



Systèmes de valeurs et appropriation du Capital écologique : Modes de régulation de la ressource en eau en Bretagne

Jean-Marc Douguet, Jean-François Noël, Martin O'Connor

► To cite this version:

Jean-Marc Douguet, Jean-François Noël, Martin O'Connor. Systèmes de valeurs et appropriation du Capital écologique : Modes de régulation de la ressource en eau en Bretagne. 2000. hal-00305392v2

HAL Id: hal-00305392

<https://hal.science/hal-00305392v2>

Preprint submitted on 28 Aug 2008

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.



Cahiers du C3ED ■ ■ ■

Cahier n°00-08
Novembre 2000

Systèmes de valeurs et Appropriation du Capital Ecologique : Mode de régulation de la ressource en eau en Bretagne

*Jean-Marc Douguet, Jean-François Noël
& Martin O'Connor*



C3ED : Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement



UMR n°063 (IRD-UVSQ)



UNIVERSITE DE VERSAILLES
SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES



Institut de recherche
pour le développement

Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
47 bd Vauban, 78047 GUYANCOURT Cedex France

Tél : +33 1 39 25 53 75 Fax : +33 1 39 25 53 00

Email : Publications.c3ed@c3ed.uvsq.fr

Internet : <http://www.c3ed.uvsq.fr>

SYSTEMES DE VALEURS ET APPROPRIATION DU CAPITAL ECOLOGIQUE : MODES DE REGULATION DE LA RESSOURCE EN EAU EN BRETAGNE

Jean-Marc Douguet, Jean-François Noël et Martin O'Connor

C3ED, Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines

47 boulevard Vauban, 78047 Guyancourt, France

Email : Martin.OConnor@c3ed.uvsq.fr ; Fax : +33 1 39 25 53 00

<http://www.c3ed.uvsq.fr>

RESUME

Cet article propose une analyse économique de la dégradation des ressources en eau en Bretagne, utilisant un modèle de production jointe dans la tradition néo-ricardienne étendu à l'analyse de l'interdépendance entre secteurs économiques et secteurs écologiques.¹ Nous présentons tout d'abord la situation des ressources en eau en Bretagne, en expliquant en quoi les hésitations autour des réformes de gestion et de gouvernance de la ressource peuvent être assimilées à une question de conflits entre « systèmes de valeurs ». Ensuite est développé un modèle de production jointe qui permet de préciser les différents rôles que peuvent jouer les ressources en eau considérées comme un « capital écologique critique » sous-jacent à l'activité économique de la région.

De façon générale, à moins que le capital écologique ne se régénère à un taux au moins aussi important que celui auquel il diminue en servant d'input dans la production ou de réceptacle à des déchets, l'activité économique est vouée effectivement à stagner ou à s'effondrer. Le thème du conflit entre systèmes de valeurs est introduit dans deux sens : (1) conflit entre les usages auxquels les ressources tirées des écosystèmes peuvent donner lieu, et (2) conflit en termes de taux inégaux de rendement entre différents régimes d'accumulation situés dans des situations d'antagonisme les uns à l'égard des autres. Nous envisageons ensuite la question des « modes de régulation » à même d'assurer une exploitation « durable » de la ressource en eau. Evoquant de manière schématique les perspectives de fiscalité verte et de changement technologique, censées répondre à la demande sociale pour une pollution réduite de l'eau, nous montrons que ni une politique d'« utilisateur payeur » ou de « pollueur payeur » ni une meilleure efficacité de l'exploitation de l'eau ne peut garantir la durabilité de l'activité économique. Un développement durable dépendrait de l'établissement d'un mode de régulation qui vise explicitement la « symbiose » entre secteurs économiques et secteurs écologiques.

Nous illustrons la portée de ces résultats théoriques par le cas de la dégradation de la ressource en eau en Bretagne, en mettant en évidence la situation d'antagonisme entre deux tendances distinctes — que nous appellerons logique d'exploitation et logique de coexistence — dont les exigences respectives en matière de traitement des pollutions de l'eau ne se distinguent pas tant par leurs soucis d'efficacité technique que par le regard sous-jacent qu'elles portent sur la nature et sur les rapports homme-nature.

¹ Cet article prend appui sur des travaux de recherche réalisés sous la direction scientifique de Martin O'Connor (C3ED) à la demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement pour l'étude n°97085, *Quantification et modélisation du capital naturel critique pour la mise en œuvre d'une politique de développement durable en France* (<http://www.c3ed.uvsq.fr/c3ed/cnc/webcnc.htm>) ; de la DGXII, Commission Européenne dans le cadre du projet n° PL9702076, *"Making Sustainability Operational: Critical Natural Capital and the implication of a Strong Sustainability Criterion"* (CRiTiNC), coordonné par P. Ekins (EPU, Keele University, UK) (<http://www.c3ed.uvsq.fr/c3ed/Critinceng/CRITINCdessin.html>) et du CNRS dans le cadre du PIREVS pour l'étude n°97/C/62, *Validation socio-économique des indicateurs agro-écologiques* réalisée sous la direction de M. O'Connor (C3ED) et P. Girardin (INRA) (<http://www.c3ed.uvsq.fr/c3ed/valia/valia.html>).

I. Coûts d'opportunité et environnement

En économie, une ressource ou un service est défini comme rare si son utilisation entraîne un coût d'opportunité positif et significatif pour une société, même en un autre lieu ou dans l'avenir. Lorsque des services environnementaux tels que l'air et l'eau propres étaient perçus comme abondants, ils pouvaient de façon plausible être traités comme des "biens libres". Dans des situations où la terre et les aménités liées à la terre semblaient essentiellement "fixes" et à caractère indestructible, les premières questions qui se posaient avaient trait aux rentes que leur possession pouvait impliquer, et à la population qu'elles pouvaient supporter étant données les technologies disponibles. Ceci représentait la perspective des économistes de l'économie politique classique et est toujours à la base de l'approche du conflit de la répartition en termes d'appropriation du surplus économique produit, que l'on trouve dans la littérature néo-ricardienne contemporaine (Sraffa 1960, Abraham-Frois & Berrebi, 1979, Pasinetti 1980, Salvadori & Steedman 1990).

Mais, de plus en plus, les actifs environnementaux sont perçus comme n'étant ni abondants (non-rares) ni indestructibles. De plus, le processus d'expansion et de "modernisation" industrielle a contribué aux dommages subis par les sociétés non occidentales, qui ont été effectivement exploitées comme sources de matières premières et de travail à bon marché (une forme de "capital naturel") et qui ont vu leur viabilité mise en cause par le processus de développement colonial (et post colonial). Ceci pose des questions à la fois anciennes et nouvelles, à propos des conflits et de la justice en matière de répartition, comme celles de la soutenabilité intertemporelle de la croissance économique, de l'équité dans l'accès aux ressources naturelles et aux aménités environnementales et des blessures infligées par le développement aux "ressources communes" environnementales et aux sociétés non industrielles (voir par exemple Passet 1979, Hueting 1980, Kapp 1983, Pearce 1988, Norgaard 1988, Howarth & Norgaard 1990, J. O'Connor 1988).

Cet article traitera de l'exemple de la dégradation des ressources en eau en Bretagne et démontrera comment le cadre d'analyse néo-ricardien peut être étendu à l'analyse de questions telles que l'usage de ressources naturelles et d'aménités environnementales irremplaçables, ainsi qu'aux conflits entre systèmes de valeurs associés à des usages incompatibles de ces ressources. L'approche reposant sur un modèle input-output dynamique (en temps discret) est dans la ligne des modèles de production jointe de Sraffa (1960) et von Neumann (1945-46), étendue par Perrings (1985, 1986, 1987), Erruygers (1996) et O'Connor (1993a, 1993b, 1993c, 1996) afin d'inclure à la fois les processus économiques et les processus environnementaux.

Le point central de notre argumentation est l'utilisation du concept de "capital écologique", que l'on peut comprendre comme recouvrant à la fois le stock de ressources naturelles, les systèmes écologiques fournissant les flux de ressources renouvelables et les services support de vie, mais aussi les économies non industrielles vulnérables à la prédation exercée par l'extension de l'économie moderne. Un trait distinctif de la littérature analytique sur l'énergie des années 1970 et 1980 était que celle-ci suggérait l'existence de limites très strictes à la substitution entre sources d'énergie primaires "alimentant" en combustible tous les processus économiques industriels. (cf. Gilliland 1978, Slesser 1978, Peet 1992). La proposition selon laquelle la non substitution pourrait bien caractériser aussi de nombreux systèmes écologiques a été faite par Pearce (1976), qui soulignait que si une aménité environnementale est endommagée de façon irréversible, la perte de bien-être ne concerne pas seulement la période au cours de laquelle le bénéfice est obtenu à partir de la production du bien en question, mais aussi toutes les générations futures. De tels arguments ont rapidement été repris et replacés dans des contextes plus larges par des économistes concernés par l'environnement et le développement (Godard & Sachs 1978, Godard 1981). Mais ce n'est que plus récemment que ces dernières théories ont commencé à s'infiltrer dans le courant principal de la pensée économique concernant les ressources naturelles et l'environnement, sous les rubriques du "capital écologique" épuisable et du problème de la soutenabilité (par exemple, Pearce, Barbier & Markandya 1988 ; Faucheux & O'Connor (eds.) 1998). L'idée, ici, est que certains systèmes environnementaux peuvent être essentiellement uniques et irremplaçables. Ce caractère unique peut être défini en fonction de quelques axes, en particulier (Pearce 1976, Georgescu-Roegen 1979, Passet 1979, Godard 1981, 1984, Boyer et alii 1992) la non-substituabilité en tant qu'input dans certains processus de production, le caractère unique de la biosphère entendue comme un tout, en tant que système support de vie, le fait d'être unique à un certain moment et à une certaine place, pour des ressources, des lieux ou des aménités symboliquement intégrés dans une culture ou centraux dans la vie ou la signification du bien-être d'un individu ou d'un groupe social.

En outre, ce capital écologique, bien qu'il soit modifié sous divers rapports par l'action de l'homme sur des échelles temporelles courtes ou longues, représente sous d'autres rapports une dotation due à la nature et non reproductible par les processus industriels. Par exemple, une fois que la désertification est intervenue dans le Sahel, ou que, en Amazonie, une zone de jungle a été déboisée sur une large échelle pour y exploiter le bois ou y créer des terres agricoles, il est effectivement impossible de recréer un écosystème comparable. En

même temps, l'activité économique moderne requiert, d'une façon ou d'une autre, des apports de ressources naturelles et de services dérivés du capital écologique (alors que l'inverse n'est pas vrai). Ceci nous amène à qualifier ce type de capital d'essentiel, rare et épuisable.

Inévitablement, nous voyons alors surgir des conflits d'intérêts concernant l'appropriation et l'usage du capital écologique: conflits entre différentes sociétés et entre groupes à l'intérieur d'une même société, conflits sur l'accès aux ressources naturelles épuisables, sur la reproduction ou la destruction d'aménités environnementales (et du système planétaire de support de vie), et, finalement, conflits pour savoir quels projets culturels vont être servis ou desservis par l'appropriation des ressources et des services environnementaux. De tels conflits ont toujours existé, en particulier lors des processus de colonisation, d'impérialisme et de sous-développement, mais ils ont souvent été négligés par une profession fascinée par le dynamisme de la production industrielle de biens et par le processus de marché. Perrings (1987, pp.79-94) se réfère à ces conflits en termes de "possession" multiple de ressources. La possession d'une ressource, pour lui, est indiquée par l'affectation (par les agents en cause) de ressources (économiques) évaluées positivement pour s'en assurer l'usage, ce qui implique que la ressource ainsi obtenue soit elle-même dotée d'une valeur. La possession présuppose donc une revendication sur la ressource; cependant, toutes ces revendications peuvent être contestées, et la possession, dans ce contexte, ressemble un peu à l'exercice du "droit naturel" dans le fameux état de nature de Thomas Hobbes (1651) : tout un chacun peut tenter de déposséder autrui de tout et n'importe quoi.

Ces remarques contextuelles étant faites, notre démarche dans cet article suivra le plan suivant :

- La Section II présente la situation des ressources en eau en Bretagne, France, en expliquant en quoi les hésitations à reformer la gestion et la gouvernance de la ressource peuvent être assimilées à une question de conflits entre « systèmes de valeurs ».
- La Section III présente un modèle simple de production jointe et introduit les différents rôles que peut jouer la ressource en eau en tant que « capital écologique » sous-jacent à l'activité économique de la région.
- Ensuite, dans la section IV, nous examinons les contraintes environnementales que cette ressource à la fois « rare » et « critique » exerce sur la croissance du système économique. D'une façon générale, à moins que le capital écologique ne se régénère à un taux plus élevé que celui auquel il diminue en servant d'input dans la production ou de réceptacle à des déchets, l'activité économique est vouée effectivement à stagner ou à s'effondrer. Le thème du conflit entre systèmes de valeurs est introduit, au sens de conflit entre les usages auxquels les ressources tirées des écosystèmes peuvent donner lieu : il s'agit ici du conflit entre la reproduction de l'eau in situ et son exploitation jusqu'à l'épuisement pour satisfaire les besoins de l'accumulation du capital économique.
- La Section V développe plus avant ce thème du conflit, en posant la question de l'adéquation (ou non) d'une « fiscalité verte » pour assurer une exploitation « durable » de la ressource en eau. Dans notre modèle de production jointe, il est notamment démontré que ni une politique de « utilisateur payeur » ou de « pollueur payeur » ni un changement technologique censé améliorer l'efficacité de l'exploitation de l'eau ne peut garantir la durabilité de l'activité économique.
- Dans la Section VI, nous envisageons le développement durable sous la forme de l'intégration de l'activité économique dans les cycles de renouvellement de la biosphère. En nous interrogeant sur les conditions d'une « coexistence durable » entre secteurs économiques et secteurs écologiques, nous démontrons qu'un développement durable dépendra de l'établissement d'un mode de régulation affirmant une certaine réciprocité : celle par laquelle les surpluses propres à un processus d'accumulation (le capital économique et l'eau pure, dans notre cas) seront mis au service du renouvellement d'un autre processus. La vieille formule de l'utopie communiste — *De chacun selon ses capacités, à chacun selon ses besoins* — retrouvera ici un nouveau domaine d'application.
- Bref, il faut parler de « systèmes de valeurs » favorables ou contraires à la durabilité, favorables ou contraires à la coexistence entre activités écologiques et économiques, avant de se poser la question de la valeur (ou du « juste prix ») d'une unité d'eau. Dans la Section VII nous évoquons la pertinence et la portée de tous ces résultats pour le cas de la dégradation de la ressource en eau en Bretagne. Fort des résultats du modèle, nous mettons en évidence trois modes de régulation qui seraient en quelque sorte des "types idéaux" de ce que l'on peut déceler sous les pratiques et les projets de réforme agricole en Bretagne. Tout d'abord, nous repérons une logique d'exploitation proche de l'agriculture intensive d'aujourd'hui. Ensuite, nous décryptons l'ambiguïté des propositions diverses en faveur d'un régime agricole avisé (dit Raisonnable ou Économe) et en faveur des politiques de 'Pollueur-Payeur'. Enfin, nous décelons les espoirs qu'on peut placer dans une logique de coexistence — ou de symbiose — entre l'homme et la nature.

Une certaine rigueur mathématique est maintenue tout au long de l'article, même si la portée générale du traitement algébrique est en partie sacrifiée à la clarté didactique des exemples choisis. L'utilisation de coefficients techniques fixes peut paraître excessivement contraignante mais sert à faire ressortir l'importance de notions clés telles que l'irremplaçabilité et la non substituabilité du capital écologique. Cette convention analytique usuelle dans les modèles de production jointe nous permet de mettre l'accent sur la structure d'interdépendance d'un ensemble de processus et ainsi d'exprimer fortement l'idée de l'existence d'un conflit entre systèmes de valeurs à propos de l'usage et du contrôle des ressources.

II. L'agriculture intensive et la crise du « miracle breton »

Dans le préambule du rapport *L'environnement, un des enjeux majeurs pour l'avenir économique, social et culturel de la Bretagne* (1993), il est noté que :

*"Même s'il faut reconnaître que la relation **environnement – économie** est trop souvent perçue sous l'angle conflictuel et que les débats, souvent passionnels, ont fréquemment un caractère plus subjectif que rationnel, ils interpellent les responsables régionaux ...*

L'espace, l'environnement, le cadre de vie deviennent des sujets de conflits et si le droit de l'environnement progresse c'est qu'il répond à une exigence sociale nouvelle ...

*C'est en effet, d'un nouveau dessein dont il faut parler puisqu'il s'agit, ni plus ni moins, de concevoir et de promouvoir un développement économique plus harmonieux, **soutenable** comme on dit aujourd'hui."*

Il n'y a guère de modèle de développement durable pour la Bretagne, mais chacun reconnaît que la croissance économique telle que cette région l'a connue dans les années 60 atteint maintenant ses limites. L'économie, et en particulier le secteur agricole, est fragilisée, du fait d'une forte dépendance du marché, l'orientation de cette activité vers une production de masse dégageant peu de valeur ajoutée... En production porcine bretonne, par exemple, près d'un producteur sur trois est endetté à 100% ou plus. Dans les Côtes d'Armor, on s'attendait à ce que, fin décembre 1999, 40 à 45 % des 1800 producteurs spécialisés soient au bord du dépôt de bilan (TRI n°155, p.4). L'environnement est également en proie à des dégradations diverses : dégradation de la qualité des sols et des eaux, appauvrissement des paysages. Les projections à l'horizon 2005 prévoient le dépassement des normes pour les 2/3 des prises d'eau bretonne si rien ne change. La Bretagne est devenue la première région agricole de France (voir Agreste 1997). Mais, suivant l'évaluation de Canevet (1992, p.75) :

"... ce dynamisme ne va pas sans faiblesses et sans fragilités. Les faiblesses d'un complexe agro-alimentaire qui a privilégié jusqu'à présent les productions de masse et dont les résultats en termes de revenus demeurent décevants. Des fragilités qui sont à la mesure de l'engagement dans une économie de marché de plus en plus concurrentielle. Des limites enfin qui tiennent aux revers d'un productivisme mal maîtrisé qui met à mal l'environnement et ses ressources et qui menace à terme l'équilibre du système économique breton fondé sur l'agriculture mais également sur la pêche et l'aquaculture, sur le tourisme, sur une certaine image de marque de qualité de vie et d'environnement préservé".

Si, jusqu'en 1990, la dégradation de la qualité de l'eau se résumait à l'augmentation de la teneur en nitrates et à l'eutrophisation des eaux continentales, l'existence d'une pollution diffuse des eaux par les produits phytosanitaires apparaît comme de plus en plus probable. Vraisemblablement, c'est à cause de la visibilité de leurs impacts que la principale source de pollution dénoncée fut les nitrates. Cette pollution se caractérise par des phénomènes d'eutrophisation : le développement des marées vertes. Dans cet article, l'exemple des nitrates et de la dénitrification peut servir nos besoins didactiques : la dégradation des eaux est un phénomène structurel lié à la toxicité des "sous-produits" généralisés dont les nitrates sont le symbole...²

² Difficiles à étudier dans les milieux naturels, les effets des pesticides sur l'environnement dépendent de la multiplicité des substances utilisées dont l'importance n'est pas seulement corrélée aux quantités, mais aussi à un ensemble de facteurs chimiques et physiques : le ruissellement, la solubilité, la durée de vie (indicateur de demi-vie), l'absorption (KOC, grandeur qui permet de comparer les sols à partir du coefficient de partage entre carbone et eau), la volatilité et les réactions à l'ionisation et de dégradation (métabolites, i.e. la décomposition de la molécule-mère en d'autres molécules, qui sont tout aussi toxiques). L'ensemble de ces paramètres montre qu'il existe une grande variété d'impacts possibles des pesticides sur l'environnement. De plus, la diversité des utilisateurs (agriculteurs, SNCF, collectivités locales, particuliers...) constitue aussi une source de difficulté quant à la mise en place d'actions de limitation des impacts des pesticides. Un bref constat peut être

Exemple significatif de l'ampleur de la dégradation de l'environnement liée aux nitrates, la Bretagne est classée dans son ensemble en zone vulnérable selon la directive européenne "Nitrates" (n°91/676, du 12 décembre 1991) et 71 cantons sont répertoriés comme des Zones d'Excédents Structurels (ZES), c'est-à-dire des zones sur lesquelles plus de 170 kg d'azote d'origine animale sont apportés par hectare.³ Les études sur la qualité des eaux bretonnes, analysée depuis 1971, mettent en évidence le passage d'une teneur moyenne en nitrates, de 8,5 mg/l en 1972 à 39 mg/l en 1994 (DIREN de Bretagne, 1998).

Le processus de dégradation renforce à toute allure la contrainte que représente la rareté croissante de l'eau de qualité. L'insuffisance des eaux souterraines a d'ores et déjà conduit à puiser dans les eaux de surface pour l'alimentation. Actuellement, ce sont plus d'une centaine de prises d'eau qui fournissent 80 % de l'adduction d'eau. On peut citer parmi les activités utilisatrices les industries agro-alimentaires mais aussi les activités de loisirs. A la pêche s'ajoute la baignade en eau douce, les sports nautiques, sans oublier l'élément attractif que constitue le paysage. La pêche en eau douce reste un loisir très pratiqué en Bretagne. La pisciculture s'est aussi fortement développée sur les cours d'eau à salmonidés. De même, les estuaires et certaines portions du littoral breton sont des sites conchylicoles ou de pêche aux coquillages de grande valeur. La Bretagne est l'une des premières régions de production de moules et d'huîtres (25% de la production nationale). Enfin, la Bretagne est l'une des premières régions touristiques françaises. Nombre de prises d'eau dépassent ou ont dépassé occasionnellement le plafond de 50 mg/l fixé par la directive européenne n°80/778 relative à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Pour respecter les normes, c'est le choix soit de la fermeture des prises d'eau contaminées, soit de l'épuration de l'eau qui doit être fait. Quelques-unes ont dû s'équiper d'usines de dénitrification, par exemple sur l'Horn ou sur l'Arguenon. Le coût de ces dernières étant élevé, cette solution ne peut se généraliser sans heurts.

Face à la gravité de la pollution des eaux en Bretagne de nombreux programmes de réduction de la pollution ont été mis en place. En 1982, suite à une circulaire du Ministère de l'Agriculture, des "plans départementaux pour la réduction des teneurs excessives en nitrates dans les distributions rurales d'eau potable" sont établis. Suite à ce programme et pendant 5 ans, de 1982 à 1987, deux bassins "pilotes" sont retenus (bassins de l'Horn et du Frémur) en raison de la gravité de leurs pollutions agricoles pour développer des opérations de fertilisation "raisonnée", de valorisation du lisier et d'amélioration de la qualité de l'eau. Au début des années 90, divers modes de régulation et de coordination se sont développés (voir Douguet 2000 pour une discussion approfondie). Les mesures envisagées pour restaurer la qualité de l'eau et plus généralement de l'environnement peuvent prendre des formes diverses. Citons, à titre indicatif (voir Annexe I):

- ☐ Réglementations quantitatives de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et des eaux de baignade, par exemple, des limites de zones d'épandage ou des plafonds d'apport d'azote d'origine animale (170 kg/ha d'azote) dans les zones excédentaires structurelles (ZES).
- ☐ Actions de type FERTIMIEUX, PHYTOMIEUX qui visent une amélioration technique : la réduction des quantités des substances toxiques appliquées aux parcelles ainsi que des quantités qui se dispersent dans les eaux par la suite.
- ☐ Le programme Bretagne Eau Pure (BEP), à partir de 1989, qui repose sur une mobilisation forte de l'ensemble des acteurs, l'objectif recherché par les partenaires étant d'aider l'acteur direct, c'est-à-dire celui qui a une influence sur la dégradation du milieu afin qu'il modifie ses pratiques et réalise les investissements nécessaires pour prévenir les pollutions.
- ☐ Le Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA, arrêté du 2/11/93) qui organise l'intégration des élevages dans le système de redevance-subsidation des Agences de l'Eau. D'une part, des subventions sont accordées pour réaliser des travaux après un diagnostic de l'élevage (DEXEL), d'autre part l'élevage paie une redevance selon la pollution résiduelle calculée.⁴

dressé pour la Bretagne. Si l'agriculture utilise 4 000 tonnes de substance active, elle est à la source de la moitié de la pollution de l'eau en Bretagne, l'autre part étant attribuée à l'utilisation par les usagers non-agricoles qui n'en consomment que 100 tonnes (50 tonnes par les "jardiniers du dimanche" et 50 autres tonnes par la SNCF, la Direction Départementale de l'Équipement...).

³ Les quatre départements bretons ont été classés en zones vulnérables par le Préfet de Région, Coordinateur du Bassin Loire-Bretagne dans son arrêté du 14 septembre 1994.

⁴ En Bretagne, ce sont 13 500 élevages qui sont concernés. Au 1^{er} janvier 1998, 11150 d'entre eux avaient déjà fait une demande de DEXEL, 6700 projets d'aménagement avaient été déposés à la direction départementale de l'agriculture et de la

En retraçant les divers programmes d'action mis en œuvre, de nombreux commentateurs ont noté le faible "rendement" des mesures agri-environnementales en Bretagne. Le rapport d'étape n°2 du programme BEP (1998, pp.30-31) note des "résultats encourageants" concernant la concentration de certains pesticides (atrazine, isoproturon) et des avancées significatives dans le déroulement du Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole (PMPOA) et dans les "évolutions des systèmes de production (Plan de Développement Durable, Agriculture Plus Autonome) intégrant un raisonnement global au niveau du fonctionnement des exploitations", mais constate que les réductions des pollutions azotées (objectif majeur du programme) "se font toujours attendre...". La DIREN (1998) estime que l'application des mesures agri-environnementales s'est avérée jusqu'ici "peu adaptée à corriger les inconvénients généraux, sur la qualité de l'eau, d'une agriculture intensive...". Les hésitations des agriculteurs s'expliquent, selon elle, en partie par l'attrait des aides compensatoires aux cultures, y compris au maïs fourrage.

Bref, l'échec des politiques suivies jusqu'à présent met ainsi en évidence non pas tant un problème de manque de financements que l'ambiguïté de ces financements et, sous-jacent à ce dernier, le caractère éventuellement contradictoire des motivations des différents acteurs sociaux concernés.⁵ Les objectifs des programmes et des politiques ne sont pas clairement identifiés au sens où ils ne sont ni liés à une vision globale de la réorientation de l'activité agricole et économique, ni discutés par la population locale.

Par exemple, les dépenses importantes dans le cadre du PMPOA ne semblent pas en mesure de contrecarrer les incitations au productivisme. Le développement d'un système de taxation des émissions polluantes (Redevance Eau; Taxe Générale sur les Activités Polluantes ou TGAP), censé instaurer une application du principe pollueur-payeur, ne garantit pas le maintien de la qualité de la ressource en eau. Le raisonnement est le suivant. En l'absence d'un paiement pour l'utilisation des ressources (pourtant rares) de l'eau, la ressource sera gaspillée, détériorée voire irrémédiablement dévastée; les prix des biens et de services mobilisés dans l'activité économique devraient pleinement refléter les coûts d'opportunité associés à l'exploitation de l'eau, l'internalisation de ces coûts d'opportunité assurant ainsi une vision à long terme de l'exploitation de l'eau... Mais la justification de ce principe reste controversée ainsi que son efficacité. D'une part, les agriculteurs considèrent payer déjà un lourd tribut à la préservation de l'environnement et les consommateurs voient en la redevance une ponction financière injuste. D'autre part, les incitations de l'économie de marché et des "aides compensatoires aux cultures" ne sont pas réellement remises en cause. Dans ces conditions les redevances ainsi que les diverses subventions participent au jeu de la répartition des revenus — la lutte de classes pour le partage du surplus économique si chère aux "classiques" — sans pour autant assurer une quelconque soutenabilité...

Le problème de la dégradation de la qualité de l'eau souligne sans doute les excès liés à certains modes de production agricole et l'absence d'incitation monétaire à une attitude "conservatrice" envers la ressource en eau. Mais il souligne également l'existence de conflits entre systèmes de valeur quant aux perspectives de développement de la région Bretagne. Dans cette optique, il est intéressant de constater l'émergence d'un mouvement contestataire capable, d'une part, de faire contrepoids au lobby agri-agro-alimentaire et d'autre part, de structurer les revendications et, par là-même, de peser sur les orientations des politiques environnementales ou sectorielles.

Ce contre-pouvoir s'est constitué à partir du rapprochement de différents mouvements touchant à des intérêts divers. Regroupés au sein d'associations ou de collectifs (Collectif Cohérence créé en 1998, Collectif Eau Pure créé en 1992), les protecteurs de la nature, les défenseurs des consommateurs, les agriculteurs et plus généralement les citoyens soucieux de la préservation de l'environnement soulignent l'incohérence des mesures mises en place pour lutter contre la dégradation de l'environnement, la nécessité de respecter les réglementations mais également, la nécessaire évolution des mentalités et des systèmes de production, en particulier de la production agricole (voir Réseau Agriculture Durable 1997, 1998). Tous s'accordent à dénoncer la faiblesse des programmes de restauration de la qualité de l'environnement et d'amélioration des pratiques agricoles, la légalisation d'extensions illégales de porcheries et l'incohérence des orientations des politiques environnementales (non-application de la directive Nitrates dans son ensemble, faiblesse de l'application des Mesures Agro-Environnementales, détournement de la logique du PMPOA, ...). D'abord

forêt et 3700 contrats étaient signés ou en cours de signature. L'aide publique moyenne est d'environ 70000 francs par projet (Dougnet 2000).

⁵ Le problème de la motivation des acteurs présente d'un certain côté l'allure d'un dilemme du prisonnier. C'est-à-dire, la plupart des personnes dans la région bretonne admettent qu'il y a un problème (ce sont leur propre eau potable, leurs propres plages, leur propre économie locale qui sont atteintes...) ; mais il y a des difficultés à renoncer à la dépendance économique existante vis-à-vis de l'agriculture intensive. Voir à ce propos Dougnet et al. (1999), aussi Guimarães Pereira & O'Connor (1999), O'Connor (2000).

concernées par des problèmes locaux, certaines de ces associations ont élargi le champ de leurs actions et de leurs revendications.⁶

Le retournement de situation auquel on a pu assister lors du procès de Guingamp (1996), relatif à la contestation du paiement de factures d'une eau de mauvaise qualité, est peut-être l'un des effets les plus visibles de cette montée en puissance. Touchant seulement 180 consommateurs, cette affaire a connu un retentissement médiatique au niveau national. Diverses actions ont depuis lors vu le jour réunissant la population locale autour de thèmes aussi variés que la gestion de l'eau en Centre Bretagne (1998), les orientations de l'agriculture (rassemblement de Pontivy (1999)...).

Il est à noter également la position particulière des industries de distribution d'eau qui ont fait évoluer leur stratégie face au problème de la dégradation de la qualité de l'eau. Accusées et condamnées pour avoir distribué une eau ne respectant pas les normes européennes, elles ont, en concertation avec certaines associations (*Eaux et Rivières de Bretagne*), attaqué en justice l'Etat français pour mauvaise transposition des réglementations européennes. Elles soulignent ainsi, les incohérences de la position de ce dernier qui favorise les actions limitant les impacts de l'agriculture sur l'environnement, tout en ne mettant pas en cause ou en n'interdisant pas l'extension des certains élevages ou en ne condamnant pas des agriculteurs qui se trouvent en situation illégale...

Ce mouvement contestataire affiche une légitimité reposant sur les revendications des différentes entités de la société. Cette démarche n'est donc pas sectorielle comme peut l'être celle du lobby agricole. Elle se veut citoyenne. On voit apparaître de nouvelles demandes s'adressant à l'agriculture, en particulier pour l'occupation et l'entretien du milieu naturel (Beuret (1998), Delord & Lacombe (1992)). Le problème est double puisqu'il nécessite l'arbitrage entre l'exploitation des ressources de l'espace rural et sa préservation en tant qu'espace de vie. La gestion de la qualité de l'eau et le développement de l'agriculture en Bretagne sont directement liés du fait des interdépendances tant au niveau écologique que dans leur évolution. En fait, la concurrence entre les fonctions environnementales de l'eau et plus généralement de l'environnement, est au cœur des conflits quant aux choix d'orientation du développement de la région Bretagne, en particulier dans le domaine de l'agriculture.

Cette opposition entre différents groupes sociaux fait émerger des systèmes de valeur différents conduisant à des orientations différentes en ce qui concerne le développement de l'agriculture et de la région. Au cœur de cette divergence d'opinion, trois thèmes principaux de désaccord au sein de la société bretonne ressortent :

- ☐ Les orientations des politiques de restauration de la qualité de l'eau et plus généralement de l'environnement (par exemple, refus de la construction d'une usine de purification).
- ☐ La dénonciation de certains agissements d'institutions étatiques (par exemple, légalisation d'extension illégale de porcheries, développement de porcheries dans des zones excédentaires, non-transposition par l'Etat français de la directive Nitrates dans son ensemble).
- ☐ L'existence de revendications quant au rôle joué par l'agriculture au sein de cette région (par exemple, importance de l'idée de terroir ou de produits agricoles de qualité...).

D'apparence indépendante, ces trois thèmes sont pourtant liés au mode de production agricole choisi. En effet, le système intensif actuellement développé en Bretagne repose sur une production de masse à des coûts faibles et à rendement élevé. Cette intensification a amené à remembrer les territoires, à modifier les paysages, à diminuer les emplois, à avoir des exploitations de plus en plus importantes... d'où une forte dépendance du marché, des banques, d'où extensions illégales, pollution du fait des concentrations, crises du fait de la surproduction et de l'ouverture des marchés. Pour régler le problème de la pollution, on installe des usines de dénitrification...

Le problème qui se pose est lié, en partie, à un arbitrage quant à l'affectation ou non d'une partie de la croissance économique à l'épuration de l'eau ou à la mise en place de systèmes de limitation des déchets issus de l'activité économique. Une des dimensions sous-jacentes est relative à l'importance de la prise en compte des systèmes écologiques, de la fourniture de biens et services environnementaux et de l'assurance de leur permanence. En d'autres termes, doit-on remplacer les cycles naturels par des "cycles artificiels" au prix d'une amputation de la croissance économique ? Est-ce la combinaison la plus efficace ?

⁶ Par exemple, l'association Eaux et Rivières de Bretagne, anciennement Association de Protection du Saumon en Bretagne, qui avait été créée en 1969 pour sauvegarder le patrimoine que constitue le saumon, est devenue une association de protection de l'environnement et de défense des consommateurs en 1989.

Ce sont ces questions que nous aborderons dès maintenant à travers un modèle de production jointe. Nos interrogations sur les justifications qui peuvent être offertes par les acteurs concernés nous laissent présager trois "idéaux types" aux stratégies et aux visions d'un futur désirable différentes, que l'on peut déceler sous les pratiques et les projets de réforme agricole en Bretagne. Les exigences respectives en matière de traitement des pollutions de l'eau ne se distinguent pas tant, pensons-nous, par la préoccupation le niveau de leur efficacité technique que par le regard sous-jacent porté sur la nature et sur les rapports homme-nature. Nous repérons donc:

- ☐ Une logique d'exploitation — l'agriculture intensive — que nous résumerons par la phrase (d'après Karl Marx) *"Accumuler, accumuler c'est la loi et les prophètes..."*
- ☐ Des conseils en faveur d'un régime avisé et de type "Pollueur-Payeur" visent à une meilleure efficacité technique (moins de polluants par unité de rendement). Il insiste sur l'obtention d'un "juste prix" pour l'eau — mais n'assure pas pour autant la durabilité de la ressource en eau ni celle de l'activité économique;
- ☐ Une logique, peut-être une utopie, de coexistence — ou de symbiose entre le naturel et l'économique — que nous résumerons par la phrase *"Donner, Recevoir, Rendre"* (la triple obligation chez Marcel Mauss (1923/24).

Les Sections III, IV, V et VI formalisent mathématiquement les intuitions concernant ces trois modes de régulation, avant de fournir, dans la Section VII, une grille de lecture didactique pour classer les discours et les politiques de l'agriculture et de l'eau en Bretagne.

ACTEURS	OBJECTIFS	MOYEN D'ACTION	Année
180 consommateurs de la ville de Guingamp	<u>1^{er} objectif</u> : action contre la Lyonnaise des Eaux car non-respect des normes de potabilité <u>2^{ème} objectif</u> : Le retournement "concerté" de la Lyonnaise des Eaux contre l'Etat, car non-respect de la Directive "Nitrates" <u>3^{ème} objectif</u> : dénoncer des investissements pour traiter l'eau comme outils qui ne sont pas durables	<u>1^{er} objectif</u> : Action judiciaire au niveau national <u>2^{ème} objectif</u> : action judiciaire au niveau européen <u>3^{ème} objectif</u> : dénonce l'augmentation de la facture d'eau- Médiatisation au niveau national - Le prix de l'eau - Rapport entre prix-qualité de l'eau Prise de conscience que l'eau est produite à partir des rivières La protection des rivières n'est pas seulement un objectif environnemental	1996
200 foyers de St Brieuc	a) Dénoncer l'attitude des pouvoirs publics face à une véritable politique de l'eau b) Inadéquation entre la hausse des prix et la baisse de qualité c) Faiblesses des aides accordées à l'agriculture respectueuse de l'environnement d) L'utilisation des redevances pour financer les PMPOA e) Refus du cycle pollution / dépollution f) Pour le principe de précaution en ce qui concerne les impacts de la dégradation de l'eau sur la santé	Non-paiement des montants correspondant à la redevance dans la facture d'eau	1996
Association de défense des consommateurs et de protection de l'environnement "Eaux et Rivières de Bretagne"	a) Prise de conscience au niveau de la population b) Eau potable et protection du milieu c) Techniques pour traiter l'eau d) Gestion du territoire (PMPOA) e) Hausse des factures d'eau	Au 1 ^{er} janvier 1998, ERB compte à son actif : 45 décisions définitives, 67 procédures en cours, 71 délibérations du conseil d'administration relatives à des actions contentieuses	1996
Collectif Eau Pure, regroupant de nombreuses associations de défenseurs de la nature, d'agriculteurs, de consommateurs...	a) L'eau apparaît comme le liant autour d'une cause commune b) Eau potable et protection du milieu c) Techniques pour traiter l'eau d) Gestion du territoire (PMPOA) e) Hausse des factures d'eau	Actions de sensibilisation par voie de presse ou sous forme de manifestation, comme celle qui s'est déroulée à St Brieuc au cours de laquelle des milliers de bouteilles ont été déposées devant la préfecture	1992
Collectif Cohérence, regroupant de nombreuses associations de défenseurs de la nature, d'agriculteurs, de consommateurs...	Prise de conscience de la dérive agricole et en matière de politique de l'eau	Manifestations (à Pontivy en juin 1999)	1999

**Vision synthétique d'actions de contestation
face à la dégradation de la qualité des eaux en Bretagne**

(Source: Douguet 2000)

III. Le concept et la structure d'un modèle de production jointe

3.1 Définitions et terminologie

La forme de modélisation mathématique que nous exploiterons consiste en un ensemble de *processus de production physique* interdépendants, comprenant aussi les échanges et les transformations des ressources matérielles. Le développement proposé dans le présent article est adapté directement de celui présenté dans O'Connor (1993a) et suit l'approche de Perrings (1986, 1987) en se référant uniquement à des ressources *matérielles*. Si cette convention exclut explicitement la représentation de flux purement énergétiques, tels que les échanges de chaleur ou de travail entre processus, l'approche reste néanmoins générale.⁷

- (1) Le système du modèle est constitué d'un ensemble de processus de production indépendants, qui comprend à la fois l'économie en question et son environnement terrestre. L'activité de production intervient au cours de périodes de temps discret désignées par l'indice T . Il y a une production jointe et chaque processus utilise au moins un input.
- (2) On suppose, pour des raisons de commodité algébrique, que le nombre total de processus, N , est égal au nombre total de ressources matérielles distinctes.
- (3) Les inputs et outputs en ressources matérielles sont, au cours de chaque période de production T , alloués en accord avec des technologies spécifiques données. La *technologie* de chaque processus de production est décrite à l'aide des conventions établies par von Neumann (1945-46), à savoir un vecteur, une *paire de vecteurs - lignes* définissant les niveaux *relatifs* des inputs et des outputs pour une *unité d'activité* de chaque processus de production. La technologie de l'ensemble des N processus durant la période T , peut être représentée par deux matrices carrées d'ordre N , $\mathbf{A}(T)$ et $\mathbf{B}(T)$, dont les $i^{\text{èmes}}$ lignes respectives notent les inputs et les outputs du $i^{\text{ème}}$ processus ; et dont les $j^{\text{èmes}}$ colonnes respectives indiquent la $j^{\text{ème}}$ ressource. Les éléments individuels de ces matrices sont notés par des minuscules avec des doubles indices : a_{ij} et b_{ij} respectivement pour les coefficients d'input et d'output. Ainsi, par exemple, l'élément b_{21} est le *coefficient technique* indiquant, relativement aux autres coefficients a_{2j} et b_{2j} , le montant de la ressource 1 apparaissant comme un output pour l'*unité d'activité* du second processus.
- (4) Ces coefficients seront toujours supposés invariables au cours du temps une fois qu'ils ont été spécifiés pour le cas particulier étudié, de sorte qu'aucun indice temporel ne figure sur les éléments de $\mathbf{A}$ et $\mathbf{B}$.
- (5) Un *vecteur d'activité* pour le système en cause est le vecteur-ligne ($1 \times N$) noté par $\mathbf{y}(T)$, dont les éléments $y_i(T)$ désignent le niveau d'activité du $i^{\text{ème}}$ processus comme multiple de l'activité de production unitaire notée par les lignes correspondantes de $\mathbf{A}$ et de $\mathbf{B}$.⁸
- (6) Toutes les ressources apparaissant en tant qu'inputs dans la période T dans l'ensemble étudié sont supposées être allouées au début de la période ; toutes les ressources apparaissant comme outputs sont supposées être présentes à la fin de la période ; aucun échange entre processus ne doit prendre place avant que la production de la période n'ait été réalisée. C'est-à-dire que les échanges entre processus constituent une *réallocation de ressources qui se produit "entre les périodes"*.

⁷ Un modèle qui propose une représentation plus complète de l'interdépendance entre économie et écosystème à l'échelle planétaire (la notion de Spaceship Earth) et qui incorpore aussi bien les flux et les échanges énergétiques que les composants matériels, est présenté par O'Connor (1993b, 1994). Les résultats présentés dans cet article sont néanmoins compatibles avec les idées désormais courantes de limites à la croissance et au contrôle et d'irremplaçabilité, que l'on peut déduire de considérations d'ordre thermodynamique.

⁸ Ces conventions ne sont pas les mêmes que celles utilisées par Perrings (1986, 1987) dans son modèle qui sous d'autres aspects est étroitement similaire. Les différences viennent essentiellement de la méthode de normalisation des coefficients techniques. Dans l'approche de von Neumann, on écrit simplement des paires de vecteurs pour chaque processus, en choisissant une échelle convenable pour "l'activité unitaire" dans chaque cas, alors que Perrings définit ses coefficients de façon à ce que le vecteur ressource $\mathbf{q}(T)$ soit identifiable au vecteur d'activité de l'ensemble, une convention qui fait perdre beaucoup de transparence et peut devenir impraticable lorsque l'ensemble des processus est situé en dehors d'un sentier de "croissance équilibrée". Voir la discussion par O'Connor (1993b).

- (7) Les ressources totales au début de la période T sont représentées par les éléments $q'(T)$ d'un vecteur ligne ($1 \times N$) : $q(T) = y(T)A$, où $y(T)$ est le vecteur d'activité ($1 \times N$) pour la période T . L'exposant j désigne alors la ressource du $j^{\text{ème}}$ type.
- (8) Il n'existe *ni manne tombée du ciel* (pas de "don gratuit") *ni de "disparition gratuite"*, en ce sens que seules les ressources produites (apparaissant comme outputs) dans la période T peuvent apparaître comme inputs dans la période suivante et que toutes les ressources de ce genre doivent nécessairement apparaître comme inputs. Par conséquent, le total des ressources disponibles à la fin de la période T pour redéploiement à la période $(T + 1)$ est donné par : $q(T + 1) = y(T)B$; et donc nous avons nécessairement $y(T)B = y(T + 1)A = q(T + 1)$.

3.2 Solutions du modèle pour une croissance économique et une expansion (en valeur) équilibrées

La solution conceptuelle appliquée dans la construction des sentiers dynamiques d'équilibre pour l'ensemble de production, est adaptée de celle présentée par von Neumann (1945-46) en tant que "croissance équilibrée" et "expansion économique équilibrée" pour un système se composant d'au moins N processus technologiquement distincts utilisant N ressources comme inputs et/ou outputs, et par Sraffa (1960) pour un ensemble de N procédés de production interdépendants. La notation pour un *vecteur de prix* peut être présentée en notant *pro forma* les équations propres de "croissance économique équilibrée" et "d'expansion économique équilibrée" d'un système avec une technologie à la von Neumann, comme suit :

$$\text{un taux de croissance } g, \text{ tel que } y(T) B = (1 + g) y(T) A \quad (1a)$$

$$\text{un taux de profit } \pi, \text{ tel que } B p = (1 + \pi) A p \quad (1b)$$

Une solution "d'équilibre" pour $y(T)$ est un vecteur d'activité pour la "croissance équilibrée" de l'ensemble, en ce sens que nous avons $q(T+1) = (1 + g) q(T)$ pendant toutes les périodes suivantes. Dans la littérature classique sur la croissance équilibrée des systèmes de production jointe, on suppose habituellement que A comme B sont des matrices carrées et non singulières. L'inversion de matrice est possible dans ce cas, et il est alors commode de définir deux nouvelles matrices $T = {}^0B^{-1} A$ et $U = {}^0AB^{-1}$, et dans ce cas les équations (1a, 1b) peuvent être écrites sous la forme :

$$y(T)U = \lambda y(T), \text{ où } \lambda = 1/(1 + g); \quad Tp = \kappa p, \text{ où } \kappa = 1/(1 + \pi) \quad (1c, 1d)$$

Les techniques standard de l'algèbre matricielle peuvent alors être utilisées pour rechercher les propriétés spectrales de T et U et pour résoudre pour des valeurs propres et des vecteurs propres de U et de T . Il n'y a aucune nécessité, cependant, de supposer l'inversibilité des matrices. Dans cet article, les solutions du modèle sont toutefois obtenues explicitement à partir des formes indiquées des matrices, par tout procédé algébrique commode.

Pour leur application aux systèmes économico-environnementaux, les solutions conceptuelles de "croissance équilibrée" de von Neumann et de Sraffa doivent être modifiées pour tenir compte de la situation de croissance équilibrée d'un *sous-ensemble* particulier de l'ensemble global des processus, à savoir "l'économie". La *croissance équilibrée de l'économie* signifiera alors la croissance proportionnelle d'une période à la suivante du sous-vecteur représentant les *ressources évaluées par les propriétaires économiques*. L'activité d'ensemble peut alors être "non équilibrée", et être contrainte par des conditions de praticabilité. De la proposition [8] ci-dessus, la condition "d'absence de disparition gratuite", selon laquelle les ressources totales qui doivent être déployées dans la période $(T + 1)$ sont : $q(T+1) = y(T)B = y(T+1)A$. Si A est inversible, nous pouvons écrire :

$$y(T + 1) = y(T)BA^{-1}, \quad (2)$$

et les sentiers temporels praticables pour l'ensemble sont limités aux solutions non négatives pour une séquence $y(T), y(T+1), \dots$, satisfaisant les équations (2) pour A et B donnés.

Le concept de valeur d'équilibre doit également être modifié, en indiquant quelles ressources sont valorisées (en tant que "biens" ou en tant que "maux") par opposition à celles considérées comme "libres", et à travers quels processus un taux de profit doit être établi (et si on fait ou non l'hypothèse d'un taux uniforme de

profit ou d'un taux de rendement uniforme des ressources). Il ne peut y avoir aucune règle générale en ces matières, et les caractéristiques exactes seront posées clairement au cas par cas.⁹

3.3 Un modèle à quatre processus et quatre ressources.

Tout au long de cet article, nous développons des variantes d'un ensemble économico-environnemental stylisé composé de quatre processus distincts et impliquant quatre ressources matérielles distinctes, comme suit:

- (1) *Processus 1*: Un processus économique qui utilise un bien capital économique (ressource 1, par exemple la production agricole), avec un bien capital écologique (ressource 3, l'eau de bonne qualité) comme matière première, pour produire davantage de bien économique et un déchet économique (ressource 2, par exemple les résidus des engrais ou des produits phytosanitaires).
- (2) *Processus 2*: Un processus d'élimination des déchets dirigé par les propriétaires de l'économie qui utilise une partie du bien écologique (ressource 3) comme site d'élimination du déchet économique (ressource 2), processus qui consomme le bien écologique ou qui le contamine (ressource 4, l'eau de qualité dégradée).
- (3) *Processus 3*: Un processus écologique dont les fonctions sont de reproduire ou d'augmenter "le capital écologique" (ressource 3, l'eau de bonne qualité).
- (4) *Processus 4*: Un processus d'épuration qui, en utilisant un certain capital économique (ressource 1) dans le processus de "traitement", effectue la reconversion de l'eau contaminée (ressource 4) en eau de bonne qualité (ressource 3).

D'autres variantes sont possibles mais ces propositions intuitives seront suffisantes pour nos besoins. À un niveau plus général, les matrices **A** et **B** du modèle à quatre processus et quatre ressources auront donc la structure suivante:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & . & a_{13} & . \\ . & a_{22} & a_{23} & . \\ . & . & a_{33} & . \\ a_{41} & . & . & a_{44} \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & . & . \\ . & . & . & b_{24} \\ . & . & b_{33} & . \\ . & . & b_{43} & . \end{bmatrix} \quad (3)$$

Pour étudier séparément certains aspects particuliers de cette interdépendance, nous emploierons préalablement des formes encore plus simplifiées de **A** et de **B**, en fonction chaque aspect particulier à étudier. Il convient aussi de noter que, du fait que notre préoccupation est une économie régionale, l'activité de l'ensemble des quatre processus est encore soutenue par certaines hypothèses de don gratuit et de disparition gratuite. Celles-ci sont liées, par exemple, à la disponibilité présumée comme inputs de ressources naturelles non-rares dans le processus 3 (la pluie qui tombe...); et à la présence d'un "puits" comme destinataire des outputs "disparus" issus du traitement de l'eau contaminée par le processus 4. Cet article se concentre sur les implications d'une pénurie d'inputs dans les quatre processus tout au long de leurs sentiers d'activité interdépendants. Il faut noter particulièrement que:

- (1) La ressource 3, l'eau de bonne qualité, peut être utilisée ou bien comme un input du processus 1 ou bien comme site d'élimination de déchets économiques, apparaissant ainsi comme un input dans le processus 2.¹⁰

⁹ Sur l'aspect conceptuel des solutions traditionnelles, voir Abraham-Frois & Berrebi (1979); Pasinetti (1980); Salvadori & Steedman (1990). La base pour une démarcation explicite entre l'économie et l'environnement, ainsi que les hypothèses qui permettent la construction d'un sentier de croissance équilibrée d'une économie dépendante d'un environnement externe, ont été discutées par Perrings (1986, 1987). En résumé, l'environnement sert de source et de puits à l'économie. Pour qu'un contrôle de la croissance soit possible, l'économie doit être protégée par des *hypothèses environnementales dites de "don gratuit et rejet gratuit"* des impacts éventuels de l'épuisement des ressources naturelles ou des "feedbacks" déstabilisateurs dus à la production de polluants. Cet article envisage quelques implications du rejet de certains aspects de ces hypothèses, en se référant en particulier à la question des ressources écologiques et des services *in situ* à caractère *épuisable*.

¹⁰ La ressource 3 peut aussi être considérée comme une valeur d'aménité environnementale pour l'économie lorsque les usages alternatifs de la ressource ont un coût d'opportunité, mais ceci n'est pas explicitement recherché ici.

- (2) De façon alternative, le processus 3 peut être considéré comme relevant d'une activité de « para-économie » ou économie locale de subsistance. Si l'appropriation pour les besoins de l'économie productiviste (processus 1) de la ressource 3 (l'eau de bonne qualité) est refusée par les propriétaires de la « para-économie », il y a alors contestation de la possession du capital écologique, ainsi que de sa base de valorisation.
- (3) L'opération du processus d'épuration 4 se présente comme un élément de « compromis » qui (éventuellement) permettra la coexistence de deux formes d'activité : l'agriculture productiviste, d'une part, (processus 1) et la subsistance, d'autre part, (processus 3). La question qui se posera sera : pourquoi chercher un tel compromis ?

IV. Sentiers temporels de l'appropriation du capital écologique

4.1 Un modèle d'économie "non fondamentale"

Considérons d'abord la dépendance de l'économie (processus 1) vis à vis des inputs de capital écologique pour l'accumulation de la ressource 1, sans aucun besoin émanant de l'élimination des déchets économiques. Les processus 2 et 4 peuvent alors être supprimés. Le processus 3 permet la simple accumulation du capital écologique, avec un taux de croissance propre de $g_3 = (b_{33} - a_{33}) / a_{33} \geq 0$, sans aucune dépendance sur d'autre processus. La structure input-output correspondante se réduit à la paire de matrices **A** et **B** suivantes :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{13} \\ \cdot & a_{33} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} b_{11} & \cdot \\ \cdot & b_{33} \end{bmatrix} \quad (4a)$$

Les matrices **A** et **B** sont toutes les deux décomposables, ce qui signifie qu'elles peuvent (et dans ce cas, c'est toujours possible) être mises sous la forme de blocs triangulaires grâce à une permutation simultanée de ligne et de colonne. La matrice **B** est une matrice diagonale, et alors nous avons un système de *production simple*. Sraffa (1960, pp. 7-8) définit comme *non fondamentales* les ressources qui dans un tel système n'entrent ni directement ni indirectement dans la production de toute autre ressource. Donc, en utilisant la terminologie de Sraffa, nous voyons que la ressource 3 est *fondamentale* dans le système et que la ressource 1 est *non-fondamentale*. Pour nous intéresser aux relations de valeur et à l'accumulation de cette valeur, nous construisons un vecteur de prix (2 x 1), appelons-le **p**, indiquant les valeurs d'échange relatives pour les seules ressources 1 et 3. Supposons *pro forma* que le but d'un système de prix soit de fournir un taux de rendement égalisé, appelons-le π , pour les deux processus dont les inputs et les outputs sont valorisés. Les équations de valeur sont alors de la forme :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{13} \\ \cdot & a_{33} \end{bmatrix} \mathbf{p}(1 + \pi) = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdot \\ \cdot & b_{33} \end{bmatrix} \mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_3 \end{bmatrix} \quad (4b)$$

Nous écrivons, sous forme matricielle, $\mathbf{Ap}(1 + \pi) = \mathbf{Bp}$. Les équations (4b) peuvent être facilement résolues algébriquement et leur interprétation est facilitée par des résultats bien connus en matière de ressources fondamentales et non-fondamentales. Il y aura deux solutions pour **p**, chacune avec un vecteur d'activité correspondant **y(T)**. Si l'on se réfère aux interactions économie-environnement, on peut considérer que ces deux solutions représentent deux systèmes alternatifs de valeurs, qui peuvent définir l'activité de l'ensemble des processus. Définissons pour plus de commodité $\mathbf{T} \equiv \mathbf{B}^{-1}\mathbf{A}$. Le problème consiste à résoudre :

$$\mathbf{T}\mathbf{p} = \lambda\mathbf{p}, \text{ où } \lambda = 1/(1 + \pi) \quad (4c)$$

Les solutions pour λ peuvent être trouvées en posant le déterminant $|\mathbf{T} - \lambda\mathbf{I}| = 0$. Ceci fournit deux racines :

$\lambda_1 = a_{11} / b_{11} = 1 / (1 + g_1)$, dans laquelle $g_1 = (b_{11} - a_{11}) / a_{11}$ est le taux de croissance propre de la ressource *non-fondamentale* 1, produite dans l'économie ; et

$\lambda_3 = a_{33} / b_{33} = 1 / (1 + g_3)$, dans laquelle $g_3 = (b_{33} - a_{33}) / a_{33}$ est le taux de croissance propre de la ressource *fondamentale* 3 (le capital écologique), produite dans la para-économie.

Le fait que **A** soit décomposable et **B** une matrice diagonale signifie que la structure est décomposable de **T** (par blocs triangulaires), avec le même type de conséquences pour **A**. Puisque **A** et $\mathbf{B}^{-1}$ sont non-négatives, **T**

est aussi non-négative. Le théorème de Perron-Frobenius dans sa version atténuée appliquée aux matrices décomposables garantit que les vecteurs propres gauche et droit de $\mathbf{T}$ sont non-négatifs, correspondant ainsi à sa valeur propre dominante. La même chose vaut pour la matrice non-négative $\mathbf{U} = \mathbf{AB}^{-1}$. La valeur propre dominante commune à $\mathbf{T}$ et $\mathbf{U}$ correspond au plus petit des deux taux de croissance identifiés ci-dessus. Ainsi, des résultats qualitativement différents seront obtenus, suivant que le secteur *fondamental* (capital écologique) ou le secteur *non-fondamental* (économique) aura le taux de croissance propre le plus faible.¹¹ Nous allons rechercher toutes les classes de solutions les unes après les autres.

Comme cela a été souligné par Sraffa (1960, pp. 8-9), dans un tel système comportant aussi bien des ressources fondamentales que des ressources non-fondamentales, il existe des solutions où les prix des biens *fondamentaux* sont co-déterminés avec le taux de profit, π ; alors que les prix des ressources non-fondamentales dépendent des prix des ressources fondamentales mais n'affectent pas ces derniers. Nous pouvons ainsi résoudre d'abord pour p_3 pour chacun des choix possible de π , et ensuite trouver le p_1 correspondant.

4.2 Croissance maximale de l'économie: taux de croissance $\pi_1 = g_1$

Posons $\pi_1 = g_1 = (b_{11} - a_{11}) / a_{11} \Rightarrow 1 + \pi_1 = b_{11} / a_{11}$. Une substitution dans les équations (4c) donne : $p_3(a_{33}b_{11}/a_{11}) = p_3 b_{33} \Rightarrow p_3 = 0$ ou $a_{33}/b_{33} = a_{11}/b_{11}$. A partir de l'équation ci-dessus, on résout pour p_1 : $b_{11} p_1 + (a_{13}b_{11}/a_{11})p_3 = b_{11}p_1$. Avec $p_3 = 0$, nous obtenons $p_1 = 1$ à un scalaire arbitraire près (Ce cas n'a pas d'intérêt particulier pour nous). Le vecteur-prix $[p_1, p_3] = [1, 0]$ représente une valorisation de la seule ressource 1, et définit donc un d'accumulation pour l'économie (processus 1) prenant la ressource 3 comme un "don gratuit". Le vecteur correspondant d'activité, y , est le vecteur propre gauche de $\mathbf{U} = \mathbf{AB}^{-1}$ associé à la valeur propre $\lambda_1 = 1/(1 + g_1) = 1/(1 + \lambda_1)$. Quelques manipulations simples donnent : $y_1 = y_3(b_{33}/a_{13})(\lambda_1 - \lambda_3)$. Nous devons alors prendre en considération les deux cas qualitativement distincts : $\lambda_1 > \lambda_3$ et $\lambda_1 < \lambda_3$.

- Si $\lambda_1 > \lambda_3$, ce qui veut dire que $g_1 < g_3$, alors les deux composantes du vecteur d'activité ont le même signe, et une croissance physique équilibrée au taux g_1 est possible pour les deux processus à la fois. Le taux de croissance propre du capital écologique dans le processus 3 est plus grand que le taux d'expansion maximum du capital économique dans le processus 1, et dans ces conditions la disponibilité de la ressource 3 ne contraindra pas l'expansion économique aussi longtemps que le processus 3 connaîtra un niveau d'activité relatif suffisamment élevé. Plus g_1 est proche de g_3 (en s'en approchant par en-dessous), plus élevé (relativement) doit être le niveau d'activité du processus 3.
- Inversement, si $\lambda_1 < \lambda_3$, ce qui signifie que $g_1 > g_3$, le rapport y_3/y_1 caractéristique de la "croissance équilibrée" est négatif, une solution qui requiert une soigneuse interprétation. En pratique, ceci veut dire qu'une activité d'ensemble "non équilibrée" est tout à fait praticable, au cours de laquelle l'économie peut croître alors que les stocks de ressource 3 se maintiennent, tout en diminuant progressivement. L'activité économique arrivera au bout d'un certain point à un arrêt à peu près total à moins qu'un substitut à la ressource 3 puisse être trouvé. Suivre ce sentier défini seulement par un signal prix/profit guidant l'accumulation (p_1 positif, λ_1 positif) est non soutenable. Le signal $p_3 = 0$ implique soit la myopie vis à vis du futur, soit la croyance que le futur peut s'autodéterminer (backstop technology, etc.). Cet exemple illustre ainsi l'idée que l'expansion des systèmes économiques industriels se fait à travers la destruction irréversible de ressources naturelles qui, bien

¹¹ Mathématiquement, ce problème est une variante du célèbre problème dit des "haricots" de Sraffa (1960, pp.90-91), dans lequel les haricots sont la ressource non-fondamentale, ici le capital économique. Pour certaines valeurs des coefficients, on peut - comme nous le verrons - aboutir à des prix relatifs négatifs. Abraham-Frois et Berrebi (1979, p. 58) demandent, assez réthoriquement, "S'agit-il d'un problème seulement de nature théorique ou bien y a-t-il des conséquences pratiques ?". Dans le contexte économico-environnemental que l'on considère ici, il existe bien une interprétation utile. Sraffa lui-même l'a signalée, mais il ne recherchait pas une application à l'environnement et par conséquent n'a pas considéré ce résultat comme très pertinent).

qu'appropriées comme si elles étaient "gratuites", sont épuisées avec des coûts d'opportunité significatifs pour les futures périodes d'activité.¹²

4.3 Croissance maximale du capital écologique (l'eau qui se renouvelle): taux de croissance $\pi_3 = g_3$.

Prenons maintenant l'autre valeur propre $p_3 = g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33} \Rightarrow 1 + p_3 = b_{33}/a_{33}$. Une substitution dans la dernière des équations des relations de valeur $\mathbf{T}\mathbf{p}(1 + p_3) = \mathbf{p}$, donne : $p_3 b_{33} = p_3 b_{33} \Rightarrow p_3 =$ n'importe quel nombre, disons 1. Pour p_1 : $a_{11}b_{33}/a_{33}p_1 + (a_{13}b_{33}/a_{33})p_3 = b_{11}p_1$. En réorganisant, on a : $p_1 = p_3(a_{13}b_{33}/a_{33})/(b_{11} - a_{11}b_{33}/a_{33})$. Laissant de côté le cas particulier noté auparavant, $g_1 = g_3$, nous avons les prix relatifs:

$$p_3/p_1 = b_{11}/a_{13}(1 + g_3) - a_{11}/a_{13}. \quad (5)$$

Le vecteur d'activité correspondant pour ce taux de profit est $\mathbf{y}$ c'est-à-dire vecteur propre gauche de $\mathbf{U} = \mathbf{A}\mathbf{B}^{-1}$ associé à la valeur propre $\lambda_3 = 1/(1 + g_3) = 1/(1 + \lambda_3)$. Une simple manipulation aboutit à ce que, quels que soient les taux de croissance propres relatifs, $\mathbf{y} = [0, 1]$ multiplié par un scalaire.

Cette solution correspond, en général, à l'accumulation de valeur dans la para-économie au taux de croissance propre du capital écologique g_3 . Il n'y a pour cette solution aucune interprétation possible en termes de sentier de croissance équilibrée soutenable pour les deux types de ressources dans les deux types de processus et avec les deux ressources, la ressource 1 et la ressource 3 simultanément valorisées. Une telle solution est exclue du fait du caractère non-fondamental de l'économie. *Nous pourrions dire que l'économie est un "luxe" dont la para-économie peut tranquillement se passer; alors que ce n'est absolument pas le cas pour la situation inverse.* Mathématiquement, nous sommes amenés à nouveau à considérer deux cas distincts : $g_1 > g_3$ et $g_1 < g_3$.

A partir de la relation entre p_1 et p_3 dans l'équation (5), le rapport p_1/p_3 sera négatif si $b_{11}/a_{11} < b_{33}/a_{33}$, c'est-à-dire lorsque $g_1 < g_3$. Une interprétation économique de ce régime est possible quoiqu'un peu forcée (voir O'Connor 1993; nous y reviendrons pas). L'autre cas, où $g_1 > g_3$ et où le rapport des prix p_3/p_1 est positif et fini, se prête à une interprétation en termes de domination du processus 3 par le processus 1 et d'une croissance de la valeur non soutenable.

4.4 La dégradation du capital écologique par le traitement des déchets

Le traitement d'un polluant peut être considéré dans le cadre d'un modèle à production jointe d'un certain nombre de façons, qui dépendent des hypothèses faites en ce qui concerne les besoins en ressources pour le processus ainsi que de la décomposabilité du modèle.

- ❑ Premièrement, les sous-produits économiques indésirables peuvent être ignorés, sur la base de l'hypothèse selon laquelle ils peuvent être exportés dans l'environnement sans aucune conséquence pour l'activité économique future et sans perte d'aménité environnementale.
- ❑ Deuxièmement, le contrôle ou le traitement de la pollution peut être admis comme nécessaire ou désirable, demandant l'input de ressources économiques en tant que matières premières, mais avec l'éventuel rejet dans l'environnement de déchets "traités" sans effets futurs perturbateurs pour l'économie. Dans ce cas, le "coût" en ressources économiques du contrôle de la pollution a pour effet

¹² Le cas particulier où $g_1 = g_3$ nécessite une note. Formellement, deux solutions existent, mais dans la mesure où les taux de croissance se rapprochent l'un de l'autre, ces deux solutions convergent, ce qui rend ambiguë leur interprétation. Du côté des prix, on a ou bien $p_3 = 0$, ce qui signifie que seule la ressource 1 est valorisée, ou bien $p_1/p_3 \rightarrow \infty$, ce qui, en évitant les valeurs infinies, peut être normalisé sous la forme du vecteur prix $[p_1, p_3] = [1, 0]$, ce qui signale une accumulation de valeur de capital économique, dans l'économie (processus 1). Mais du côté des quantités, nous voyons que si $\lambda_1 = \lambda_3$, alors $y_1 = 0$ ou $y_3/y_1 \rightarrow \infty$. En évitant les valeurs infinies, nous normaliserions dans les deux cas le vecteur d'activité par $\mathbf{Y} = [0, 1]$, qui signale une "croissance équilibrée" mais avec un niveau zéro d'activité du processus économique, c'est-à-dire une accumulation de la ressource 3 dans la para économie (processus 3) et une répression de l'activité de l'économie..

d'affaiblir l'accumulation potentielle de l'économie — un "trade off" entre les taux de croissance et de profit dans une économie d'une part, et l'utilisation de ressources économiques pour l'élimination de polluants indésirables d'autre part [voir par exemple Lipnowski (1976), et le survol fait par Miller & Blair (1986), Chapitre 7 ; voir aussi Douguet & Schembri (2000) pour une analyse dynamique empirique des arbitrages entre rendement agricole et émissions d'azote pour la Bretagne].

- ❑ Troisièmement, les processus de contrôle de la pollution peuvent requérir des inputs tirés de ressources environnementales rares utilisées comme inputs ailleurs dans l'économie. Le contrôle de la pollution impose ainsi un coût d'opportunité intertemporel par le fait même de représenter une perte de ces inputs de matières premières, avec pour conséquence leur disparition plus rapide que cela ne serait le cas autrement.
- ❑ Quatrièmement, le traitement de déchets peut entraîner un coût d'opportunité déterminé sous la forme d'une dégradation d'un capital écologique ayant une valeur d'aménité *in situ*.
- ❑ Cinquièmement, des impacts en feedback incontrôlés (et généralement perturbateurs) du rejet des déchets issus de l'économie dans l'environnement peuvent survenir - et surviendront généralement, à moins que n'existe un "puits" totalement séparé des processus de l'environnement d'où sont tirés les matières premières et les aménités (voir Perrings 1986, 1987; O'Connor 1993b, 1994).

Dans la suite de cet article nous explorons, avec le modèle, la question des "coûts environnementaux" du rejet de la pollution — c'est-à-dire les troisièmes et quatrièmes aspects vus ci-dessus. Le cas spécifique que nous envisageons correspond plutôt à celui dans lequel le rejet des déchets économiques a pour résultat la dégradation du capital écologique.

Supposons maintenant, par contraste avec les sous-sections 4.1—4.3, que le processus économique n'utilise pas directement de capital écologique comme input de la production de la ressource 1, mais qu'il produise un déchet économique (ressource 2) comme sous-produit requérant une élimination. Supposons, comme précédemment, que le processus 3 aboutisse à une simple accumulation de ce capital écologique (ressource 3). Le trait distinctif est maintenant que l'insertion dans l'environnement du déchet économique (ressource 2) par les propriétaires de l'économie entraîne la dégradation d'un certain montant de capital écologique. Ceci est représenté dans le modèle par le processus 2, qui indique la transformation du déchet économique plus le capital écologique en eau contaminée (qui, pour l'instant, n'a pas de représentation dans les matrices et est présumée dispersée dans la mer, etc., etc.). Les trois premières lignes et colonnes des matrices techniques ont maintenant la forme **A** et **B** qui suit:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdot & \cdot \\ \cdot & a_{22} & a_{23} \\ \cdot & \cdot & a_{33} \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & b_{33} \end{bmatrix} \quad (6a)$$

Le traitement de la pollution (processus 2) élimine simplement une ressource *indésirable*, moyennant le coût de l'épuisement d'un certain *capital écologique*. Physiquement, l'économie dépend du capital écologique engendré dans le processus 3, mais le processus 3 est autosuffisant, et ainsi nous pouvons toujours considérer l'économie (y compris le processus de traitement des déchets) comme "*non-fondamentale*" et le processus du capital écologique comme "*fondamental*" dans l'esprit de la définition de Sraffa. Recherchons maintenant une solution, pour un vecteur-prix aux valeurs non-nulles pour les ressources 1, 2, et 3. Nous supposons toujours que le système de prix est apte à fournir un taux de rendement égalisé pour tous les processus dont les inputs et les outputs sont valorisés. Ainsi les équations de valeur ont toujours la même forme simple :

$$\mathbf{A}\mathbf{p}(1 + \pi) = \mathbf{B}\mathbf{p}. \quad (6b)$$

Notons que **p** est maintenant un vecteur colonne (3x1), puisque maintenant **A** et **B** sont des matrices (3x3). La matrice **B** des outputs est singulière, et par conséquent non inversible. Cependant **A** est non-singulière, et ainsi les équations de valeur peuvent être résolues en multipliant à gauche par la matrice **A**⁻¹, recherchant ainsi des solutions propres à **[A⁻¹ B]p = (1 + π)p**. Puisque les matrices sont très peu fournies, une solution algébrique directe est tout à fait simple. Mathématiquement, il y aura trois solutions propres (π, **p**). D'après la seconde ligne des équations (6b), nous obtenons : $[a_{22}p_2 + a_{23}p_3](1 + \pi) = 0$. Les trois solutions sont associées à, respectivement $\pi = -1$; $p_2 = p_3 = 0$; $a_{22}/a_{23} = -p_3/p_2$.

Le cas $\pi = -1$ présente peu d'intérêt. Formellement, nous obtenons $p_3 = 0$ et $p_2/p_1 = -b_{11}/b_{12}$; mais le vecteur d'activités correspondant n'est pas non négatif, et ceci signifie tout simplement la disparition du système.

Pour les deux autres solutions, le taux de profit d'équilibre est codéterminé avec les prix relatifs p_1/p_3 , comme dans les exemples des Sections 4.2—4.3, et les solutions ont certains traits analogues avec ces dernières.

- Une solution est associée à une valeur du taux de croissance de $\pi_1 = g_1 = (b_{11} - a_{11})/a_{11}$, et pour vecteur prix, nous pouvons écrire sous sa forme transposée, $\mathbf{p} = [1, 0, 0]$. Cette solution signifie l'existence d'un régime de "don gratuit — rejet gratuit" pour l'économie. Le vecteur d'activité associé n'a des éléments strictement positifs que si le taux de croissance propre du capital écologique est $g_3 > g_1$. Si cette condition est remplie, alors cette solution signifie que le capital écologique (ressource 3) s'accumule au taux g_1 *plus faible que son propre taux de croissance* dans le processus 3, et qu'il y a alors une croissance soutenable aussi bien du capital économique que du capital écologique. Mais si $g_3 < g_1$, le vecteur d'activité associé n'est pas non-négatif, et cette solution signifie une *croissance économique non-soutenable myope*.
- L'autre solution est associée à une valeur du taux de croissance de $\pi_3 = g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33}$, et donne des prix p_2 relatifs à p_1 et p_3 négatifs, ainsi que le vecteur $\mathbf{y} = [0, 0, 1]$ correspondant. Cette solution illustre la faisabilité de la reproduction du capital naturel (l'eau pure in situ) dans l'hypothèse où l'eau pourrait résister aux prédateurs exercées par l'économie. Comme dans le cas des Sections 4.2 et 4.3, le stock du capital écologique (renouvelé dans le processus 3) ne peut croître sans limites au taux g_3 que si l'économie a une activité nulle.

Nous en venons dès maintenant à la question du rôle de ces solutions interprétées comme autant de "systèmes de valeurs" qui orientent les interactions entre l'économie (le processus 1) et l'écosystème (la ressource en eau, le processus 3).

5. Systèmes de valeurs: perspectives théoriques de domination et de réciprocité

5.1 Contestation et confusion de systèmes de valeur : remarques préliminaires

Supposons maintenant que chacun des processus 1 et 3 représente une activité revendiquée par des groupes distincts dans la société, chacun étant le "défenseur" de son capital préféré. Il s'agit d'une part d'un groupe qui favorise l'accumulation du capital économique (disons, les Agro-capitalistes, les AC) et, d'autre part, d'un groupe qui prône la préservation de la nature (disons, la Société pour la Permanence de l'Eau Pure, la SPEP). Le processus 1 symbolise donc le dynamisme d'une économie industrielle "moderne" orientée vers la réalisation d'un "surplus" monétaire et le processus 3 symbolise les écosystèmes aussi bien que le patrimoine naturel/culturel qui pourrait être l'objet d'une demande sociale de conservation.

Les propriétaires de l'économie moderne (les AC) peuvent, pour s'assurer une croissance de valeur positive ou au moins non-négative, s'appuyer sur une des deux stratégies suivantes :

- (i) La *force majeure* ; ou
- (ii) Réussir à amener les défenseurs de l'eau (la SPEP) à "aliéner" leur capital (ressource 3) moyennant un certain "prix", et à permettre à l'eau d'être utilisée au service de l'accumulation de capital économique contre paiement d'un "forfait" — c'est-à-dire, un revenu par unité d'eau exploitée.

La *force majeure* se passe d'explication. Formellement, elle peut être représentée par la solution de la Section III avec un taux de profit $p_1 = g_1$, et $p_3 = 0$, c'est-à-dire, l'appropriation du capital écologique en tant que "don gratuit".

Supposons, cependant, que ce pillage total ne soit pas praticable. Comment les propriétaires de l'économie pourraient-ils alors s'assurer de la réalisation d'un surplus économique (ou, au moins, de la continuité de leurs moyens d'existence) ? Une stratégie peut être de fournir aux défenseurs du capital écologique une incitation à "se consacrer" au projet d'accumulation du capital économique, en leur offrant un prix positif pour leur capital écologique et un rendement positif pour leur investissement.

Le rapport des prix p_3/p_1 donné par l'équation (5) définit prima facie une *valeur d'échange* entre les deux ressources qui est compatible, au moins tant que les stocks de ressource restent adéquats, avec un taux de rendement de p_3 sur les inputs de chaque période, dans les deux processus. Pour $g_3 < g_1$, le rapport p_3/p_1 est positif. La signification de la solution p_3-p est alors que les propriétaires (AC) de l'économie (processus 1) ont les moyens d'offrir un "pot-de-vin", un "encouragement" ou une "compensation" de p_3 par unité de ressource 3, à la SPEP, les défenseurs de l'eau in situ (processus 3) pour les inputs requis de ressource 3, tel que les deux parties obtiennent un taux de rendement de p_3 sur les inputs respectifs de la production dans chaque période. Les possesseurs de capital écologique qui fournissent cette ressource à l'économie (processus 1) au début d'une période donnée, reçoivent ce rendement p_3 sur leur capital écologique sous la forme d'une revendication d'une partie de l'output à la fin de la période du capital économique. C'est-à-dire qu'ils deviennent possesseurs de capital économique.

Selon cette hypothèse, la SPEP sera amenée progressivement à participer à l'expansion de l'économie moderne. En même temps, pourtant, le capital écologique est écarté du processus 3, et seule une fraction de l'output du processus 3 de chaque période est étendue en tant qu'input dans la période suivante pour l'accumulation du capital écologique. Dans le cas où $g_1 > g_3$, cette fraction décroîtra progressivement, et, en termes physiques, le régime d'activité implique la prédation du capital écologique par l'économie, jusqu'à éventuelle extinction de ce dernier. De plus, l'économie moderne elle-même s'effondrera dès que le capital écologique sera épuisé. *La SPEP assiste, de par une politique en apparence de "pollueur-payeur", à la disparition de l'actif qu'elle revendique !*

Dans le cas de la dégradation de l'eau par la pollution, où nous introduisons le processus 2 qui évacue la pollution tout en consommant de l'eau pure, la solution que nous avons obtenue dans la Section 4.4 pour π_3-p peut, elle aussi, être appliquée en tant qu'ensemble de "signaux" de deux façons différentes. La première se réfère au même renouvellement autonome qu'auparavant pour l'eau, en l'absence de l'économie. La seconde se réfère à un sentier temporel d'accumulation économique — "non-équilibré" en termes de croissance physique mais équilibré en valeur et au taux de rendement π_3 tant dans le processus 1 que dans le processus 3. Si $\pi_3 < \pi_1$, ceci constitue un régime non-soutenable, la ressource en eau est progressivement compromise, et une fois que l'eau est épuisée, l'économie n'a plus d'endroit où localiser ses rejets de déchets....

En effet, il y a une contestation portant sur les objectifs d'accumulation principaux qui doivent prévaloir, ainsi que sur l'horizon temporel supposé adéquat — contestation portant (du fait de l'asymétrie entre l'économie et la ressource naturelle) surtout sur la possession du capital écologique. La situation représentée par les deux versions du modèle présentées dans la section IV — prélèvement direct du capital naturel pour le processus économique ou prélèvement après coup afin que l'économie puisse se débarrasser de ses déchets (les résidus de pesticides, par exemple) — se présente ainsi comme une situation de contestation portant sur le système de valeurs.

En premier lieu, il y a contestation pour savoir lequel des régimes d'accumulation signalés par les deux solutions distinctes $p-p$ sera en vigueur : *soit* la croissance économique, soutenable ou non soutenable, au taux p_1 repose sur les "dons gratuits" du capital écologique; *soit* l'accumulation s'effectue sans frein du capital écologique au taux p_3 avec une activité économique nulle.

En second lieu, comme l'a montré l'interprétation du rapport $p_3/p_1 > 0$ en tant que pot-de-vin ou compensation donné aux défenseurs/propriétaires de capital écologique, il y a contestation sur la répartition des surplus de valeur qu'on peut obtenir pour le taux de rendement $p_3 < p_1$ sur toute la durée où l'accumulation (non soutenable) de capital économique persiste.

5.2 Lutte pour le pouvoir et taux de rendement inégaux

Les structures données ci-dessus dans la Section IV, surtout pour les cas avec $g_1 > g_3$, illustrent l'idée selon laquelle l'expansion des systèmes économiques modernes entraîne souvent la dégradation d'aménités environnementales plus ou moins uniques et la destruction d'un actif environnemental auquel un groupe social attache de la valeur. La résolution de tels conflits peut prendre plusieurs formes.

La première, déjà mentionnée, est la simple domination et l'appropriation; et cette forme représente, en fait, le modèle traditionnel d'exploitation industrielle par l'économie de son environnement externe, que celui-ci soit humain ou non-humain.

La seconde, illustrée dans les exemples ci-dessus par l'interprétation d'un régime myope de compensation, correspond à l'hypothèse formelle d'une fiscalité verte — un paiement en apparence raisonné pour l'eau — où la finalité de l'harmonisation reste cependant imposée par l'économie qui opère une prédation (quoique "compensée") sur la ressource en eau. Bien que cette compensation puisse déboucher sur de nouvelles opportunités (notamment celle d'acquérir la propriété de capital économique), elle n'assure pas du tout la durabilité de la ressource en eau. Tout au contraire, sous couvert d'une reconnaissance de la valeur de la ressource naturelle, la régime de "fiscalité verte" menace l'intégrité de l'actif environnemental. Le paiement pour l'eau se révèle un cheval de Troie.

Or, en dérivant les solutions du modèle, nous avons supposé formellement l'égalisation des taux de rendements des deux processus. Mais — nous l'avons entrevu dans la Section 5.1 — si l'interprétation qui en est donnée est celle d'une lutte de pouvoir, alors il n'y a aucun mécanisme institutionnel évident susceptible d'assurer cette égalisation. Toutes les difficultés liées au marchandage bilatéral, à l'extorsion, etc. surviennent alors. En général, les résultats des processus politiques sinon militaires resteront quelque peu indéterminés, et constitueront la preuve évidente de l'existence de systèmes de valeurs se recoupant totalement ou partiellement, et plus ou moins inconciliables et incompatibles. L'égalisation du profit est le résultat le moins plausible d'une telle lutte pour le pouvoir, et supposer cette égalisation obscurcit le conflit sous-jacent.

Par exemple, si $g_3 > g_1$ et qu'un régime de croissance soutenable est atteignable, les défenseurs de l'eau (la SPEP) pourraient bien préférer ne pas "coopérer" avec l'économie ; et s'ils pouvaient imposer leur refus, alors le processus 1 ne pourrait pas fonctionner. De même, dans l'éventualité d'un régime de "compensation", dont nous avons parlé ci-dessus (la Section 5.1), il serait conforme aux intérêts des propriétaires du processus 1 (les AC) de maintenir le rapport d'échange p_3/p_1 du capital écologique au capital économique aussi faible que possible, retenant ainsi la propriété de la plus grande part possible du surplus accumulé dans l'économie.

Voyons donc maintenant les moyens de relâcher cette hypothèse de l'égalisation des taux de rendement à travers tous les processus. Nous pouvons développer l'hypothèse plus nuancée, selon laquelle le(s) taux de rendement et les prix relatifs qui prévalent seraient en quelque sorte des paramètres de répartition indiquant les résultats de la contestation portant sur les objectifs de l'activité productive et sur l'appropriation des capitaux (économique et écologique). Formellement, cette idée peut être exprimée à l'aide d'une innovation dans la façon de poser les équations de valeur.

Une des manières de procéder consiste à supposer l'existence de taux de rendement différents pour chacune des ressources distinctes, en supposant par exemple qu'elles sont contrôlées par des classes distinctes de propriétaires en conflit sur les ressources qu'ils tirent des divers processus. Une telle approche porte d'ores et déjà la marque des analyses néo-ricardiennes des *conflits de répartition* entre classes — portant sur les niveaux de salaires, les taux de profit et les rentes du sol. Une généralisation de cette notion a été proposée, sous forme d'un modèle algébrique, par Perrings (1987, p.70 et *infra*). Le degré élevé de complémentarité entre les ressources que cela suppose signifie qu'il n'existe aucun mécanisme pour assurer l'égalisation des rendements de tous les facteurs, et (*ibid.*) :

".... si nous admettons qu'existent des classes de propriétaires institutionnellement distinctes faisant l'avance des inputs dans un système reposant sur la propriété privée des moyens de production, et si nous supposons qu'il y a une substituabilité strictement limitée entre les inputs, alors il existera autant de variables de répartition qu'il y a de classes."

Cette idée peut être incorporée dans l'ensemble des équations de valeur en définissant une matrice des taux de rendement. Soit P la matrice diagonale aux éléments non-nuls $r_1, r_2, \dots, r_N$ le long de la diagonale principale. Alors, si I est la matrice identité, nous pouvons écrire les équations de valeurs: $A(I + P)p = Bp$. La matrice $(I + P)$ post-multiplie le vecteur des prix, et relie ainsi le $j^{\text{ème}}$ taux de rendement r_j à la $j^{\text{ème}}$ ressource.

Une autre option, proposée par O'Connor (1993a) et qui reflète une conception différente de la structure de pouvoir, consiste à supposer que des taux de rendements différents existent pour chacun des sous-ensembles de processus de production. Dans ce cas la non-égalité des rendements est établie non pas entre les ressources, mais entre des ensembles distincts de processus qui incorporent des valeurs d'usage différentes pour les groupes de propriétaires respectifs, ou qui se situent dans des relations de pouvoir asymétriques les uns vis à vis des autres. Nous pouvons écrire les équations de valeurs sous la forme :

$$(\mathbf{I} + \mathbf{P}) \mathbf{A} \mathbf{p} = \mathbf{B} \mathbf{p} . \quad (7)$$

Notons que la matrice $(\mathbf{I} + \mathbf{P})$ pré-multiplie la matrice des coefficients d'inputs, et relie ainsi r_i au i ème processus. Ceci signifie l'existence de taux inégaux d'accumulation de *valeur* entre processus ou groupes de processus. L'idée à explorer ici est celle de taux de rendement différents pour respectivement l'économie et les défenseurs de la ressource en eau.

5.3 Un exemple de la paramétrisation de la pseudo-compensation

Reprenons les matrices $\mathbf{A}$ et $\mathbf{B}$ comme dans la section 4.1. La matrice $(\mathbf{I} + \mathbf{P})$ pré-multipliant $\mathbf{A}$ dans l'équation [7] est de format (2×2) et a des éléments diagonaux $(1 + r_1, 1 + r_3)$, et, en développant, les deux équations de valeurs sont:

$$(1 + r_1) [a_{11} p_1 + a_{13} p_3] = b_{11} p_1 \quad (8a)$$

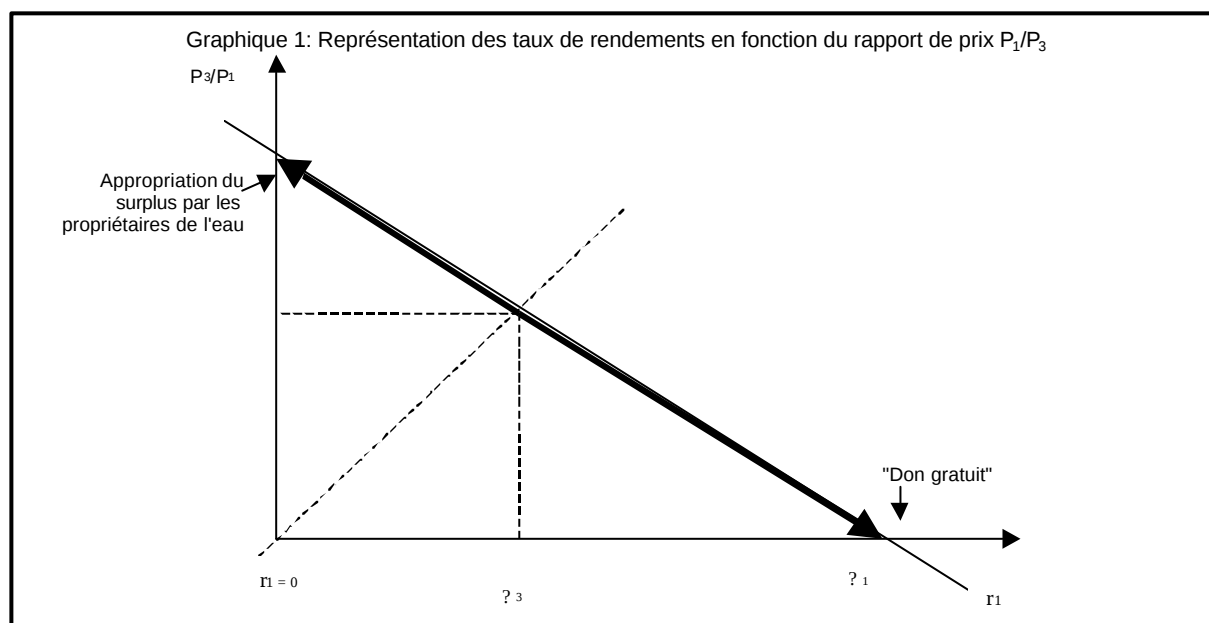
$$(1 + r_3) [a_{33} p_3] = b_{33} p_3. \quad (8b)$$

A partir de l'équation (8b) nous avons soit $p_3 = 0$ soit $r_3 = \pi_3$, le taux de croissance du capital écologique dans le processus 3.

A partir de l'équation (8a), en réarrangeant et en supposant que, en général, $p_3 \neq 0$, nous avons la relation linéaire entre le taux de rendement r_1 dans le processus 1 et les prix relatifs p_3/p_1 (voir Graphique 1):

$$p_3/p_1 = b_{11}/a_{13} - (1 + r_1) a_{11}/a_{13}. \quad (9)$$

Lorsque le taux de rendement s'élève dans l'économie, le prix relatif du capital écologique diminue. Dans les situations où les deux processus opèrent, nous pouvons penser que soit r_1 soit p_3/p_1 peut représenter un



indicateur de l'intensité de la domination exercée par les Agro-capitalistes (qui revendiquent l'expansion économique) sur la SPEP (les défenseurs de l'eau pure), ou *vice versa*.

- ☐ Nous pouvons identifier le cas où $r_1 = r_3 = \pi_3$, comme le point de référence d'un taux de rendement "équitable". Si $\pi_3 < \pi_1$, le rapport des prix p_3/p_1 est positif, et nous avons le résultat vu dans la section 5.1 d'une accumulation de valeur non soutenable avec une participation "équitable" des défenseurs de l'eau aux avantages de l'accumulation économique (tant que ces derniers durent...).
- ☐ Si, par rapport à ce critère, nous amenons les prix relatifs p_3/p_1 à un niveau plus élevé que ce niveau "équitable", de manière à ce que le taux de rendement de l'économie r_1 soit forcé de descendre en-dessous du niveau $r_3 = \pi_3$, ceci signifierait qu'une lourde prime est payée par ceux qui ont besoin

d'obtenir le capital écologique nécessaire à l'accumulation économique. Les propriétaires de capital écologique qui le vendent en tant qu'input à l'économie en viendront à posséder le capital économique à un taux plus élevé que dans la situation "équitable" ; mais ceci ne diminue en rien l'impact de l'éventuelle diminution du capital écologique.

- Si, à l'inverse, nous faisons tendre le prix relatif du capital écologique p_3/p_1 vers zéro, nous nous déplaçons vers la situation limite avec $(1 + r_1) = (b_{11}/a_{11}) \Rightarrow r_1 = \pi_1$ (le taux de croissance du capital économique), c'est-à-dire précisément la solution de "don gratuit de la nature" dans laquelle les défenseurs de l'eau pure (s'ils existent) sont dépossédés de leur capital écologique sans obtenir aucun pouvoir d'achat pour leur participation au processus 1 de l'économie.

5.4 Des régimes "raisonnés" — mais quelle raison?

Nous allons maintenant replacer les considérations des Sections 5.1–5.3 à l'intérieur d'un modèle légèrement plus large, que nous présenterons tout d'abord dans une version algébrique avec ensuite quelques exemples numériques (les Sections 5.5 et 5.6). Considérons le schéma (4x4) ci-dessous. Soit **A**, **B** :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & . & a_{11} & . \\ . & a_{22} & a_{23} & . \\ . & . & a_{33} & . \\ a_{41} & . & . & a_{44} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & . & . \\ . & . & . & b_{24} \\ . & . & b_{33} & . \\ . & . & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Ce schéma intègre les deux formes de prélèvement de l'économie sur le capital naturel (c'est-à-dire, en tant que matière primaire pour la production économique et en tant que lieu de décharge des déchets de l'économie) et explicite la dégradation de l'eau pure aussi bien que, éventuellement, son épuration.

- La ligne supérieure représente une technologie pour augmenter un "capital économique"(ressource 1) avec un taux de croissance potentiel de $g = (b_{11} - a_{11})/a_{11}$ par période, utilisant une ressource naturelle (ressource 3, l'eau de bonne qualité), tout en produisant un surplus de "déchets économiques" (ressource 2).
- Le deuxième processus indique la dégradation de l'eau de bonne qualité par la réception de déchets, en produisant une "eau dégradée" (ressource 4).
- Le troisième processus permet à la ressource non renouvelable d'être reproduite in situ avec un taux de renouvellement de $g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33}$.
- Le quatrième processus peut prendre diverses significations. Si nous établissons que les seuls éléments non nuls sont a_{44} et b_{44} , le processus autorise la reproduction in situ de l'eau dégradée (dans ce cas nous mettons $a_4 = b_{44}$ pour plus de simplicité). Si, en revanche, nous établissons les éléments a_{41} et b_{43} comme non nulle, nous autorisons une activité d'épuration de l'eau dégradée qui nécessite l'engagement du capital économique.

La forme des solutions pour les régimes d'activité équilibrée et pour les vecteurs de prix dépend sensiblement des hypothèses sur les éléments non nuls dans le quatrième processus.

Prenons tout d'abord, un cas proche de nos exemples précédents : soit $a_{44} = b_{44} > 0$ et $a_{41} = b_{43} = 0$, pour un processus de reproduction in situ de l'eau dégradée. Il est facile à vérifier que le système admet pour solutions des équations [1], les deux cas déjà bien connus et un troisième qui s'explique aussitôt :

- $\pi_1 = g_1 = (b_{11} - a_{11})/a_{11}$, avec un vecteur de prix, en transposé, $\mathbf{p} = [1, 0, 0, 0]$
- $\pi_3 = g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33}$, avec un vecteur d'activité $\mathbf{y} = [0, 0, 1, 0]$
- $\pi_4 = g_4 = (b_{44} - a_{44})/a_{33} = 0$, avec un vecteur d'activité $\mathbf{y} = [0, 0, 0, 1]$

Voyant la forme familière des résultats, nous pouvons supposer que le système se prêtera à une paramétrisation de l'arbitrage entre les deux formes d'accumulation des capitaux, c'est-à-dire, du capital économique et de l'eau pure. Pour maximiser la lisibilité, nous prenons quelques exemples numériques simples. Considérons ainsi le schéma (4x4) ci-dessous; **A**, **B** sont:

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 6 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La ligne supérieure représente la technologie pour augmenter le "capital économique"(ressource 1) avec un taux de croissance potentiel de 100% par période. Le deuxième processus indique la dégradation de l'eau de bonne qualité par la réception de déchets, en produisant une "eau dégradée" (ressource 4). Le troisième processus permet à l'eau pure d'être renouvelée in situ, avec un taux de croissance de 50% par période. Le quatrième processus autorise la reproduction in situ de l'eau dégradée. Nous avons $g_3 < g_1$ et la signification des deux solutions d'intérêt pour les vecteurs-propre est la suivante:

□ Pour $\pi_1 = g_1 = (b_{11} - a_{11})/a_{11} = 100\%$, avec les prix, en transposée, $\mathbf{p} = [1, 0, 0, 0]$

Le vecteur propre pour $\mathbf{y}$ associé à $g_1 = 100\%$ n'est pas non négatif. Cela signifie qu'en partant d'un vecteur d'activité initiale arbitraire, désigné $\mathbf{y}(T=0)$, le sentier dynamique sera un sentier d'accumulation du capital économique (ressource 1) à 100% par période, avec épuisement de plus en plus rapide de l'eau de bonne qualité et accumulation concomitante de l'eau dégradée à un taux approchant asymptotiquement 100%.¹³ Quand l'eau de bonne qualité est épuisée, l'accumulation économique s'arrête. Aucun sentier temporel soutenable n'est pas praticable à long terme pour une activité non nulle du processus économique. Pourtant, si les gestionnaires de l'économie (les Agro-capitalistes) traitent l'eau pure comme un don gratuit, et considèrent les déchets comme un bien en excédent dont la disposition libre se fait à coût nul, alors cette activité est perçue comme rapportant un taux de profit de 100% tant que dure l'accumulation.

□ Pour $\pi_3 = g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33} = 50\%$, avec un vecteur d'activité $\mathbf{y} = [0, 0, 1, 0]$

Le vecteur d'activité signale la possibilité du renouvellement *in situ* de l'eau. Si cependant, on suppose, à la place d'une croissance "équilibrée" du seul processus 3, une *activité non-équilibrée* dans laquelle l'activité économique se maintient également, avec les taux requis de rejet de déchets, alors le vecteur de prix $\mathbf{p}$ qui correspond à $\pi_3 = 50\%$ représentera exactement ce qui est nécessaire à l'égalisation du taux de rendement ($\pi_3 = 50\%$) pour tous les inputs dans les processus d'accumulation — les processus économiques et le processus de renouvellement de l'eau — pendant chaque période.

Or, le vecteur propre pour $\mathbf{p}$ associé à $\pi_3 = 50\%$ est : $(p_1, p_2, p_3, p_4) = (16, -3, 3, 0)$. Pour l'interprétation, prenons le $p_3/p_1 = 3/16$. Les propriétaires du capital économique (les Agro-capitalistes, les AC) abandonnent 3/16 d'une unité de capital économique en échange de chaque unité de l'eau (le capital écologique) dont ils ont besoin pour leur production et pour le rejet de leurs déchets. La propriété de ce capital économique passe alors aux propriétaires présumés du capital écologique, la SPEP. En effet celle-ci accepte ce montant en paiement pour la dégradation d'une unité de l'eau provoquée par les prélèvements ou par le rejet de la part des Agro-capitalistes de leurs déchets économiques. De même, en regardant le résultat $p_2 = -p_3$, les Agro-capitalistes intègrent dans leurs calculs l'obligation de payer le prix d'une unité d'eau pour chaque unité de déchets dont ils se débarrassent dans les processus 2. La SPEP renonce, pour chaque unité de déchet économique rejetée, à exactement une unité d'eau, mais acquiert en échange le revenu qui lui permet d'acquérir la propriété de 3/16 d'unité de capital économique.

Etant donné, cependant, que ce régime d'accumulation de valeur est non-soutenable, le fait d'accepter une "compensation" ou une "incitation" pour la fourniture de capital écologique à l'économie, représenté ici par le rapport p_3/p_1 positif, peut à bon droit être réinterprété comme un malheureux compromis ou une coercition exercée par les Agro-capitalistes (ou leurs représentants politiques) sur la SPEP, cette dernière se tirant du mieux qu'elle peut d'une situation dans laquelle elle n'a pas choisi de se trouver.

Une fois admise cette logique d'un arbitrage politique sinon d'un rapport de force, nous relâchons l'hypothèse de taux de rendement égalisés pour tous les processus et nous proposons l'interprétation du taux de rendement r_1 pour le processus 1 comme un "paramètre d'extorsion". La démarche analytique est donc la suivante. La matrice $(\mathbf{I} + \mathbf{P})$ pré-multipliant $\mathbf{A}$ dans l'équation [7] est ici de format (4x4) avec des éléments diagonaux $(1 + r_1, 1 + r_2, 1 + r_3, 1 + r_4)$. Nous supposons, pro forma, que les Agro-capitalistes, qui se trouvent dans l'obligation de s'occuper de leurs déchets, opèrent le processus 2 avec un taux de rendement identique au taux obtenu dans l'économie: $r_2 = r_1$. En développant, les équations de valeurs sont :

$$(1 + r_1) [3 p_1 + 2 p_3] = 6 p_1 + 2 p_2 \quad (11a)$$

¹³ Rappelons que, si $\mathbf{A}$ est inversible, nous pouvons écrire l'équation [2]: $\mathbf{y}(T+1) = \mathbf{y}(T)\mathbf{B}\mathbf{A}^{-1}$, et que les sentiers temporels praticables pour l'ensemble sont limités aux solutions non négatives pour une séquence $\mathbf{y}(T), \mathbf{y}(T+1), \dots$, satisfaisant les équations (2) pour $\mathbf{A}$ et $\mathbf{B}$ donnés. Voir Annexe II.

$$(1 + r_1) [2 p_2 + 2 p_3] = 2 p_4 \quad (11b)$$

$$(1 + r_3) [2 p_3] = 3 p_3 \quad (11c)$$

$$(1 + r_4) [1 p_4] = 1 p_4 \quad (11d)$$

A partir de l'équation (11d), nous avons, soit $r_4 = 0$, soit $p_4 = 0$. Sachant que personne ne s'intéresse à l'eau irréversiblement contaminée, nous adoptons $p_4 = 0$.

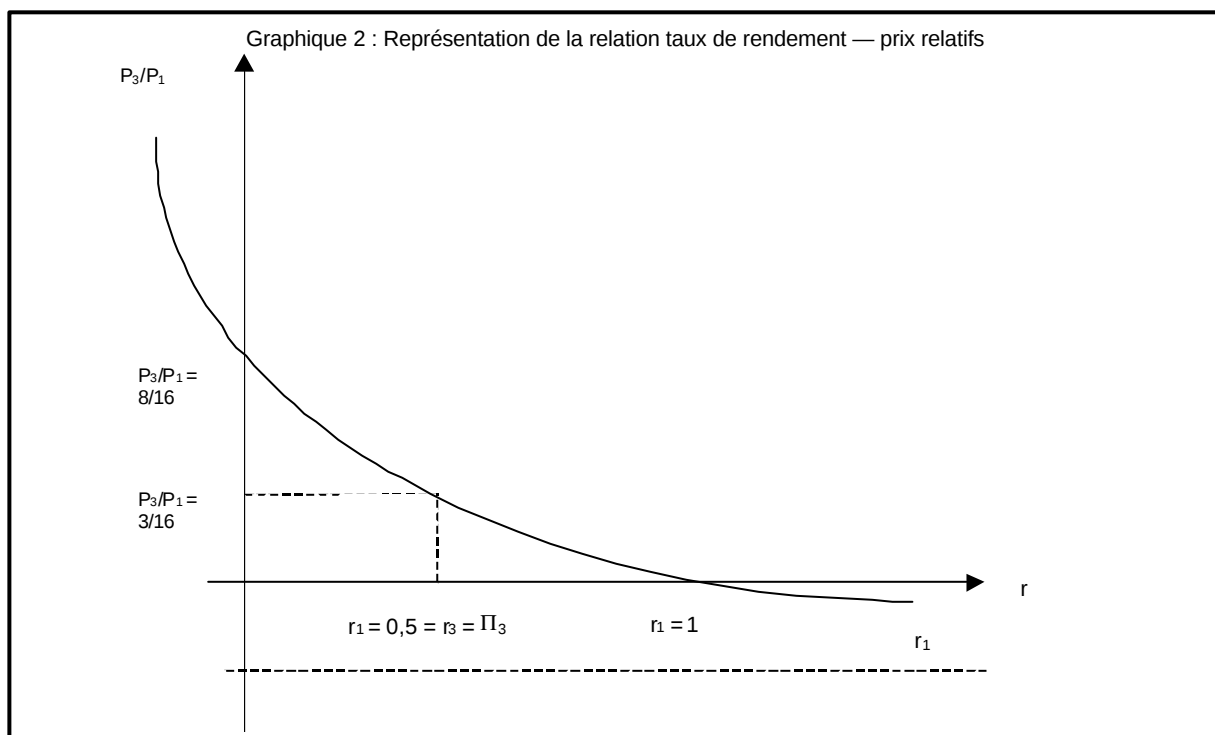
A partir de l'équation (11b), nous obtenons, comme dans les cas précédents, $(1 + r_1) [2 p_2 + 2 p_3] = 0$, qui établit la "compensation" à payer par les pollueurs pour avoir contaminé l'eau pure: $p_2 = -p_3$.

A partir de l'équation (11c) nous avons, comme avant, soit $p_3 = 0$, soit $r_3 = 50\% = \pi_3$, le taux de renouvellement du capital écologique dans le processus 3. Puisqu'il s'agit d'une question de prix relatif, nous supposons qu'en général, $p_3 \neq 0$. Ensuite, à partir de l'équation (11a), nous substituons $p_2 = -p_3$ et nous obtenons :

$$\begin{aligned} (1 + r_1) 3 p_1 + (1 + r_1) 2 p_3 &= 6 p_1 - 2 p_3 \\ \Rightarrow (1 + r_1) 2 p_3 + 2 p_3 &= 6 p_1 - (1 + r_1) 3 p_1 \\ \Rightarrow 2(2 + r_1) p_3 &= 3(1 - r_1) p_1 \end{aligned}$$

En réarrangeant et en supposant toujours que $p_3 \neq 0$, nous avons la relation entre le taux de rendement r_1 dans le processus 1 et les prix relatifs p_3/p_1 (voir graphique 2) :

$$p_3/p_1 = 3(1 - r_1) / 2(3 + 2r_1) \quad (12)$$



Si la relation n'est pas linéaire comme dans l'exemple de la Section 5.3, nous avons tout du même le résultat que, lorsque le taux de rendement r_1 s'élève dans l'économie, le prix relatif du capital écologique diminue. Dans les situations où les quatre processus opèrent, le r_1 et le p_3/p_1 sont, juste comme dans l'exemple précédent, des indicateurs de l'intensité de la domination exercée par les Agro-capitalistes (qui revendiquent l'expansion économique) sur la SPEP (les défenseurs de l'eau pure), ou *vice versa*.

- Le cas où $r_1 = r_3 = \pi_3 = 50\%$ est notre point de référence d'un taux de rendement "équitable". L'équation [12] nous confirme que, dans ce cas, les prix relatifs sont $p_3/p_1 = 3/16$ et nous retrouvons le résultat d'une accumulation de valeur non soutenable avec une participation "équitable" des défenseurs de l'eau aux avantages de l'accumulation économique (tant que ces derniers durent...).

- ❑ Si nous amenons les prix relatifs p_3/p_1 à un niveau plus élevé que ce niveau "équitable", le taux de rendement de l'économie r_1 est forcé de descendre en-dessous du niveau $r_3 = \pi_3 = 50\%$. Ceci signalerait qu'une lourde prime est payée par ceux qui ont besoin d'obtenir le capital écologique nécessaire à l'accumulation économique. Les défenseurs de l'eau qui la vendent en tant qu'input ou en tant que puits pour les déchets à l'économie en viendront à posséder le capital économique à un taux plus élevé que dans la situation "équitable"; mais ceci ne diminue en rien l'impact de l'éventuelle diminution du capital écologique.
- ❑ Si, à l'inverse, nous faisons tendre le prix relatif du capital écologique $p_3/p_1 \rightarrow 0$, nous nous déplaçons vers la situation limite où $r_1 \rightarrow 1$, c'est-à-dire $r_1 \rightarrow \pi_1$ (le taux de croissance du capital économique dans le premier processus). C'est précisément la solution de "don gratuit de la nature" dans laquelle les défenseurs de l'eau pure (s'ils existent) seront dépossédés de leur capital écologique sans obtenir aucun pouvoir d'achat pour leur participation au processus 1 de l'économie.

Le régime de pollueur-payeur s'avère bien ambigu. D'une part, plus le prix relatif p_3/p_1 s'élève, moins l'activité agro-capitaliste reste rentable (ce que provoquera sans doute des manifestations et des montagnes de maïs devant les Préfectures...). D'autre part, l'existence d'un prix pour l'eau n'empêche pas la diminution du capital écologique et les « gagnants » de la fiscalité verte (que ce soient les AC ou la SPEP) risquent, en fin de compte, de finir tous ensemble submergés par leurs propres eaux dégradées...

5.5 L'inadéquation de l'amélioration de l'efficacité écologique

Nous avons peut-être exagéré. Il y a sans doute des choses à faire pour réduire la pression environnementale. Beaucoup parlent des technologies propres, de l'efficacité écologique. Considérons maintenant le schéma modifié ci-dessous. Le processus 3 n'a pas été changé et l'eau peut donc se régénérer comme avant. Mais dans le deuxième processus, nous introduisons un changement de coefficient — une réduction de grandeur pour l'élément a_{23} (et vraisemblablement pour l'élément b_{24}) — ce qui signifie que la décharge des déchets pollue moins l'eau de bonne qualité. Nous introduisons aussi un changement de coefficient dans le premier processus — une réduction de grandeur pour l'élément b_{12} — ce qui signale que le processus économique génère moins de déchets par unité de produit économique. Le quatrième processus, le puits pour les eaux dégradées, n'est pas modifié. Concernant les processus de production économique et de décharge, il s'agit des changements techniques dont le sens est celui d'une augmentation de "l'efficacité écologique" — cette dernière mesurée en termes d'impact sur l'environnement par unité de produit économique. Pour un exemple numérique, soit **A**, **B** :

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & \mathbf{1} & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} 6 & \mathbf{1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{1} \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

Les valeurs-propres pour les équations de croissance et de rendement équilibré ne sont pas changées et nous avons donc :

❑ Pour $\pi_1 = g_1 = (b_{11} - a_{11})/a_{11} = 100\%$, avec les prix, en transposé, $\mathbf{p} = [1, 0, 0, 0]$

❑ Pour $\pi_3 = g_3 = (b_{33} - a_{33})/a_{33} = 50\%$, avec un vecteur d'activité $\mathbf{y} = [0, 0, 1, 0]$

Pour ce dernier, le cas où $\pi_3 = 50\%$, en s'appuyant sur les résultats algébriques de l'Annexe I nous obtenons pour le vecteur de prix $\mathbf{p}$, en transposé, $[p_1, p_2, p_3, p_4] = [13, -3/2, 3, 0]$.

Si les grandeurs relatives ont changé par rapport à l'exemple précédent, les signes relatifs restent invariants. Nous observons que $p_2 = -1/2 p_3$, ce qui correspond à l'idée intuitivement recevable que les déchets sont devenus, par unité, moins nuisibles pour la ressource en eau. Mais, nous obtenons aussi le résultat bizarre de $p_3/p_1 = 3/13$, qui semble dire que l'eau est devenue plus « chère » (par rapport au capital économique) que dans l'exemple précédent.¹⁴ L'amélioration du « taux d'échange » entre l'eau et le capital économique

¹⁴ Nous sommes amenés à remarquer qu'un prix qui représente une « valeur d'échange » n'est pas forcément fidèle à la notion de valeur d'usage et que la question de l'« utilisation par qui et pour quel but » est peut-être primordiale. Voir, à ce propos, les discussions dans O'Connor (1993c) et O'Connor & Martinez-Alier (1997) sur la question de la soutenabilité de quoi et pour qui...

n'a malheureusement rien à voir avec le fonctionnement (ou, si l'on veut, le dysfonctionnement) du système : malgré l'amélioration de l'efficacité écologique, aucune activité économique durable n'est permise. Fournir un "prix pour l'utilisation de l'eau" dans les conditions d'une vulnérabilité structurelle de l'eau à l'activité économique prédatrice (et avec ou sans souci d'une amélioration d'efficacité écologique), ne constitue pas du tout un instrument politique adapté aux objectifs d'un développement durable.

6 Perspectives d'une exploitation durable de l'eau

6.1 L'insertion dans les boucles récursives de la biosphère ?

Le développement durable a été présenté communément comme la recherche d'une symbiose entre l'activité économique et le dynamisme des cycles de la biosphère (voir par exemple, Passet 1979; Sachs 1980). Les deux processus d'accumulation de nos schémas des Sections IV et V — le capital économique d'une part, l'eau pure d'autre part — ne se trouvent pas en symbiose ! Peut-on imaginer pourtant, une situation par laquelle les deux potentiels d'accumulation se trouveraient solidaires et "en équilibre" ?

Kenneth Boulding, dans son célèbre essai sur "L'économie du prochain vaisseau spatial terre" (1966), a opposé une "économie de cowboy", caractérisée par une expansion et l'exploitation vigoureuse de nouvelles frontières, à une "économie d'astronaute" qui est une économie :

sans réservoirs illimités de toute chose, que ce soit pour l'extraction ou pour la pollution, et dans laquelle, par conséquent, l'homme doit trouver sa place au sein d'un système écologique cyclique capable d'une reproduction continue de la forme matérielle quoiqu'il ne puisse pas recevoir d'inputs extérieurs d'énergie.

Dans l'économie de cowboy, la consommation ainsi que la production sont une bonne chose et le succès de l'économie est mesuré par l'importance de la consommation intermédiaire. Mais, de manière réciproque (ibid),

dans l'économie de vaisseau spatial, la consommation intermédiaire n'est nullement un objectif, et ne doit en effet être considérée qu'en tant que quelque chose à réduire au minimum plutôt qu'à maximiser [...]. Dans l'économie d'astronaute, ce par quoi nous sommes principalement concernés, c'est la gestion des stocks, et n'importe quel changement technologique aboutissant au maintien d'un stock total donné avec une consommation intermédiaire diminuée (c'est-à-dire, moins de production et de consommation) représente clairement un gain.

Daly (1989, pp.33-34) a proposé quatre principes opérationnels pour la soutenabilité, qui découlent de lignes de pensée semblables. Le premier est de "limiter l'échelle de la population humaine à un niveau qui soit, sinon optimal, du moins à l'intérieur de la capacité de charge et donc soutenable". Les trois autres consistent à réaliser des changements technologiques qui augmentent l'efficacité et la durabilité, tout en limitant la consommation intermédiaire ; à laisser les taux d'exploitation des ressources renouvelables et les taux d'émission des déchets au-dessous respectivement des capacités régénératrices et des capacités assimilatrices de l'environnement ; à restreindre l'utilisation des ressources non-renouvelables aux niveaux susceptibles d'être atteints par la création de ou l'accès à des substituts renouvelables. Nous avons vu qu'augmenter l'efficacité écologique des processus de production et de décharge de pollution ne suffit pas ; nous nous orientons donc vers la question des « capacités régénératrices et assimilatrices » de l'environnement.

Le travail de David Pearce et ses collègues autour du thème du « capital naturel critique » a souligné l'importance du maintien des stocks de l'environnement à des niveaux adéquats (Pearce, Markandya et Barbier 1988, 1990, Pearce et Turner 1990).¹⁵ Ceci implique de garder les taux d'exploitation des ressources

¹⁵ Pour de discussions synthétiques, voir aussi Faucheux et Noël (1995) et Faucheux & O'Connor (eds., 1998). La notion de seuil critique pour le maintien des « fonctions environnementales » a été développée par Hueting (1980). Ajoutons que Karl Marx avait développé une notion de symbiose. Selon lui, la dégradation écologique de l'agriculture qui serait liée (i) à la perte de fertilité, (ii) au régime d'exploitation, (iii) à l'application de produits chimiques. Pourtant il ne semble pas avoir eu l'idée de l'esprit que la perte de résidus puisse, en elle-même, accélérer la dégradation des sols.

et des services environnementaux à l'intérieur de ce qui est renouvelable, par exemple en limitant les taux de rejet de déchets de l'activité économique à des niveaux inférieurs à la "capacité d'assimilation" de l'environnement. Selon ces auteurs, les conditions nécessaires pour réaliser le développement soutenable incluraient :

le changement non négatif du stock de ressources naturelles telles que le sol et la qualité du sol, les eaux de surface et souterraines et leur qualité, la biomasse terrestre, la biomasse aquatique, et la capacité d'assimilation des déchets des environnements récepteurs.

Ces considérations de stock et de seuil sont incontournables, mais elles sont incomplètes en tant que préceptes de soutenabilité. L'insertion d'une économie dans "un système écologique cyclique", telle qu'elle est envisagée par Boulding, ne dépend pas de la réduction au minimum des consommations intermédiaires, mais plutôt d'une structure appropriée des transformations à travers l'ensemble des processus composant le système global. En effet, la soutenabilité dépend de la réalisation de certaines caractéristiques des échanges réciproques ou se supportant mutuellement – consommations intermédiaires données et reçues – entre l'économie et l'environnement. Le maintien du stock de capital signifie le maintien et le renouvellement de sources de flux de ressources et de services, qui vont des fonctions de support de vie aux aménités esthétiques. La levée des restrictions portant sur l'abaissement des niveaux des stocks écologiques ou sur les consommations intermédiaires en énergie ou en matériaux, dont l'utilisation produit des déchets, serait permise si les sociétés pouvaient améliorer ou transformer qualitativement les rapports stocks/flux par des changements techniques dans l'exploitation et le rejet des déchets.

Suivant l'argumentation de O'Connor (1996), on peut donner à ces notions de respect, et même d'augmentation, de la résilience environnementale et de relâchement d'une contrainte environnementale par le changement technologique une interprétation forte et volontariste. Si nous énonçons un objectif de soutenabilité à long terme, le précepte principal devrait être que les contributions fournies au reste de l'écosystème puissent nourrir (plutôt que nuire à) l'activité environnementale, de sorte que cet écosystème puisse en retour nous nourrir.¹⁶

6.2 Un système économique-écologique cyclique : l'épuration de l'eau

Considérons à cet égard, une variante du schéma déjà présenté dans la Section 5.3 où nous établissons dans le quatrième processus des éléments non nuls pour les a_{14} et b_{31} . Ceci implique la possibilité de l'épuration de l'eau dégradée. Les autres processus ne sont pas modifiés dans leur forme par rapport à l'exemple de la Section 5.4. Prenons le cas suivant, qui permet précisément un régime d'activité durable avec $g = 0$. Soit **A**, **B** suivantes (voir aussi Annexe II):

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} 6 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Il ne s'agit pas ici d'une augmentation de "l'efficacité écologique" mesurée en termes d'impact sur l'environnement par unité de produit économique. De la sorte, nous avons introduit une modification qui joue sur la structure d'interdépendance directe et indirecte des processus — c'est-à-dire, une propriété de l'ensemble de processus.

La recherche des solutions pour les équations [1] n'est pas ardue (voir Annexe I) ; il y a quatre valeurs propres et celle qui nous intéresse en premier lieu correspond à $g = \pi = 0$. Nous avons :

$$yA = yB \quad \text{et} \quad Ap = Bp \quad [13]$$

¹⁶ Comme a fait remarquer O'Connor (1996), il est révélateur de considérer la manière dont Pearce (1976, 1988) a approché la question du prix des marchandises dont la production ou l'utilisation entraîne potentiellement des dommages irréversibles pour des écosystèmes support de vie ou uniques. Il a proposé (1988, pp.63-64) qu'on y inclue une prime de soutenabilité (comme une espèce d'impôt) pour s'assurer que les niveaux de production sont assez bas pour qu'aucun dommage irréversible ne se produise. La contrainte à respecter est biophysique et non monétaire, c'est la capacité maximum des processus (organiques ou inorganiques) de l'écosystème qui, comme le suppose Pearce (ibid., p.60), "dégradent les déchets et les convertissent en aliments".

L'activité durable, qui s'associe à la valeur-propre $g = 0$ (c'est-à-dire, $1 + g = 1$), se représente par le vecteur $y = [1, 1, 3, 3]$. A noter que le $g = 0$ n'est ni le taux de croissance du capital économique dans le processus 1, ni le taux de renouvellement de l'eau dans le processus 3. Le vecteur de ressources engagées dans le régime durable est dans les proportions : $q = yA = yB = [6, 2, 12, 3]$.

Le vecteur de prix relatifs qui s'associe à la valeur-propre $\pi = 0$ (c'est-à-dire, $1 + \pi = 1$), se représente par le vecteur, en transposé, $p = [2, -3, 0, -2]$.

Formellement, nous constatons le résultat intéressant que $p_B = 0$, le renouvellement de l'eau (qui tombe du Ciel) est le don gratuit qui alimente toute l'activité de l'ensemble des processus. Notons aussi que les déchets et l'eau dégradée ont des prix négatifs relativement au prix du capital économique. Le vecteur de prix a donc une bonne interprétation pour nos besoins.

Or, sur le plan biophysique, la caractéristique qui permet la soutenabilité indéfinie de l'activité du processus économique est la possibilité d'accumulation et de désaccumulation de la totalité du capital économique (ressource 1), de la ressource naturelle (l'eau pure, la ressource 3) mais aussi des déchets (ressource 2) et de l'eau dégradée (ressource 4) au cours de phénomènes cycliques. En particulier, dans l'équilibre stationnaire, les trois derniers processus — environnementaux — accomplissent l'inverse exact de tous les effets de génération de surplus réalisés par le premier processus, et vice versa. De même, nous pouvons considérer que les processus 1, 2 et 4 effectuent ensemble une réversion de l'activité d'accumulation de l'eau pure effectuée dans le processus 3. Et ainsi de suite.

Considéré structurellement, le schéma implique non pas un seul, mais quatre capitaux, chacun s'accumulant dans un ou plusieurs processus par la consommation des autres, et étant, inversement, consommé dans un ou plusieurs processus. Suivant O'Connor (1996), nous formalisons cette proposition de la façon suivante. Nous définissons :

- ☐ la matrice $Y = [\text{diag } y]$, la matrice comprenant les éléments de y sur la diagonale principale et tous les autres éléments identiquement nuls ;
- ☐ les deux matrices : $X = YA$ et $Z = YB$; et ensuite la *matrice des flux* $S = Z - X$;
- ☐ la *matrice des fonds* R dont les éléments r_{ij} sont le $\min\{X_{ij}, Z_{ij}\}$, les quantités respectives de la ressource j qui subsiste à l'intérieur du processus i comme une sorte de "fonds" pendant tout le processus de production.

Pour notre exemple, X et Z sont respectivement

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} 6 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Et la paire correspondante R, S est donc (où les éléments nuls sont supprimés pour la clarté) :

$$R = \begin{bmatrix} 3 & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & 6 & . \\ . & . & . & . \end{bmatrix} ; \quad S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & -4 & . \\ . & -2 & -2 & 3 \\ . & . & 3 & . \\ -3 & . & 3 & -3 \end{bmatrix}$$

L'interprétation de matrices S et R est celle de "flux" et des "fonds" respectivement nécessaires à l'activité durable. Si nous effectuons la sommation des colonnes de la matrice R , nous obtenons le vecteur des ressources qui subsistent "fixes" sur place, $f = [3, 0, 6, 0]$. La somme des éléments de chaque colonne de la matrice S est, par construction, zéro. Si nous effectuons la sommation des seuls éléments positifs de chaque colonne ou, ce qui revient (dans l'équilibre durable avec $g = 0$) au même, des seuls éléments négatifs de la matrice S , nous obtenons le vecteur des surplus de ressources qui sont "produites et données", $d = [3, 2, 6, 3]$. Notons que ceux-ci satisfont, par construction, l'identité $d + f = q$.¹⁷ Dans notre modèle, l'activité d'un équilibre durable est donc composée de deux sortes de transformations.

¹⁷ Dans O'Connor (1996), les flux et les fonds dans une représentation analogue se trouvent dénommés, respectivement, f (flux) et c (fonds capitaux).

- ☐ La première est la reproduction des ressources dans un processus, comme le représente la matrice **R** et, de façon agrégée, le vecteur des "fonds" reproduits **f**.
- ☐ La seconde est la transformation équilibrée des ressources et les cycles d'échanges entre processus impliquant plusieurs processus, représentés par les **S** et **d**.

Ces deux aspects de l'activité du vivant se rendent en effet entre eux des services mutuels.¹⁸ Il y a d'ailleurs deux sens dans lesquels se produisent les cycles de transformation des ressources.

- ☐ D'abord, nous avons la production/consommation du surplus d'équilibre à travers les processus, comme l'incorpore directement la structure de la matrice **S** d'équilibre stationnaire.
- ☐ En second lieu, nous avons des cycles de transformation de ressource au cours du temps, par lesquels l'output d'un processus est par la suite reconverti – par l'intermédiaire du creuset de l'ensemble tout entier – en un input utilisable par ce processus. C'est ceci qui définit l'activité soutenable comme une spirale dynamique de dons et de réceptions.

Si nous parlons de la *soutenabilité* dans le cadre de notre modèle, nous évoquons donc le caractère durable d'un ensemble de procédés de *production*, de *consommation* et d'*échange* entre l'économie et l'environnement. Ce sont les sorties d'un processus qui doivent par la suite induire ou fournir la base des apports en retour à ce processus, apports nécessaires pour sa viabilité future. C'est ici le sens du désir de Boulding (1966) et de Passet (1979) de retrouver pour l'activité économique une "place dans un système écologique cyclique."

6.3 De chacun selon ses capacités, à chacun selon ses besoins...

Que la somme de *chaque colonne* de la matrice **S** soit zéro dans l'équilibre durable a une signification particulière. Il n'y a aucun argument contre la génération de n'importe quel surplus, aussi longtemps que celui-ci sera mis, par la suite, au service du renouvellement de l'activité des autres processus et donc de l'ensemble. Le point à souligner est le contraste entre l'image linéaire de l'accumulation (ou de la conservation!) du capital au cours du temps, et l'idée d'une symbiose qui s'exprime à travers le dynamisme de la réversion et de la régénération de l'activité. Dans l'équilibre présenté dans la Section 6.2, il n'y a accumulation irréversible ni du capital économique ni de l'eau pure. Tout au contraire, le "surplus" généré dans chaque processus est engagé pour les besoins — directs ou indirects — du renouvellement de l'autre "capital".

Le surplus de l'eau pure est affecté aux besoins de l'économie (dans le processus 1 et le processus 2). Le surplus du capital économique (la ressource 1) est affecté au processus 4 afin d'assurer que l'eau dégradée (la ressource 4 qui s'accumule comme un effet induit de la production de déchets, la ressource 2, le sous-produit de l'activité économique) puisse, à son tour, se reconvertir en eau pure (ressource 3). Cette dernière procédure capture, d'une manière simple, un aspect de ce que Pearce, Barbier et Markandya (1988, 1990) conçoivent en tant que "projets compensatoires" dont le rôle est d'apporter l'amélioration environnementale et/ou la régénération du capital. Si d'autres variantes sont possibles, le principal reste toujours le même : un développement durable implique que chaque capacité d'accumulation (de production d'un surplus d'une ressource de valeur) soit mise au service de la collectivité.

La même idée peut être appréhendée dans le cadre du "système de valeurs pour la durabilité". Nous avons, pour la solution $\pi = 0$, la relation $[\mathbf{B}-\mathbf{A}]\mathbf{p} = \mathbf{0}$, ce qui implique directement :

$$\mathbf{Y}[\mathbf{B}-\mathbf{A}]\mathbf{p} = [\mathbf{Z}-\mathbf{X}]\mathbf{p} = \mathbf{S}\mathbf{p} = \mathbf{0} \quad [14]$$

L'équation [14] sous-tend une sorte de "principe de non-extorsion" selon lequel chaque processus donne aux autres processus des ressources pour une valeur exactement égale à celle qu'il reçoit des autres processus. Etant donné que les ressources produites et rendues par un processus seront reçues et utilisées par la suite dans d'autres processus, nous sommes ici face au mouvement dynamique par lequel chaque processus

¹⁸ Les capitaux reproduits in situ comprennent les structures nécessaires pour que les échanges et les transformations prennent les formes particulières qu'ils doivent prendre. Par exemple, la photosynthèse exige des plantes avec des feuilles tournées vers le soleil ; le métabolisme d'un animal dépend de la structure de ses organes internes, la production de l'électricité dans une centrale électrique au fuel dépend du maintien intact de la chaudière, et ainsi de suite. Mais de telles structures sans flux de matériaux ni d'énergie sont inertes et sans vie.

transmet à la période suivante un legs de même valeur que ce qu'il a reçu. Plus précisément, nous constatons que dans l'équilibre durable :

- ☐ Le processus 1 produit et donne 3 unités du capital économique, de valeur 6 ; il produit et donne 2 unités de déchets, de valeur -6 ; il reçoit 4 unités d'eau comme don gratuit. Bilan : $+6 + (-6) - 0 = 0$.
- ☐ Le processus 2 reçoit 2 unités de déchets, de valeur -6 ; il produit et donne 3 unités d'eau dégradée, de valeur -6 ; il reçoit 2 unités d'eau comme don gratuit. Bilan : $-(-6) + (-6) - 0 = 0$.
- ☐ Le processus 3 régénère un surplus d'eau pure comme don gratuit du Ciel. Bilan : 0.
- ☐ Le processus 4 reçoit 3 unités du capital économique, de valeur +6 ; il reçoit 3 unités de l'eau dégradée, de valeur -6 ; il produit et donne 3 unités d'eau pure, comme don gratuit. Bilan : $-6 - (-6) + 0 = 0$.

Tous les capitaux "réalisent leur valeur" de par leur appartenance à une structure de renouvellement interdépendant et seulement par cela. La spécificité du formalisme de la production jointe est ainsi mis en lumière : d'un côté, l'équilibre durable physique est une propriété de l'ensemble des processus, de l'autre côté, le système de "prix pour la durabilité" est une propriété de l'ensemble des processus pris comme un tout.¹⁹ L'existence et le maintien dans le temps d'une structure d'activité dépendent, en effet, de la capacité de chaque processus récepteur à renvoyer ensuite vers le bon destinataire les dons reçus, et, sur cette base, de donner ainsi une valeur aux dons faits en retour aux autres. De la même façon que dans une société de marché, il y a bien une obligation de payer ce que l'on reçoit, sous le régime des "prix pour la durabilité", le paiement d'un prix monétaire revient plus à signaler une obligation qu'à acquitter une dette. Le devoir signalé est l'obligation de rendre réciproque le don que l'on vient de recevoir. En effet, la réception d'une ressource de valeur implique une "dette" ou un devoir dont on ne peut se décharger que par un don approprié fait par la suite à une autre partie. Si nous pensons en termes de flux monétaires voyageant entre les processus en sens inverse des flux de ressources, on peut exprimer ceci de la manière suivante : le paiement du prix en dollars n'acquitte pas la dette du destinataire; ce paiement est plutôt le signal ou la reconnaissance d'une obligation dont on doit encore être déchargé.

Dans son essai sur le don, l'anthropologue Marcel Mauss (1923-24) a identifié comme principe d'organisation d'un grand nombre de sociétés pré-industrielles, une *triple obligation*: donner, recevoir, rendre (faire un don en retour). Comme le remarque Alain Caillé (1991, pp.65-66), l'obligation de faire un don en retour "n'est rien d'autre que celle de se placer à son tour en position de donateur, non pas tant pour annuler les dettes de l'autre, que pour assurer le réapprovisionnement en dettes sur une base continue.". Pour les anthropologues, cette obligation s'exprime entre les individus à l'intérieur d'un groupe social, entre les groupes tribaux en interaction, et dans la régulation des interactions avec le monde non-humain (voir aussi Bataille 1967; Sahlins 1972; O'Connor & Arnoux 1992). Annette Weiner, une anthropologue contemporaine, précise que les pratiques individuelles et collectives d'échanges de cadeaux s'adaptent afin d'assurer la stabilité et la reproduction à long terme de la société dans son ensemble. Elle suggère (Weiner 1980, p.72) qu'est typique de ces sociétés "une vue cyclique du monde dans laquelle les processus de la reproduction et de la régénération sont perçus comme des préoccupations culturelles essentielles" c'est-à-dire comme des processus exigeant d'être contrôlés socialement. Nous en trouvons une nouvelle expression, dans la préoccupation, désormais culturelle, de retrouver un rapport réciproque et durable entre les hommes et leur nature.

7. Le classement des politiques eau en Bretagne...

¹⁹ Mentionnons en passant, que l'essentiel de l'analyse de cet article porte sur les questions de structure d'inter-dépendance et de mode de régulation des relations économie-nature. Les hypothèses analytiques sur les coefficients fixes de chaque processus de production seraient difficilement recevables si l'objectif central était de décrire un sentier dynamique de croissance économique et d'adaptation aux contraintes environnementales. Par exemple, la ressource en eau ne se renouvelle pas selon l'hypothèse d'un taux constant (le fameux *g*) indépendant de l'échelle (c'est-à-dire, du niveau d'activité du processus 3). Mais, si notre préoccupation est de comprendre la signification structurelle des "choix" entre les régimes de domination, de pseudo-compensation et de réciprocité, la convention sur les taux fixes et les "rendements à échelle constants" répond à nos besoins.

Les développements théoriques ainsi que les exemples numériques des Sections IV, V et VI nous permettent d'identifier trois modes de régulation concernant l'exploitation de la ressource en eau par l'économie. Nous avons ainsi repéré :

- ☐ Une logique d'exploitation, que nous avons résumée par la phrase de Karl Marx, "*Accumuler, accumuler c'est la loi et les prophètes...*", c'est-à-dire le point de vue des Agro-capitalistes purs et durs.
- ☐ Un régime de "fiscalité verte" aussi désigné comme le principe "Pollueur-Payeur" qui attribue un prix d'échange à l'eau mais qui n'agit pas sur le rapport structurellement "prédateur" de l'économie sur la ressource naturelle et qui n'assure la durabilité ni de la ressource en eau ni de l'activité économique elle-même;
- ☐ Une logique, peut-être une utopie, de coexistence — ou de symbiose par laquelle l'activité économique se retrouve insérée dans les cycles de transformation et de renouvellement de la biosphère — régime que nous avons résumé par la formule de Marx utopiste, "*De chacun selon ses capacités, à chacun selon ses besoins*" et par celle de Marcel Mauss, "*Donner, Recevoir, Rendre*".

Ces trois "types idéaux" fournissent une grille de lecture que nous pouvons appliquer aux discours et aux politiques actuelles de l'agriculture et de l'eau en Bretagne. Comme nous l'avons signalé, dans la Section II, les exigences de chaque mode ou "régime" en matière d'exploitation de la ressource naturelle — et plus particulièrement de traitement des pollutions de l'eau — se distinguent essentiellement par le regard sous-jacent porté sur la nature et sur les rapports homme-nature à construire ou à maintenir. Nous suggérons que ce regard à la fois "structurel" et "normatif" permet d'éclaircir le sens de certains des débats et des hésitations politiques à propos de la situation actuelle en Bretagne.

L'observation des systèmes de production actuels, des expériences d'agriculteurs et de politiques agri-environnementales déjà existantes ainsi que l'analyse des débats autour des tendances actuelles, amènent à discerner quatre grandes tendances qui conditionnent l'évolution possible de l'agriculture en Bretagne. D'après P. Schembri et J.-M. Douguet (Schembri & Douguet 2000 ; Douguet & Schembri 2000), ces quatre tendances peuvent être résumées de la façon suivante :

- ☐ Le "**Laisser-Faire**" qui maintient la tendance historique de production intensive (mais qui se heurtera à des contradictions sur le plan des ressources en eau et sur celui des débouchés des biens agricoles).
- ☐ Une agriculture intensive-productiviste dite **Raisonnée** où la volonté de limiter les impacts de cette activité sur le milieu naturel amène à une agriculture de précision.
- ☐ Une agriculture "**Durable**" qui se soucie de rendement, mais en respectant les principes agronomiques et écologistes d'équilibre sol-plantes-animaux.
- ☐ L'agriculture **Biologique** qui propose recyclage des matières organiques, gestion des sols, lutte biologique contre les parasites et les maladies des cultures....

Cette formulation déjà hautement synthétique, s'appuie essentiellement sur l'observation empirique (l'écoute des acteurs, l'analyse de discours, l'observation de pratiques). Elle a débouché, d'une part, sur des modélisations sectorielles de scénarios (Schembri & Douguet 2000) et, d'autre part, sur une interrogation sur les justifications qui peuvent être offertes par les acteurs concernés pour les différentes stratégies et les différentes visions d'un futur désirable (Douguet 2000). Or, dans le cadre de l'analyse de scénario, les quatre "tendances" s'avèrent directement comparables en termes de grandeurs et de taux de changement d'activité sectorielle (c'est-à-dire, productions de maïs et d'autres céréales, de poulet, de porc et d'autres viandes, et ainsi de suite) et de pressions environnementales (émissions de nitrates, de pesticides, etc.). La comparaison est ainsi opérée en termes d'"efficacité écologique" — c'est-à-dire, en termes de grandeurs et de tendances des coefficients qui lient une unité d'activité économique à une unité d'émissions polluantes.²⁰ Toutefois, notre analyse de production jointe nous amène, en plus, à postuler un enjeu "structurel" sous-jacent aux caractérisations en termes de volume sectoriel et de coefficients d'efficacité. Les exigences et les performances respectives en matière de traitement des pollutions de l'eau ne se distinguent pas tant, pensons-nous, par le souci d'efficacité technique que par le regard sous-jacent porté sur la nature et sur les rapports homme-nature.

²⁰ C'est par ailleurs le sens de l'analyse comparative de coût-efficacité et de scénario effectuée par Schembri & Douguet (2000).

Dans cette optique, nous avons pensé utile d'interroger les quatre "tendances" de pratiques et d'objectifs en les rapprochant des "trois logiques" postulées à partir de notre modélisation de production-jointe. Dans le tableau suivant, le nombre d'étoiles dans chaque case correspond à l'importance de chaque "logique" pour informer les pratiques et les ambitions associées à chaque "tendance" dans la situation actuelle en Bretagne.²¹

	Tendance avouée dans les Pratiques			
Logique "structurelle"	<i>Intensive</i>	<i>Raisonnée</i>	<i>Econome</i>	<i>Biologique</i>
Exploitation "pure et dure"	***	**		(*)
"Efficacité écologique"		**	**	*
"Symbiose" économie-écologie	(*)	(*)	**	***

Nous caractérisons ainsi chacune de ces tendances :

- ❑ La **tendance actuelle de l'agriculture intensive** est, tout le monde le dit, très largement informée par une logique d'exploitation de l'eau à la fois "source" et "puits". Que cette appropriation de la ressource naturelle passe ou non par un système de prix (redevance, etc.) ne change pas grand chose : la surexploitation et la dégradation de l'eau sont quasi-inéluctables. En d'autres termes, la viabilité des secteurs écologiques n'est nullement prise en compte dans cette tendance. Si la durabilité du rapport économie-écosystème est envisagée, ce n'est (implicitement ou explicitement) que par l'hypothèse d'un progrès technique qui permettrait de s'affranchir de toute contrainte d'épuisement de ressource ou de saturation de puits....²²
- ❑ La **tendance vers une "agriculture raisonnée"** vise à "l'internalisation" de l'environnement dans la gestion des ressources. Ce peut être sous la forme directe d'améliorations techniques — par exemple, du traitement des déchets (usine de traitement de lisier...), de l'épuration de l'eau (usine de dénitrification...), d'une meilleure efficacité dans l'utilisation des intrants dans la production (action Fertimieux...) — ou en passant par l'intermédiaire d'incitations fiscales (systèmes de redevance et de subventions). Il est reconnu que ces actions ont un coût économique qui influe sur l'accumulation du secteur économique. Il y a donc une tension entre l'objectif de l'accumulation économique (logique d'exploitation pure et dure) et le souci pour la durabilité de l'activité économique (qui implique, dans ce cas, un détournement de la croissance économique pour réparer ou compenser les dégradations affligées à l'eau). Comme en ont témoigné de nombreux commentateurs, l'efficacité de ces politiques en matière de qualité durable de l'eau reste incertaine. Le diagnostic reste flou et il n'y pas encore de remise en question claire du rapport structurellement "prédateur" de l'économie sur la ressource naturelle.
- ❑ La **tendance vers une agriculture "économe"** vise, elle aussi, à "l'internalisation" de l'environnement dans la gestion des ressources. Cependant, elle se situe plus explicitement dans la perspective d'une recherche de symbiose économie-écologique. Elle cherche à concilier l'efficacité (et donc la rentabilité) économique avec l'intégration des pratiques agricoles aux rythmes écologiques (en parlant par exemple de retrouver l'équilibre dynamique de sols-plantes-animaux...). Certains partisans de ce type d'agriculture ont déjà effectué le passage de l'agriculture intensive à l'agriculture raisonnée. Leur déception concernant les résultats ambigus de cette dernière les a amenés à faire évoluer les structures de leur exploitation explicitement vers une logique de symbiose durable.
- ❑ Enfin, **la tendance vers l'agriculture biologique** affirme volontiers les perspectives d'une meilleure efficacité de la production à travers des innovations de pratiques qui permettent à la nature de participer au travail... Elle est aussi, et plus particulièrement, empreinte de la motivation symbiotique du fait de l'objectif avoué et bien connu de l'intégration des pratiques dans les cycles

²¹ Cette représentation est adaptée du diagnostic réalisé par Douguet (2000, chapitre VI).

²² Il s'agit, ici, de la perspective dite de la "soutenabilité faible" qui se caractérise par l'absence d'intérêt accordé aux systèmes écologiques en tant que tels (c'est-à-dire désintérêt pour les dimensions de la coexistence du monde non-humain avec les sociétés humaines) ainsi que par l'hypothèse (ou le simple espoir?) d'une bonne substitution des fonctions environnementales par les services du capital économique.

naturels (absence de produits et de sous-produits toxiques, recyclage important des nutriments, etc.). Toutefois, la réalité de cette réintégration reste encore à démontrer et les initiatives d'agriculture biologique ne sont pas non plus à l'abri de la logique d'exploitation. D'une part les produits "bio" s'avèrent bien rentables dans le marché pour l'alimentation de qualité "supérieure", d'autre part, les protagonistes des nouvelles technologies de génie génétique revendiquent, eux aussi, le "naturel" comme l'un des *leit motive* du Meilleur des Mondes qui permettra de remodeler la nature...

Nous voyons, à travers ces quelques remarques rapides, qu'en Bretagne ce n'est pas seulement l'efficacité des politiques et des pratiques mais aussi le fondement moral, économique et scientifique qui restent quelque peu incertains voire confus...

8. Remarques conclusives

Les structures et les résultats de la modélisation ci-dessus sont algébriquement simplifiés au maximum. Des tentatives de généralisation et d'extension à d'autres situations porteraient certainement quelques fruits.²³ Il est nécessaire cependant de souligner qu'il n'existe aucun traitement "général" de la dynamique économique-environnementale dès lors que l'on introduit des caractéristiques concernant l'existence de ressources irremplaçables et/ou épuisables et de contestations de système de valeurs.

Dans cet article, nous avons essayé de rapprocher les résultats de notre modélisation et la typologie des tendances de politiques et de pratiques agri-environnementales observées aujourd'hui en Bretagne. Nous n'avons pas envisagé un éventuel calibrage empirique de notre modèle (même si certains canons de la science économique pourraient l'encourager). Notre propos est plutôt didactique. Nous espérons que notre tentative d'explicitation la tension — voire la contradiction — entre des "logiques" fondamentalement différentes pour la régulation de l'interaction entre l'activité économique et le milieu "naturel", peut contribuer à l'évolution des expériences et du débat.

Le souci du développement soutenable place au centre de la scène cette question du conflit entre systèmes de valeurs qui peut connaître un très grand nombre solutions incompatibles. Se demander comment la méthodologie économique a été capable d'évacuer de ces dimensions du conflit, est tout à fait éclairant non seulement sur l'hégémonie des hypothèses "don gratuit, rejet gratuit" mais aussi sur la nature exacte du processus "d'appropriation" inhérent à la possession d'éléments de la nature tout à la fois extérieurs et non-valorisés.

Nous suggérons qu'il n'existe pas véritablement dans ce domaine une forme de "reproduction élargie" à la manière de ce qu'envisageait la théorie classique de la croissance. Au contraire, il y a plus vraisemblablement une *expansion du domaine d'un mode de signification* (voir Baudrillard 1972, 1976). Le processus d'accumulation du capital a été, historiquement, fondé sur la domination progressive de ce qui était un *domaine externe et colonisable*. Les régimes occidentaux de production de biens industriels et d'échanges marchands se sont répandus tout autant à travers *l'appropriation idéologique* des éléments de la nature (qu'il s'agisse des sociétés primitives non-occidentales ou de la nature humaine "brute") jusque là externes au système de marché, qu'à travers l'expansion des biens produits *per se* (voir M. O'Connor 1993c; J. O'Connor 1988). Ce processus de possession capitaliste implique la dépossession de nombreuses personnes (et de peuples entiers) de leur accès antérieur à une richesse collective non valorisée dans un bilan comptable ou dans des transactions sur le marché. Dans une large mesure tout ceci a été tout simplement ignoré dans les représentations conventionnelles du processus de "développement". De plus, si le tableau dépeint par les résultats de notre modèle a une certaine plausibilité, ce qui a été largement acclamé comme un progrès économique pourrait très bien s'avérer une croissance en valeur non soutenable quelle qu'en soit l'interprétation.

²³ Dans le cadre d'un modèle de production jointe, il serait possible de donner une représentation stylisée d'une grande variété d'autres situations de possession contestée. O'Connor (1993a) présente un cas de la symétrie structurelle entre une para-économie et une économie, tous les deux capables d'une expansion. Pour ceci, l'hypothèse d'une asymétrie d'une économie *non-fondamentale* dépendante d'un processus de capital écologique *fondamental* est levée, et on suppose que chaque processus d'accumulation dépend de l'autre pour le traitement de ses déchets. Ce cas sert à illustrer l'idée selon laquelle les conflits économiques ont au moins autant à voir avec ce qui est imposé de force aux autres (dons non désirés : dans ce cas, des polluants) qu'avec ce qui est approprié.

Nous avons été amenés à caractériser l'enjeu du développement durable comme le problème consistant à aller au-delà d'un faux conflit — parfois représenté comme un arbitrage — entre deux modes de régulation distincts que nous avons décrits comme « logique d'exploitation » et « logique de préservation ». Avec notre modèle de production jointe, nous avons illustré de manière schématique (dans la Section 5) les perspectives de fiscalité verte et de changement technologique, censées répondre à la demande sociale pour une pollution réduite de l'eau. Nous avons démontré que ni une politique d'« utilisateur payeur » ou de « pollueur payeur » ni un changement technologique censé améliorer l'efficacité de l'exploitation de l'eau ne peut garantir la durabilité de l'activité économique.

Un développement durable dépendrait, nous l'avons dit, de l'établissement d'un mode de régulation qui vise explicitement la « symbiose » entre secteurs économiques et secteurs écologiques. Dans notre exemple, la symbiose s'effectue par l'introduction d'un processus d'épuration — innovation structurelle dont le sens n'est pas autant d'assurer une meilleure efficacité technique mais plutôt d'assurer une « insertion durable de l'activité économique dans les cycles de la biosphère » pour reprendre la formule de René Passet (1979). Rien d'étonnant que, selon la perception d'une perspective de recevoir une part d'un surplus économique, grand nombre préfère encore la poursuite d'un « oiseau dans la main » même si gagné au prix d'un dédain pour la durabilité du processus d'accumulation.

9. References

- Abraham-Frois G., Berrebi E. (1979), *Theory of Value, Prices and Accumulation*, Cambridge University Press.
- Agreste (1997), *Tableau de l'agriculture bretonne*, Direction régionale de l'Agriculture et de la forêt.
- Bataille G. (1967), *La Part Maudite*, Minuit, Paris.
- Baudrillard J. (1972), *Pour une critique de l'économie politique du signe*, Paris, Gallimard.
- Baudrillard J. (1976), *L'Echange Symbolique et la Mort*, Paris, Gallimard.
- Bellamy Foster J. (1999), "Marx's Theory of Metabolic Rift: Classical Foundations for Environmental Sociology", *American Journal of Sociology*, pp.366-405.
- Beuret J.-E. (1998), "Agriculture et qualité de l'espace rural : coordinations conventions, médiations", *Thèse de Doctorat de l'ENSA*, Rennes, 1998, 340 p. + annexes.
- Boulding K. E. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", in H. Jarret (Editor, 1966), *Environmental Quality in a Growing Economy*, John Hopkins, Baltimore. Reprinted pp.121-132 in: H.E. Daly (Editor, 1973), *Toward a Steady-State Economy*, W.H. Freeman, San Francisco.
- Boyer R., Chavance B., Godard O. (1991), *Les figures de l'irréversibilité en Economie*, Paris, Editions des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- Bretagne Eau Pure (1998), *Bretagne Eau Pure 2*, rapport d'étape n°2, Rennes.
- Caillé A. (1991), "Nature du Don Archaique", *Revue du MAUSS*, 12, pp. 51-78.
- Canevet C. (1992), *Le modèle agricole breton*, Presses Universitaires de Rennes, 400 p.
- Daly H.E. (1989), "Sustainable Development: From concept and theory towards operational principles", *Population and Development Review*.
- Delord B., Lacombe P. (1992), "Les agriculteurs dans la société", in *Naissance de nouvelles campagnes*, DATAR, édition de l'Aube, Chapitre 5, pp.62-85.
- DIREN, Région Bretagne (1998), "La Bretagne, des hommes, un territoire. Atlas de l'environnement en Bretagne", Rennes.
- Douguet J.-M., O'Connor M., Girardin Ph (1999), "Validation socio-économique des indicateurs agro-écologiques (VALIA)", rapport final pour le Programme Interdisciplinaire de *Recherche Environnement, Vie et Société* du CNRS, contrat n°97/C/62, novembre.
- Douguet J.-M., Schembri P. (2000), "Qualité de l'eau et agricultures durables. Une approche structurelle de l'évaluation des politiques d'environnement appliquée à la région Bretagne", Rapport dans le cadre du projet *Making Sustainability Operational: Critical Natural Capital and the Implications of a Strong Sustainability Criterion (critinc)*, project number PL9702076, for EU Environment and Climate RTD programme – Theme 4: human dimensions of environmental change; *Cahiers du C3ED*, n°007, C3ED, Université Versailles — Saint-Quentin-en-Yvelines, juin.
- Douguet J.-M. (2000), "Systèmes Agraires et Soutenabilité: un enjeu pour la préservation d'une eau de qualité en Bretagne, une question d'évaluation", *Thèse de Doctorat en sciences économiques*, Université de Versailles—St Quentin en Yvelines, Guyancourt, France, mars 2000.
- Erreygers G. (1996), "Sustainability and Stability in a Classical Model of Production", in Faucheux S., Pearce D., Proops J. (Eds), *Models of Sustainable Development*, Aldershot, UK & Brookfield, US, Edward Elgar, pp. 346-362.
- Faucheux S., Noël J.-F. (1995), *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, Collection U, Armand Collin, Paris.
- Faucheux S., O'Connor M. (eds) (1998), *Valuation for Sustainable Development: Concepts, Rationalities and strategies*, Kluwer, Dordrecht.
- Georgescu-Roegen N. (1979), "Energy Analysis and Economic Valuation", *Southern Economic Journal*, Vol.45, N°4, pp.1023-1058.

- Gilliland M.W. (1978), *Energy Analysis, A New Public Policy Tool* (AAAS Selected Symposium, 9), Boulder, Col., Westview Press.
- Godard O. (1981), *La dialectique Organisationnelle des Systèmes Socio-Economiques et de leur Environnement Biophysique: Problématique Générale et Analyse de l'Organisation Marchande*, (CNRS/CIRED Research Report) Paris, Centre Internationale de Recherche sur l'Environnement et le Développement.
- Godard O. (1984), "Autonomie socio-économique et externalisation de l'environnement: la théorie néoclassique mise en perspective", *Economie Appliquée*, Vol.37, No.2, pp.315-345.
- Godard O., Sachs I. (1978), "Environnement et Développement: De l'Externalité à l'Intégration Contextuelle", *Mondes en Développement*, Vol.24, pp.788-814.
- Howarth R.B., Norgaard R.B. (1990), "Intergenerational Resource Rights, Efficiency, and Social Optimality", *Land Economics*, vol.66, N°1, pp.1-11.
- Hueting R. (1980), *New scarcity and economic growth; More Welfare through less production*, Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Kapp K.W. (1983), *Social Costs, Economic Development, and Environmental Disruption*, edited with an Introduction by John Ullman, Lanham, University Press of America.
- Lipnowski I.F. (1976), "An Input-Output Analysis of Environmental Preservation", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.3, pp.205-214.
- Mauss M. (1923-24), *The Gift: Forms and Functions of Exchange in Archaic Societies*, Translated from the French by Ian Cunnison, W.W. Norton, New York, 1954 ; new English translation, Routledge 1990.
- Miller R.E., Blair P.D. (1986), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Norgaard R. (1988), "Sustainable Development: A Co-Evolutionary View", *Futures*, Vol.20, pp.606-620.
- O'Connor J. (1988), "Capitalism, Nature, Socialism: A theoretical introduction", *Capitalism, Nature, Socialism*, No.1, pp.11-38.
- O'Connor M. (1992), "Joint Production and Sustainability in Spaceship Earth", *Working Paper in Economics*, 95, Department of Economics, University of Auckland, May.
- O'Connor M. (1993a), "Value System Contest and the Appropriation of Ecological Capital", *The Manchester School*, volume LXI, 4, pp. 398-424, December.
- O'Connor M. (1993b), "Entropic Irreversibility and Uncontrolled Technological Change in Economy and Environment", *Journal of Evolutionary Economics*, 3, pp.285-315.
- O'Connor M. (1993c), "Liberazione dell'energia, degrado della vita", *Capitalismo, Natura, Socialismo*, Roma, No 11, pp. 38-52.
- O'Connor M. (1994), "Entropy Liberty and Catastrophe: On the Physics and Metaphysics of Waste Disposal," pp.119-182 in Peter Burley & John Foster (Editors) *Economics and Thermodynamics: New Perspectives on Economic Analysis*, Kluwer, Dordrecht/Boston/London, 1994.
- O'Connor M. (1996), "Cherishing the future, Cherishing the Other. A Post Classical Theory of Value", in Faucheux S., Pearce D., Proops J. (Eds), *Models of Sustainable Development*, Aldershot, UK & Brookfield, US : Edward Elgar, pp.321-345.
- O'Connor M. (2000), "ICT & our common problems", *Cahiers du C3ED*, n°008, C3ED, Université de Versailles — Saint-Quentin-en-Yvelines.
- O'Connor M., Guimarães Pereira A. (1999), "Information and Communication Technology and the Popular Appropriation of Sustainability Problems", *International Journal of Sustainable Development*, vol. 2, N°3.
- O'Connor M., Martinez-Alier J. (1998), "Ecological distribution and distributed sustainability" in S. Faucheux, M. O'Connor & J. van den Straaten (eds), *Sustainable development: concepts, rationalities and strategies*, Edward Elgar, pp.33-56.
- O'Connor M., Arnoux R. (1992), "Ecologie, échange inéluctable, et éthique de l'engagement (sur le don et le développement durable)", *Revue du MAUSS* No.15-16, pp. 288-309.
- Pasinetti L. (ed.) (1980), *Essays on the Theory of Joint Production*, New York, Columbia University Press.

- Passet R. (1979). *L'Economie et le Vivant*, Paris, Payot.
- Pearce D. (1976), "The Limits of Cost-Benefit Analysis as a Guide to Environmental Policy," *Kyklos*, 29, pp.97-112.
- Pearce D. (1988), "Optimal Prices for Sustainable Development", in Collard D., Pearce D. & Ulph D. (Eds), *Economics, Growth and Sustainable Environments: Essays in memory of Richard Lecomber*, Macmillan, London, pp.59-66.
- Pearce D., Barbier E.B., Markandya A. (1988), "Sustainable Development and Cost-Benefit Analysis", *LEEC Paper 88-03*, London Environmental Economics Centre, International Institute for Environment and Development, London.
- Pearce D., Turner V. K. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester / Wheatsheaf, New York.
- Pearce D., Barbier E., Markandya A. (1990), *Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World*, Edward Elgar, Aldershot.
- Peet J. (1992), *Energy and the Ecological Economics of Sustainability*, Washington D.C., Island Press.
- Perrings C. (1985), "The Natural Economy Revisited", *Economic Development and Cultural Exchange*, Vol.33, pp.829-850.
- Perrings C. (1986). "Conservation of Mass and Instability in a Dynamic Economy-Environment System", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.13, pp.199-211.
- Perrings C. (1987). *Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Région Bretagne (1993), "L'environnement, un des enjeux majeurs pour l'avenir économique, social et culturel de la Bretagne", rapport, Rennes.
- Réseau Agriculture Durable (1997), *Les citoyens rencontrent l'agriculture*, Siloë, Nantes, Laval.
- Réseau Agriculture Durable (1998), *Agriculture et société pour l'eau pure*, Siloë, Nantes, Laval.
- Sahlins M. (1972), *Stone Age Economics*, Aldine Atherton, Chicago.
- Salvadori N., Steedman I. (1990), *Joint Production of Commodities*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Schembri P., Douguet J.-M. (2000), "CNC: Quantification et Modélisation du Capital Naturel Critique pour la mise en œuvre d'une politique du développement durable en France", C3ED Rapport de Recherche, February 2000, final report for research contract No.97085 funded by the French Ministry of Land Use Planning and Environment, 1997-1999.
- Slessor (1978), *Energy in the Economy*, London, MacMillan.
- Sraffa P. (1960), *Production of Commodities by Means of Commodities*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Trans Rural Initiative* (1999), n°155, p.4
- Von Neumann J. (1945-46), "A Model of General Equilibrium", *Review of Economic Studies* Vol.13, pp.1-7.
- Weiner A. B. (1980), "Reproduction: A Replacement for Reciprocity" *American Ethnologist*, vol. 7, pp.71-85, repris dans le *Bulletin du MAUSS*, 3 et 4, (1982).

ANNEXE I

Voir tableau (page suivante)

ANNEXE II

De la proposition [8] de la Section 3.1, il n'existe *ni manne tombée du ciel* (pas de "don gratuit") *ni de "disparition gratuite"*, en ce sens que seules les ressources produites (apparaissant comme outputs) dans la période T peuvent apparaître comme inputs dans la période suivante et que toutes les ressources de ce genre doivent nécessairement apparaître comme inputs. Par conséquent, le total des ressources disponibles à la fin de la période T pour redéploiement à la période $(T+1)$ est donné par : $q(T+1) = y(T)B$; et donc nous avons nécessairement $y(T)B = y(T+1)A = q(T+1)$. Si A est inversible, nous pouvons écrire l'équation [2] : $y(T+1) = y(T)BA^{-1}$. Les sentiers temporels praticables pour l'ensemble sont limités aux solutions non négatives pour une séquence $y(T), y(T+1), \dots$, satisfaisant ces équations (2).

Nous avons A et B donnés:

$$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} 6 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Nous obtenons $BA^{-1} =$

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 3/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

Supposons donc $y(0) = [1, 0, 20, 0]$, le début de la fin. Nous avons par itération:

$$y(1) = [2, 1, 25, 0],$$

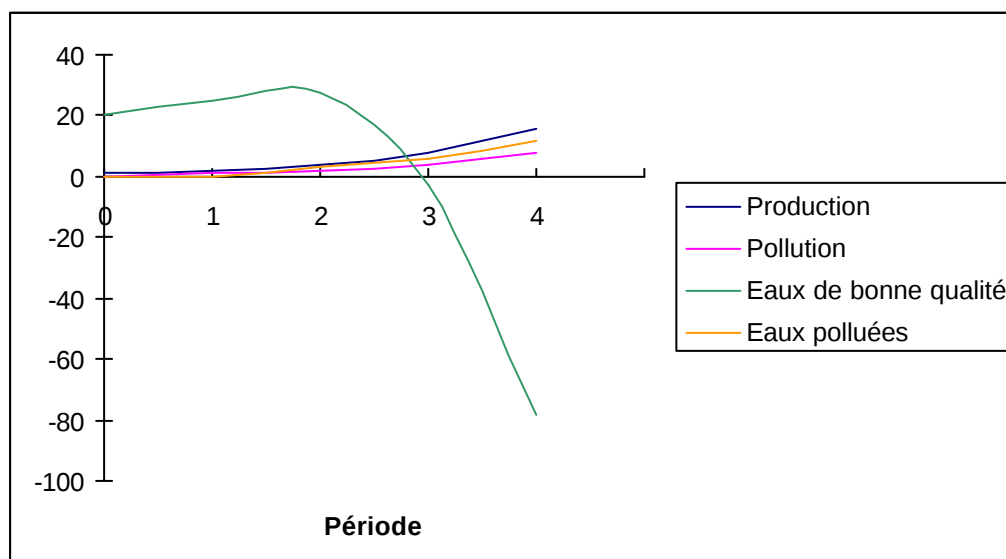
$$y(2) = [4, 2, 55/2, 3],$$

$$y(3) = [8, 4, 91/4, 6],$$

$$y(4) = [16, 8, -23/8, 12],$$

$$y(5) = [32, 16, -1253/16, 24],$$

Graphiquement, nous pouvons observer une forte dégradation de la qualité de l'eau dès la 4^{ème} période.



Programme	1 - Programme d'action	2 – ZES – programme-résorption	3 - PMPOA	4 - Bretagne Eau Pure II	5 - MAE
Origine	Directive Nitrates d'origine agricole	- Directive nitrates - Accord Profession - Etat - Agences de l'Eau et arrêté Env. 1993 + circulaires notamment 21/1/98	Accord Profession - Etat - Agences de l'eau et arrêté Env. 1993	Contrat Collectivités - Etat- Agence de l'eau, inscrit au Contrat de Plan Etat-Région	Règlement européen
Objectif	Nitrates	- Résorber les excédents d'azote d'origine animale (> 170 Kg) dans les cantons en "Zones d'Excédent Structurel"	- Pollutions des élevages, dont nitrates - Intégration des élevages au système redevance-subvention de l'Agence de l'Eau	Lutter contre les pollutions, en particulier agricoles, dont nitrates et pesticides	Promouvoir des actions d'agricultures respectueuses de l'environnement
Nature	Réglementaire	- Réglementaire - Redevance-subvention de l'Agence de l'Eau	Redevance-subvention des Agences de l'Eau	- Aide financière - Coordination de toutes les actions engagées sur un bassin versant	Aide financière sur contrats individuels
Description	Réglementation de la fertilisation azotée : - plafond de N animal : 170 kg/ha (210 kg temporairement) - dates d'épandage autorisé/interdit - principe de fertilisation "équilibrée" : préconisations (ex. doses-pivots) - tenue du cahier de fertilisation - suivi évaluation : nitrates, ventes d'engrais de synthèse, pratiques agricoles	- Programmes collectifs par canton prévoyant parmi 26 mesures : + amélioration de l'épandage (matériels...) + diminution des intrants alimentaires (porcs seulement) + traitements et/ou exportations : nitrification, dénitrification des lisiers, incinération des fumiers de volailles, exportation de déjections avicoles et des produits de traitement - Redevance retardée	- Diagnostic par élevage : DeXel - Subventions pour la maîtrise des déjections animales : nouvelles normes de stockages (volume, couverture), maîtrise des écoulements en bâtiments d'élevage, amélioration du matériel d'épandage - Redevance calculée ensuite selon la pollution résiduelle avec barème de pondération selon les années NB - L'accord Profession - Etat- Agences cite les pesticides mais sans mise en œuvre pour l'instant	1 - Actions sur 11 Bassins Versants de Démonstration et 7 Bassins Versants d'Action Renforcée : diagnostic, contrat sur un programme d'actions variées (dont souvent opérations groupées PMPOA), recrutement d'animateurs par bassin, conseil agronomique, suivi évaluation 2 - Recherche appliquée. 3 - Actions générales : information notamment.	Actions de MAE très diverses, dont, en 1993-1997 : - agriculture biologique - conversion en herbages extensifs ("RTA") - réduction d'intrants (cahier des charges CEDAPA) - extensification - retrait à long terme En 1998 : les 3 premières seulement
Dates	4 arrêtés préfectoraux du premier Programme quadriennal, de déc. 96 à janv. 98, échéances 31/12/99 à 4/10/2000	- Prévu au départ pour 3 ans - Arrêtés préfectoraux pris de déc. 95 à juil. 96 - Echancier individuel du PMPOA	- Prévu initialement de 1994 à 1998, en commençant par les élevages les plus importants, - Retards de l'échancier (bovins notamment) portant jusqu'en 2001	Contrats de 5 ans engagés de 1996 à 1998	Programme 1993-1997 Programme 1998
Zonages	Bretagne en totalité en zone vulnérable Sous-zonage du programme en Ille-et-Vilaine (bassins versants prioritaires)	71 cantons en ZES	Pas de zonage sauf pour les "opérations groupées"	- 1 : 11 BVD et 7 BVAR. - 2 et 3 : recherches et actions non zonées.	- Zonages variées selon les actions, contrats individuels. - Réduction d'intrants : bv BEP en Côtes d'Armor

Financements	Pas de financement sauf celui des programmes de résorption et l'évaluation des pratiques agricoles (conventions Agence – Chambre d'Agriculture)	Aide de l'Agence aux investissements du programme	- Redevances-subsidations Agence - Aides de l'Etat (Min. Agric., FNDAE) et fonds structurels européens, Conseil Régional, Départements. NB - Aides comparables de collectivités locales pour les élevages plus petits.	Financement de la Région, des Départements, de l'Agence de l'eau et, notamment pour le suivi évaluation, de l'Etat et de l'UE (fonds structurels)	Union Européenne et Ministère de l'Agriculture
--------------	---	---	---	---	--

Annexe 1 : Les programmes de restauration de la qualité de l'eau (Sources : DIREN 1997; Douguet 2000)

