulation. On retrouve, alors, la problématique dite de la flexibilité et la question qui se pose est de savoir comment considérer qu'un choix est flexible *a priori* ? C'est la question que nous allons aborder à présent.

2.2.3.2 $P \cap \bar{R} \cap A$ Choix irréversibles : un commentaire

Le choix d'une ressource énergétique est devenu de moins en moins naturel et dépend de facteurs étroitement imbriqués. On se doit, alors, d'appliquer, quasiment à la lettre, quelques-uns des résultats issus des travaux sur l'irréversibilité. On peut citer, par exemple Arrow-Fisher (1974), Henry (1974), ou les travaux de Howarth (1994) dédiés à la prise en compte du risque macro-économique. Ce dernier montre que les générations présentes n'ont pas à transmettre aux générations futures un risque environnemental même faible. Cela, tant que les connaissances scientifiques ne permettent pas d'en endogénéiser les effets négatifs potentiels. L'auteur introduit des considérations relatives à l'altruisme de la génération présente soucieuse de justice intergénérationnelle. Howarth montre ainsi que face à un risque non entièrement maîtrisé, les générations présentes ont intérêt à ne pas investir inconsidérément dans la nouvelle technologie. Il s'ensuit que les degrés de liberté tendront à se restreindre d'autant que l'on se déplace du niveau macro-économique vers le niveau micro-économique. Cette restriction, c'est-à-dire le choix de ne pas investir, *per se*, peut se révéler importante ; il s'accorde, de plus, avec une règle de gestion particulièrement claire, mais génératrice de frustrations suite à cet immobilisme. Allouer des ressources rares s'avère difficile par la maximisation de la fonction de satisfaction intertemporelle. Le choix de chaque génération doit se réaliser comme si chacune d'entre elle était similaire ; cependant, ce choix doit (et peut) être remis en question à chaque étape du processus d'accumulation. Le problème le plus important, concernant les choix de type $P \cap \bar{R} \cap A$, n'est pas toujours, pour nos sociétés, de savoir si l'on doit accepter ou non la mise en place d'investissements risqués, mais de gérer des situations où le choix de l'irréversibilité risquée a déjà été réalisé.

Il s'ensuit, par exemple qu'au niveau macro-économique les choix de trajectoire de croissance soutenable n'ont de sens que pour un état donné des connaissances. Howarth pose, relativement à l'incertitude, le problème en termes clairs :

« Cependant, les équilibres concurrentiels en incertitude peuvent être inefficaces parce que les marchés qui autorisent les générations successives (dans le cas des modèles à génération imbriquées – souligné par nous) à s'engager dans des échanges relatifs à des niveaux de consommation contingente n'existent pas. » Howarth (1991: 238).

Dans le cas que nous évoquons, l'incertitude porte sur la connaissance de l'impact de pollutions initialement sous-estimé et qui affectent, de fait, le niveau de bien-être des générations qui en découvrent les effets et les générations futures.

CONCLUSION

Nous n'avons pas épuisé, dans notre présentation, la combinatoire que peut révéler la taxonomie des externalités. Celle-ci peut s'appliquer à la description d'un phénomène, (par exemple la définition des dommages potentiels associés à l'utilisation d'une énergie), mais aussi à une approche macro-économique. Elle sert, alors, à spécifier la nature effective des phénomènes environnementaux auxquels sont confrontées les économies concrètes. Par exemple, la modélisation d'une économie où l'énergie nucléaire est prépondérante devra inclure une représentation faisant une large place aux ensembles de type : $\bar{R} = \{\bar{p}(psi), p(psi), p(pai), \bar{p}(pai)\}$. Cet exemple pour souligner que toute politique environnementale n'a de sens que si l'on rend compatibles les exigences du niveau macro-économique (objectifs de préservation, de justice infra et intergénérationnelle, etc.) et les plans des agents (amélioration ou maintien de la situation paréto-optimale). Dans leur « survol » sur l'éthique et l'environnement économique, Kneese, Shultz, William (1985) voient dans la combinaison de critères le moyen de réconcilier plusieurs exigences, celles notamment des libertariens et celles des utilitariens. De façon similaire, nous proposons, dans cette contribution, de prendre pour point de départ analytique les problèmes environnementaux concrets ; notre typologie autorise de « descendre » dans la précision des externalités et risques environnementaux et de définir des instruments d'intervention.

Les enjeux de ces débats, au plan macroéconomique, concernent essentiellement l'affectation des ressources, le type de croissance à privilégier, les modalités de changement de sentier d'accumulation. La spécification *a priori* d'une représentation environnementale, comme nous l'avons montré, conditionne ces évolutions. Aussi, comme phase préalable avons-nous posé une définition des caractéristiques principales des dommages. Cette étape permettrait-elle de réconcilier les deux grandes conceptions de la croissance soutenable que nous avons étudiées, (sachant ce que cette présentation peut recéler comme abus)? Leur opposition en matière de politique environnementale découle des hypothèses

conceptuelles fondamentales relatives à la substituabilité. Elles accordent peu de part à la définition des mesures incitatives d'implantation des politiques économiques. Or, ce dernier élément est essentiel pour comprendre les transitions d'un sentier de croissance à un autre. Dans ce domaine, leurs outils conceptuels se révèlent particulièrement pauvres. Ayant restreint leur champ d'analyse à un type particulier d'externalités, les solutions préconisées demeurent, alors, circonscrites aux hypothèses de départ. Elles dépendent des conceptions *a priori* relatives à l'importance des substituabilités potentielles, de l'efficacité des mécanismes régulateurs, etc.

Les modèles de croissance soutenable que nous avons évoqués permettent-ils de donner une vision acceptable de la complexité des externalités environnementales engendrées par la production ? Ces modèles expriment les conditions matérielles et économiques de la soutenabilité. Ce concept dépend du type de contraintes auxquelles les agents sont soumis : il semble que les réponses doivent être modulées en fonction de la catégorie d'externalité, du degré de substituabilité entre les ressources naturelles et artificielles et des modalités de l'installation des politiques possibles. On se rend compte alors de l'immensité du champ de recherche potentiel.

BIBLIOGRAPHIE

- ARROW, K.J., et A.C. FISHER (1974), « Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility », *Quarterly Journal of Economics*, 88 : 312-19.
- ARTHUR, W.B. (1989), « Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in in Historical Events », *Economic Journal*, 99 : 116-31.
- AYRES, R.U. (1978), *Resources, Environment and Economics : Applications of the Materials/Energy Balance Principle*, John Wiley and Sons, New York.
- AYRES, R.U. (1992), « Evolutionary Economics and Environmental Imperatives », *Structural Change and Economic Dynamics*, vol.2, N° 2, 1991.
- AYRES, R.U., et S. MILLER (1980), « The Role of Technological Change », *Journal of Environmental Economic and Management*, vol. 7, n° 4, dec. : 353-71.
- BAUMOL, W.J., W.E. OATES (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press.
- BAUMOL, W.J. (1986), « On the Possibility of Continuing Expansion of Finite Resources », *Kyklos*, vol. 39, n° 2 : 167-179.
- BECKENBACH, F., et M. PASCHE (1994), « Non Linear Ecological Models and Economic Perturbation, Sustainability as a Concept of Stability Corridor » Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.

- BELTRATTI A. (1994), *Sustainable Growth: Analytical Models and Policy Implications*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 10.94.
- CHIZOV, N., et M. STYRIKOVICH (1988), « Ecological Advantages of Natural Gas and Other Fuel » in LEE *et alii*, *The Methane Age* : 155-61, Kuwer, Boston.
- CHRISTENSEN, P. (1989), « Historical Roots for Ecological Economics- Biphysical versus Allocative Approaches », *Ecological Economics*, 1.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987), *Our Common Future*, ed. Oxford : Oxford University Press.
- CROPPER, M.L., et W.E. OATES (1992), « Environmental Economics : A Survey », *Journal of Economic Literature*, 30(2), Juin.
- DAHLMAN, C.J. (1979), « The Problem of Externality », *The Journal of Law and Economics*, vol. XXII, avril : 141-162.
- DASGUPTA, P., et G. HEAL (1974), « The Optimal Depletion of Exhaustible Resources », *Review of Economic Studies* : 3-28.
- DASGUPTA, P., et G. HEAL (1979), *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press, Cambridge.
- DAVID, P. (1985), « Clio and the Economics of the QWRTY », *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 75 : 332-37.
- ECCHIA M., et M. MARIOTTI (1994), *A Survey on Environmental Policy: Technological Innovation and Strategic Issues*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 44.94.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1979), « Myths about Energy and Matter », *Growth & Change*, 10(1).
- GRAHAM, TOMASI, T. K. SEGERSON, et J. BRADEN (1993), *Issues in the Design of Incentives Scheme for N.P.S. Pollution Control*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 39-93.
- HARTWICK, J.M. (1978), « Substitution among Exhaustible Resources and Intergenerational Equity », *Review of Economic Studies*, June : 347-54.
- HARTWICK, J.M. (1977), « Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources », *American Economic Review*, 67(5), Dec. 1977 : 972-74.
- HEAL, G. (1993), *Formation of International Agreements*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 28-93.
- HENRY, C. (1974), « Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility », *American Economic Review*, Vol. 16, N° 6 : 1006-12.
- HICKS, J.R. (1946), *Value and Capital*, Oxford Clarendon Press.
- HOHMEYER, O. (1988), *Social Cost of Energy Consumption*, Springer Verlag-Heidelberg.

- HOWARTH, R. (1991), « Intergenerational Competitive Equilibrium under Technological Uncertainty and Exhaustible Resource Constraint », *Journal of Environmental Economics and Management*, 27 : 225-243.
- HOWARTH, R. (1994), « Sustainability under Uncertainty : A Kantian Approach », Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.
- KIRMAN, A. (1993), « Ants, Rationality, and Recruitment », *Quarterly Journal of Economics*, 108(1), February : 137-56.
- KNEESE, A., V. SCHULZE, D. WILLIAM (1985), « Ethics and Environmental Economics », in KNEESE, ALLEN V., SWEENEY, JAMES L., (ed.) *Handbook of Natural Resource and Energy Economics. Volume 1. Handbooks in Economics series, Book 6*, Amsterdam and Oxford : North-Holland ; distributed in North America by Elsevier Science, New York, 1985 : 191-220.
- KRAUTKRAEMER, J.A. (1985), « Optimal Growth, Resource Amenities and the Preservation of Natural Environment », *Review of Economic Studies* : 153-170.
- LAFFONT, J.J. (1993), *Regulation of Pollution with Asymmetric Information*, F.E.E.M. 23.93.
- LAFFONT, J.J. (1994), *Regulation, Moral Hazard, and Insurance of Environmental Risks*, F.E.E.M. 24.94.
- LUPI, F., et T. TOMASI (1994), *Can Economic Growth that Depletes Resources be Intergenerationally Equitable ?*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 80.94.
- MICHEL, P. (1993), *Pollution and Growth towards the Ecological Paradise*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 80.93
- MORETTI, E. (1993), *Optimal Environmental Preservation and Capital Accumulation*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 71.93
- MORO, A. (1993), *A Survey on R&D and Technological Innovation : Firm's Behaviour, Regulation and Pollution Control*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 73.93
- NELSON, R., et S. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Bellknap Press.
- O'CONNOR, M. (1993), « Entropic Irreversibility and Uncontrolled Technological », *Journal of Evolutionary Economics*, 3(4), dec. : 285-315.
- PASSET, R. (1994), « Le développement durable : d'une remise en cause à l'émergence de la responsabilité intergénérationnelle », Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.
- PEARCE, D.W. (1988), « The Sustainable Use of Natural Resources in Developing Countries », in TURNER, R.K. (ed.) *Sustainable Environmental Management : Principle and Practice*, London, Belhaven Press.
- PEARCE, D.W., et R.K. TURNER (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, London, Harvester-Wheatsheaf.

- PERRINGS, C. (1991), « Ecological Sustainability and Environmental Control », *Structural Change and Economic Dynamics*, 2 : 275-95.
- PERRINGS, C. (1994), « Ecological Esilience in the Sustainability of Economic Development », Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET-Paris
- RAWLS, J. (1974), « Some Reasons for the Maximin Criterion », *American Economic Review*, May, Vol. 64, N° 2.
- ROMER, P. (1990), « Endogeneous Technical Change », *Journal of Political Economy*, 98 : 71-102.
- SOLOW, R.M. (1974), « Intergenerational Equity and Exhaustible Resources », *Review of Economic Studies*, 0, Symposium 1974 : 29-45.
- STIGLITZ, J. (1974), « Growth with Exhaustible Natural Ressources. Efficient and Optimal Growth Path – Intergenerational Equity and Exhaustible Resources », *Review of Economic Studies*, 0, Symposium 1974 : 123-37.
- TOMAN, M.A., J. PEZZEY, et J. KRAUTKRAEMER (1994), « Neo-Classical Economics and 'Sustainability' », Symposium international : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.
- TOWNSEND, K.N. (1992), « Is the Entropy Law Relevant to the Economics of Natural Resource Scarcity ? Comment », *Journal of Environmental Economics and Management*, 23 (1), July 1992 : 96-100.
- VERCELLI, A. (1994), « Sustainable Growth, Rationality and Time », Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.
- VERDIER, T. (1993), *Environmental Pollution and Endogeneous Growth : a Comparison between Emission Taxes and Technological Standards*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro, 57.93.
- VICTOR P.A., HANNA J.E., KUBURSKI A. (1993), « How Strong is Weak Substitute ? », Symposium International : Modèles de Développement Soutenable. Des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité ? AFCET- Paris.
- XEPAPADEAS, A. (1994), *Optimal Management of the International Commons : Ressource Use and Pollution Control*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 4.94.
- XEPAPADEAS, A. (1994), *Long-run Growth, Environmental Pollution, and Increasing Returns*, Fondazione Eni E. Mattei, Nota di Lavoro : 67.94
- YOUNG, J.T. (1991), « Is the Entropy Law Relevant to the Economics of Natural Resource Scarcity ? » *Journal of Environmental Economics and Management*, 21(2) September : 169-79.