

COMMISSARIAT GÉNÉRAL
DU PLAN

Approches économiques du développement durable

Rapport du groupe de travail
de la commission

CENTRE DE DOCUMENTATION DES SPM



3 1111 00004045 9

Le
développement
durable

Les cahiers du développement durable

N°5 - Décembre 1997

COMMISSION FRANCAISE DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Le Président

Paris, le 18 mars 1998

Madame,

La Commission Française du Développement Durable s'est particulièrement intéressée au thème : « Application du Concept du Développement Durable au domaine de l'eau », qui est à l'ordre du jour de la prochaine session de la Commission des Nations Unies. Elle a souhaité apporter sa contribution en rappelant quelques principes du développement durable applicables au domaine de l'eau et susceptibles d'engendrer de nouveaux modes de gouvernance.

Une rapide consultation des acteurs concernées et des organisation partenaires de la Commission (ONG, acteurs économiques, Collectivités locales, experts et administration) a été menée en collaboration avec le Commissariat Général au Plan et le Secrétariat Général de l'Académie de l'Eau. Un débat public a été également organisé le 15 janvier 1998 et la Commission Française du Développement Durable a consacré une séance plénière, le 4 février, à l'examen des recommandations.

Nous vous adressons, aujourd'hui, le rapport sur « Le concept du développement durable appliqué au domaine de l'eau »

Le tome ci joint est celui des « Recommandations de la Commission ». Il sera prochainement complété par le tome des « Références » qui regroupe la cinquantaine de contributions fort riches sur lesquelles la Commission s'est appuyée.

Nous vous prions d'agréer, Madame, nos respectueuses salutations.



Christian BRODHAG

P.J. : Rapport « Le concept du développement durable appliqué au domaine de l'eau »
Rapport de la Commission 1997 « De la prise de Conscience vers la mobilisation »
Rapport Groupe Méthodes Economiques. et Annexes

100, avenue de Suffren - 75015 PARIS - Tél. 01 42 19 17 79
Télex Menvir 200312 - Télécopieur: 01 42 19 17 90
E-mail : cfdd@environnement.gouv.fr

LISTE DES PUBLICATIONS DE LA COMMISSION

- **Rapport 1996** : Contribution au débat national
Priorités d'action (68 pages, novembre 1996)
 - version française
 - version anglaise

- **Les Cahiers du développement durable**
 - N° 2 : Etude sur les acteurs du développement durable ; les associations de l'environnement, France Nature Environnement (52 pages, décembre 1996)

 - N° 3 : Les organisations de solidarité internationale dans les relations internationales institutionnelles, Michel Faucon (40 pages, décembre 1996)

- **Rapport 1997** : De la prise de Conscience vers la mobilisation (142 pages, décembre 1997)

- **Rapports Thématiques** :
 - **Emploi et développement durable** : Rapport du groupe de travail de la Commission « Emploi »
Cahier N° 4 (126 pages, novembre 1997)

 - **Approches économiques du développement durable** : Rapport du groupe de travail de la Commission « Méthodes économiques »
Cahier N° 5 (40 pages, janvier 1998)
Annexe N° 1 : « Actualisation - Théories de la croissance et du développement durable »
Annexe N° 2 : « Stratégies de lutte contre l'effet de serre en Europe et dans le Monde »
Annexe N° 3 : « Stratégies de lutte contre l'effet de serre. La prise en compte des pays en voie de développement »
Annexe N° 4 : « Politiques européennes de lutte contre le changement climatique »

 - **Le concept du développement durable appliqué au domaine de l'eau** :
Cahier N° 6 (33 pages, février 1998) Tome 1 : « Recommandations de la Commission Française du Développement Durable »
Cahier N° 7 (235 pages, mars 1998) Tome 2 : « Les références »

DISPONIBLES SUR DEMANDE AU SECRETARIAT DE LA CFDD.

**COMMISSION FRANCAISE
DU
DEVELOPPEMENT DURABLE**

**COMMISSARIAT GENERAL
DU PLAN**

**APPROCHES ECONOMIQUES
DU
DEVELOPPEMENT DURABLE**

**Synthèse du
Rapport intérimaire**
23 décembre 1997

**GROUPE
« METHODES ECONOMIQUES »**

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	3
APPROCHE ECONOMIQUE DU DEVELOPPEMENT DURABLE	6
I. DEVELOPPEMENT DURABLE ET EFFET DE SERRE	8
A. Politique de lutte contre l'effet de serre	8
B. Conséquences économiques des politiques de lutte contre l'effet de serre	8
C. L'analyse du double dividende	9
1. Supériorité de l'instrument économique	9
2. Le double dividende de l'Ecotaxe européenne	9
3. Double dividende et nouvelles technologies	10
D. La problématique des coûts du secteur énergétique	10
1. L'analyse des coûts du secteur énergétique est une étape préalable indispensable	10
2. A la recherche d'un principe de partage de l'effet de réduction des émissions de CO ₂	10
3. L'inefficacité d'une réduction proportionnelle	11
4. L'injustice d'une réduction proportionnelle	11
5. Le critère de la répartition égale des efforts	11
E. Les évaluations économiques et environnementales intégrées.	11
1. L'évaluation économie environnement	12
2. Coûts et avantages de politiques de mises en oeuvre de scénarios liés à la négociation de Kyoto	12
3. Une réduction égalisant les coûts marginaux.	12
F. Les convergences qualitative et quantitative des approches renforcent la pertinence des recommandations	13
G. Impacts macro-économiques de la création d'un marché de droits à polluer	14
H. L'interface entre politique-recherche-acteurs	14
II. LA CROISSANCE OPTIMALE DURABLE DANS UNE ECONOMIE AVEC ACTIVITES POLLUANTES	17
A. L'économie ne dispose pas d'activités de traitement de la pollution	18
1. Le critère utilitariste escompté	18
2. Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté	18
3. Le critère du maximin	19
B. Le traitement curatif de la pollution	20
1. Critère utilitariste escompté	20
2. Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté	20
3. Maximin	21
III. DEVELOPPEMENT DURABLE ET INVESTISSEMENTS PUBLICS	22
A. Croissance endogène	22

B. Irréversibilité	23
C. Problèmes intergénérationnels et préférence sociale pour le présent	23
D. Mobilité internationale des capitaux et taux d'actualisation : l'utilisation du taux de rendement du capital privé devient caduque	24
E. Un contexte modifié en terme d'intervention publique	24
F. Les problèmes d'information et d'incitation	24
G. L'introduction d'une dimension d'économie politique et d'enjeux stratégiques	25
H. L'économie de l'environnement relance la réflexion sur le taux d'actualisation en prônant parfois des taux faibles	25
I. On ne peut résoudre tous les problèmes d'optimisation avec l'utilisation du seul taux d'actualisation	26
J. Une première piste à explorer : employer un taux variable	26
K. Une seconde piste à explorer : utiliser un jeu de paramètres	26
IV. DEVELOPPEMENT DURABLE ET POLITIQUE ENERGETIQUE	28
A. Prévention de l'environnement et la santé de l'homme, lors de la production ou de la consommation locales de l'énergie.	28
B. Minimiser l'action de homme sur les changements climatiques globaux :	28
C. Maîtriser les ressources mondiales d'énergie pour permettre le développement de tous les pays	29
1. Mais comment, concrètement, peut-on desserrer la contrainte qui s'exerce sur les ressources énergétiques ?	29
2. La dépendance énergétique de l'Europe	29
ANNEXE	31
La croissance exogène	31
Critère utilitariste escompté	31
Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté	31
Maximin	32
La croissance endogène	32

GROUPE DE TRAVAIL « METHODES ECONOMIQUES »

COMMISSION FRANCAISE
DU
DEVELOPPEMENT DURABLE

COMMISSARIAT GENERAL
DU PLAN

Introduction générale

Le sommet de la terre à Rio, venant vingt ans après le premier choc pétrolier a ouvert une nouvelle ère économique, celle du développement durable.

Jusqu'à ces événements, les mécanismes économiques étaient entièrement axés sur une croissance quantitative peu économe en ressources naturelles, lesquelles étaient vues comme abondantes et peu coûteuses. Ceci étant, cette phase de développement de l'humanité, si elle était dommageable pour l'environnement et si elle était critiquée par les pays du tiers-monde, apparaît cependant comme un âge d'or révolu, car à cette phase d'expansion (les « trente glorieuses ») était associé le plein emploi.

Depuis le premier choc pétrolier, les conditions économiques et écologiques du développement ont changé : à un monde planifiable, aux investissements répétitifs en univers à peu près certain, a succédé un monde beaucoup plus incertain, où la compétition tient une plus large place, où les changements technologiques rapides entraînent la remise en cause de situations qui paraissaient solides.

Le choc pétrolier ayant eu pour conséquence de durcir la compétition, les sociétés qui ont su le moins bien s'adapter à cette mondialisation ont vu le plein emploi disparaître. Il en va ainsi de la France, où le taux de chômage est de l'ordre de 12,5 %, et dans une moindre mesure de l'Europe.

Dans le même temps, si beaucoup de pollutions « classiques » ont fortement diminué (rejets industriels notamment), de nouvelles menaces sont apparues, nées de la prise de conscience du risque planétaire entraîné par certaines activités : diminution de la couche d'ozone, réchauffement climatique dû à l'effet de serre, menaces accélérées sur la biodiversité... Au niveau national ou local, on voit, continuer à croître la demande de transport, d'où la nécessité de lutter contre la pollution de l'air, le problème des déchets nucléaires prenne de l'ampleur, au fur et à mesure que se développe le parc électronucléaire ; enfin de nombreux investissements en infrastructures créent des atteintes irréversibles à l'environnement. A un mode de développement qui n'arrive pas à résoudre complètement les problèmes de l'emploi, et qui comporte encore des atteintes irréversibles à l'environnement. A un mode de développement qui n'arrive pas à résoudre complètement les problèmes de l'emploi, et qui comporte encore des atteintes irréversibles à l'environnement, il apparaît maintenant souhaitable de substituer un mode de développement durable. Pour cela, il est souhaitable d'étudier les voies et les moyens de cette « nouvelle croissance » dans les directions suivantes :

1/Une croissance plus « riche en emploi ». Actuellement notre économie est soumise à la règle suivante : ce n'est qu'à partir d'un certain pourcentage de croissance (de l'ordre de 2%), que l'économie crée des emplois. La question à se poser n'est pas de savoir si l'on peut

changer les règles du jeu mondial, mais plutôt d'explorer les raisons qui s'opposent à plus de créations d'emploi, et à l'inverse celles qui favoriseraient ces mêmes créations.

Un regard international sur des économies qui créent plus d'emploi que l'économie française est à rechercher.

Une première question à se poser est de savoir si l'économie française ne serait pas trop rigide, trop figée ?

Ceci vaut notamment pour les méthodes de choix des investissements en infrastructures : sont finançables relativement aisément les investissements qui prolongent des investissements déjà effectués (filiale nucléaire, autoroutes, canal Rhin-Rhône assis sur la rente hydroélectrique de la C.N.R.). A l'inverse, ont du mal à être financés des recherches et développement ou des investissements dans des voies nouvelles (par exemple les énergies renouvelables).

Ceci vaut probablement aussi pour le marché du travail : les experts pensent que les solutions comme le partage du temps de travail, la réduction du temps de travail, ou le travail à temps partiel sont à développer en France, pays qui ne se montre pas assez innovatif dans ce domaine.

2/ La mise en place de mécanismes encourageants une croissance durable, ou décourageant une croissance non durable :

- Les mécanismes présidant au choix des investissements et notamment des infrastructures publiques doivent être étudiés. Il en va ainsi du taux d'actualisation, ou de la « valorisation » de l'environnement et des sites naturels ou culturels remarquables. Ces mécanismes font le lien entre les générations présentes et les générations futures. Se pose en particulier le problème des décisions avec des conséquences à très long terme (par exemple production et stockage de déchets radioactifs) ou de destructions irréversibles (sites naturels détruits par des infrastructures).
- La comptabilité nationale. La comptabilité actuelle est principalement assise sur des flux annuels. Elle valorise donc mal le patrimoine naturel ou culturel. Il faut explorer les voies de l'ajout d'un compte patrimoine.
- La fiscalité.

La fiscalité française supporte le poids de l'histoire. Beaucoup d'observateurs la jugent « archaïque ». Par ailleurs, les prélèvements obligatoires sont très importants dans notre pays de l'ordre de 50 % en comptant le déficit. La nécessité d'une remise à plat de la fiscalité est communément admise. Certes, il s'agit d'une matière très difficile, puisque la fiscalité est au coeur du lien social. Ceci étant une réflexion économique sur le développement durable doit comporter un volet fiscal important sous les deux angles suivants :

La mise en place d'une « nouvelle fiscalité » a forcément une influence (positive ou négative) à la fois sur l'économie et l'emploi, et sur l'environnement. Il faut essayer que les réformes fiscales à venir nous permettent de mettre en place une stratégie gagnante en matière d'emploi et d'environnement.

Trop de compartiments de la fiscalité sont défavorables à l'environnement : la fiscalité n'est pas forcément orientée vers la préservation du patrimoine notamment naturel ; la fiscalité de l'énergie n'est pas forcément écologiquement neutre...

La mise en place de la société du développement durable passe à notre sens par la mise en place d'une fiscalité du développement durable.

3/ Un regard sur l'économie internationale et la mondialisation

L'avenir de la Terre passe par le développement durable. De nombreux problèmes posés ont un caractère international voire mondial : effet de serre... Les réponses envisagées ont un caractère international. Il en va ainsi de la taxation sur l'effet de serre ou des permis d'émission.

Par ailleurs, en vue du développement économique, la progression du commerce mondial est souhaitée, mais il est souhaitable que l'Organisation Mondiale du Commerce intègre pleinement un volet social et un volet environnement.

Enfin, le développement durable, c'est non seulement le développement de notre pays, mais aussi le développement à l'échelle internationale, et donc lui des pays en voie de développement mutuellement bénéfique.

4/ Réussir la société du développement durable suppose enfin une adhésion des agents économiques (entreprises, ménages...). Pour cela, il faut s'interroger sur les motivations de ces agents économiques, et sur la mise en place d'une démocratie participative économique (en particulier pour les choix des grandes infrastructures).

5/ Comment le calcul économique servant à la décision doit-il être modifié pour tenir compte des contraintes de durabilité ?

Plusieurs sujets sont au sein de cette interrogation :

- Celui de la définition et de l'utilisation d'un **taux d'actualisation** dont on sait que sous sa forme actuelle, il déprécie indûment le poids des passades éloignées au détriment des générations futures. Quel est l'état de la réflexion économique sur ce sujet ? (Absence de taux de dépréciation, taux de dépréciation variable etc...).
- Celui, plus général, de l'évaluation des conséquences en termes de durabilité des actions économiques ce qui passe par la reformulation d'un système **de prix** tenant compte des **coûts associés à ces variations de durabilité.**

Le travail commencera par des exposés précis faisant le point sur les travaux actuels puis sera poursuivi dans des directions permettant d'améliorer les concepts existants et de les rendre plus opérationnels pour l'analyse du Développement Durable.

GROUPE METHODES ECONOMIQUES

Rapport intermédiaire au 31 décembre 1997

Une approche économique du développement durable

Le groupe méthodes économiques commun à la Commission du Développement Durable et au Commissariat Général du Plan a pour objet la mobilisation de travaux théoriques et appliqués consacrés à des questions économiques du développement durable et cela dans le but de fournir des recommandations sur les aspects économiques du développement durable. Les principaux thèmes abordés depuis la création de ce groupe ont trait :

- Aux instruments économiques des politiques de Développement Durable, plus spécifiquement des politiques de lutte contre l'effet de serre pour préparer le sommet de Kyoto ;
- A la croissance durable ;
- Aux taux d'actualisation
- Au secteur énergétique.

La première partie de ce rapport sera consacrée à l'analyse des conséquences économiques et environnementales des politiques de lutte contre l'effet de serre. L'essentiel des travaux présentés ici traite des instruments économiques de ces politiques (fiscalité, aides et subventions, permis à polluer, etc...) ; ces travaux s'appuient sur les recherches développées à l'instigation de la DG XII de la commission de l'Union européenne ; le champ méthodologique est extrêmement large puisqu'il concerne à la fois l'analyse socio-économique (que nous ne présentons pas dans cette première livraison) et l'utilisation de modèles très variés : économétriques tels que (HERMES, E₃ ME), Equilibre Général Appliqué (GEM E₃, WARM, MEGAPESTE), techno-économiques (MIDAS, POLES, modèles de Nouvelles Technologies, Energies Renouvelables, etc...).

Un modèle d'interface entre les différents acteurs concernés par la politique européenne de lutte contre le changement climatique, a été initié par la Cellule de prospective de la Commission européenne fin 1996.

A l'Université de Versailles -St. Quentin en Yvelines- le centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement (C3ED) a été le facilitateur de l'élaboration de ce modèle. Sylvie Fauchaux, Martin O'Connor et Sybille Van den Hove (1997) donnent une synthèse des résultats des ateliers.

L'objectif est d'établir une interface entre politique et recherche dans un premier temps, puis entre politique et acteurs dans un second temps, pour fournir de l'information à la Commission européenne dans sa préparation à la négociation de Kyoto et dans le suivi de cette négociation.

Ce processus a été conçu comme complémentaire des travaux effectués par les différents groupes de négociateurs d'un part du Conseil Européen d'autre part de la Commission Européenne.

Les principaux enseignements peuvent être regroupés autour de deux ou trois idées qui prennent d'autant plus de force qu'elles ont été établies à l'aide de méthodes plus diversifiées :

- 1) La supériorité de l'instrument économique qui modifie le système de prix afin de rendre plus opportunes les actions en faveur de l'environnement (taxes, subventions, permis à polluer négociables).
- 2) La possibilité de double dividende Ecologie Emploi, à condition d'alléger le coût du travail.
- 3) L'intérêt de promouvoir des politiques de mise en oeuvre des meilleures technologies disponibles.
- 4) L'apport des permis à polluer négociables.
- 5) Une analyse des conséquences de différents scénarios de répartition des efforts de réduction des émissions de CO₂, en utilisant différents critères : égalisation des coûts marginaux, égalisation des efforts relatifs (exprimés en % PIB), égalisation des réductions en volume, etc... Ces recherches permettent d'établir une hiérarchie fondée à la fois sur des critères d'efficacité (réduction ou moindre coût global) et des critères d'équité (égalisation des effets relatifs par exemple).
- 6) Enfin, les mécanismes et l'intérêt d'une politique mise en oeuvre par les permis négociables sont détaillés.

L'analyse d'une politique de développement durable passe également par une réflexion plus approfondie sur les conditions théoriques de ce développement. C'est l'objet de la seconde partie de ce rapport. De ce point de vue les théories récentes de la croissance peuvent nous aider à mieux définir les conditions d'une croissance

optimale durable dans une économie avec activités polluantes : en effet depuis les années quatre-vingt les théories de la croissance tentent d'analyser l'environnement dans leur problématique en analysant comment la croissance dégrade l'environnement et quel est l'effet de cette dégradation sur le bien être et en retour sur la limitation de la croissance.

Différents courants traitent de la façon dont l'environnement est traduit dans les préoccupations des responsables économiques (le planificateur de la théorie de la croissance) : le grand clivage sépare ceux qui reconnaissent une valeur intrinsèque à l'environnement de ceux qui lui reconnaissent une valeur instrumentale, l'épuisement des « stocks » environnementaux n'est pour ces derniers guère un problème s'ils sont remplacés par des inputs ayant les mêmes usages ; les travaux présentés ici s'inscrivent dans ce deuxième courant dit « utilitariste » pour lequel une utilité non décroissante est synonyme de durabilité quelle que soit la qualité de l'environnement.

La détermination et l'existence de sentiers « durables » entendus ici comme sentiers stationnaires (pour une économie ayant une population donnée c'est-à-dire à taux constant de croissance de la population) ou comme sentiers à taux constant en variable par tête dans le cas où les rendements du capital sont non décroissants (cas de la croissance endogène) vont dépendre des fonctions d'utilité des agents, des critères d'escompte retenus, et des rendements des technologies de production ou de dépollution lorsque cette dernière existe. Tous les cas de figure sont envisagés dans cette note. Retenons-en deux ou trois idées :

Une économie avec pollution comme produit fatal de la production converge avec un « planificateur utilitariste » vers un état stationnaire (hypothèse de constance de la population) à partir de n'importe quelles conditions initiales s'il y a effet de dégoût de la pollution sur la consommation (utilité marginale de la consommation croît avec la consommation). Notons que l'adoption d'un critère non exempté n'entraîne pas toujours une plus faible pollution à long terme et que donc actualisation n'est pas toujours synonyme d'un meilleur respect de l'environnement.

Dans le cas d'activités curatives de dépollution, on doit noter le cas où les rendements de l'activité de dépollution sont linéaires par rapport aux dépenses, la pollution proportionnelle au capital, la fonction d'utilité additivement séparable et le rendement marginal du capital constant (croissance endogène), l'existence d'un « paradis écologique » sentier de croissance équilibrée à taux constant le long duquel les variables croissent au même taux et caractérisé par un flux de pollution nul à chaque période.

Une autre question cruciale, abordée dans la troisième partie, qui fait suite à celles évoquées dans les modèles de croissance théorique, est celle de la décision d'investissement public face aux modifications de l'environnement économique, dérégulation, décloisonnement des marchés, ouverture des économies, multiplication des acteurs publics (décentralisation, rôle de l'Union européenne) et bien sûr la montée des préoccupations de durabilité. La question posée est celle en fait de la détermination d'un taux d'actualisation qui tienne compte de tous ces facteurs et qui prenne explicitement en compte la durabilité. Les développements présentés dans ce rapport s'appuient sur une réflexion conduite au Plan dans le cadre de travaux visant à redéfinir les contours de ce que devrait être le taux d'actualisation dans ce nouveau contexte.

Finalement, l'aspect sectoriel est abordé, dans une quatrième partie, au travers de la politique énergétique. Le système énergétique mondial obéit à plusieurs contraintes qu'il faut optimiser globalement. Nous regardons plus précisément les problèmes d'optimisation sur l'ensemble des pays, y compris les pays en développement.

I. Développement durable et effet de serre

A. Politique de lutte contre l'effet de serre

A partir d'un phénomène physique, l'effet de serre, menaçant la planète par un risque de réchauffement, les mesures envisagées auront une incidence économique.

Trois principales voies sont envisagées pour lutter contre l'effet de serre :

- Une politique européenne de réduction, différenciée, dans les pays industrialisés, sur base 1990, des émissions de gaz à effet de serre. Cette politique de quotas revient à réduire la consommation d'énergie fossile. Elle a donc des conséquences économiques pour les pays qui ne pourraient - sauf à réduire l'activité économique et donc à peser sur l'emploi - remplir leurs engagements, car l'énergie est un facteur de production très important.
- Une politique prônée par les Etats-Unis de fixation de quotas, mais en introduisant des possibilités d'échange de droits à polluer. Ceci revient à donner à la pollution par les gaz à effet de serre un prix de marché, celui résultant du marché des droits à polluer.
- Enfin, reste la politique envisagée au début de la décennie, qui était celle d'une taxation des gaz à effet de serre, accompagnée d'une baisse équivalente d'autres impôts.

Face à ces trois voies, sachant que chacune suppose un accord, il est d'un grand intérêt que la communauté économique puisse débattre, de manière à « éclairer » les avantages et inconvénients de chacune du double point de vue de la lutte contre l'effet de serre, et de la recherche d'un meilleur développement économique, autrement dit de la mise en place du développement durable.

B. Conséquences économiques des politiques de lutte contre l'effet de serre

Ces options peuvent être étudiées à partir de modèles relativement complexes qui simulent les conséquences économiques des politiques de lutte contre l'effet de serre. Valette et Zagamé (1997) donnent quelques repères issus de travaux mis en oeuvre par la Direction de la Recherche de la Commission de l'Union Européenne.

Nous nous limitons ici aux recherches conduites à l'aide des théories et des modèles de l'économie standard qui débouchent sur des enseignements directement quantifiables. On n'examine donc pas ici les évaluations socio-économiques.

Ces recherches ont marqué un apport méthodologique important : elles ont permis d'abord le développement de nouveaux instruments d'analyse tels que les modèles d'Equilibre Général GEM, WARM, MEGAPESTES, le modèle économétrique multisectoriel E₃ME, les modèles de l'énergie PRIMES et PÔLES, un modèle des énergies renouvelables etc... Mais ce qui est le plus important, c'est que plusieurs instruments, plusieurs méthodes ont été utilisés soit de façon substituable en appliquant plusieurs modèles de mécanismes différents au même phénomène, soit de façon complémentaire, par exemple en combinant les approches méso et macro-économiques ou si l'on veut « bottom up » et « top down ». La largeur du spectre des modèles développés a rendu ces programmes très représentatif des travaux de recherche des cinq dernières années. C'est ainsi qu'ils ont permis la découverte de certaines propriétés ou confirmer des propositions qui avaient été établies par d'autres programmes, nord américains notamment.

Trois points sont essentiels pour appréhender les effets de politiques de réduction des émissions de CO₂ et pour mieux instruire et préparer une négociation internationale sur la répartition des efforts des différents pays.

Le premier point a trait à l'utilisation des instruments économiques (taxation) et aux conditions de mise en évidence d'un double dividende Emploi-Ecologie : le second porte sur les coûts immédiats pour le secteur énergétique (production consommation) des réductions des émissions énergétiques ; enfin, le dernier point traite de l'évaluation des coûts et avantages environnementaux et économiques liés à la mise en oeuvre des politiques de réduction des émissions de CO₂.

C. L'analyse du double dividende

1. Supériorité de l'instrument économique

Une série d'études théoriques préliminaires ont montré la supériorité de l'instrument économique sur la réglementation pour atteindre un objectif donné : l'instrument économique étant défini comme toute mesure visant à modifier les estimations des coûts et avantages des différentes actions à la disposition des agents économiques et par là modifiant la prise de décision et le comportement de façon à ce que les options choisies mènent à une meilleure situation pour l'environnement. Cette supériorité de l'instrument économique (taxation, permis à polluer négociables, aides et subventions etc...) est justifiée par des considérations relatives à l'incertitude et à l'asymétrie d'information, le régulateur ne disposant pas de toute l'information sur les techniques les plus propres, et surtout par la déréglementation qui restitue au marché une bonne part de son rôle d'allocation.

L'utilisation d'une taxe pour limiter les émissions de CO₂ a, par ailleurs, suscité des recherches sur les mesures d'accompagnement nécessaires : les situations conjoncturelles des différents pays européens ne permettraient en effet pas d'envisager de stériliser le produit de la taxe qui constitue une ponction non négligeable sur le revenu des agents, d'où la question du meilleur canal de redistribution. Les modèles fiscaux nous enseignent que le bilan général en terme de bien être lié à l'introduction et à la redistribution d'une taxe doit prendre en compte les effets liés à la suppression ou à la diminution d'un impôt que permet la redistribution de la taxe initiale ; le bilan est d'autant plus favorable que ce dernier impôt est plus distorsif c'est à dire éloigne le plus de l'optimum de Pareto.

Or en Europe les taxes frappant le facteur travail sont très élevées et très distorsives d'où l'idée de redistribuer sous la forme d'un allègement du coût du travail, d'une diminution des cotisations sociales à la charge des employeurs.

2. Le double dividende de l'Ecotaxe européenne

Cette problématique du double dividende des situations « WIN WIN » est inspirée des notions de politique sans regret. Puisque le phénomène d'effet de serre était à l'époque considéré comme incertain, il était opportun de se limiter à des politiques n'ayant pas d'effets dommageables sur l'économie voire de mettre en oeuvre des instruments susceptibles d'améliorer les performances économiques. Insensiblement la problématique du double dividende Ecologie Emploi de la politique de lutte contre l'effet de serre est passée à une priorité à la lutte contre l'effet de serre permettant éventuellement une amélioration de l'emploi à un « Redéploiement fiscal au service de l'emploi en Europe » (Zagamé 1993), l'allègement du coût du travail étant financé par la mise en oeuvre d'une écotaxe mixte progressive assise sur le contenu en carbone et le contenu en énergie (pour des raisons d'équité entre pays) de 3 \$ par baril d'équivalent pétrole au début du processus à 10 \$ à la fin à raison d'un accroissement d'1 \$ par baril chaque année.

Les résultats des travaux des principaux pays européens à partir du système de modèles économétriques HERMES montrent que lorsque l'on met en oeuvre une telle taxe entièrement redistribuée sous la forme de réduction de cotisations sociales employeur :

- on diminue relativement faiblement les consommations d'énergie - 4 % et les émissions un peu plus de 5 % de CO₂,
- on augmente l'emploi d'environ 700 000 unités, essentiellement par un effet de substitutions défavorable à l'énergie et à l'investissement et favorable à l'emploi, le P.I.B. variant très peu et la compétitivité était un peu dégradée.

Le modèle économétrique sectoriel détaillé E₃ME confirme ces résultats avec la même ampleur, ce qui est normal puisqu'il s'agit d'un modèle économétrique. En revanche, ce qui est plus intéressant c'est que le modèle d'équilibre général GEM confirme avec les mêmes ordres de grandeur ces résultats, bien que ce dernier modèle s'appuie sur des mécanismes différents (Capros et al. 1997).

Une incertitude toutefois entachait ces travaux : elle tenait à la plausibilité de l'hypothèse de réduction du coût du travail à partir des baisses des cotisations sociales à la charge de l'employeur : on sait en effet qu'un courant de la théorie moderne du marché du travail jette un doute sur cette plausibilité, la baisse des cotisations sociales étant au minimum partagée par les entrepreneurs et les salariés qui demandent un partage du surplus sous la forme de hausse des salaires.

Certes les modèles n'incorporent pas un tel mécanisme, mais ils véhiculent néanmoins des mécanismes de hausse de salaires (effet Phillips pour les modèles néo keynésiens offre inélastique de travail pour les modèles d'équilibre général) qui peuvent remettre en cause ces résultats, l'accroissement de l'emploi étant, de toutes façons, caduc pour les modèles néo keynésiens.

3. Double dividende et nouvelles technologies

En plus de l'incertitude précédemment mentionnée, les scénarios décrits par les modèles à propos de l'écotaxe véhiculaient un paradoxe : l'amélioration de l'emploi fondée sur la substitution dans les fonctions de production aboutissait à une situation dans laquelle la productivité du travail diminuait. Est-ce compatible d'un point de vue macro-économique à long terme avec une augmentation des salaires réels due notamment à l'accroissement de l'emploi ? Est-ce un développement souhaitable pour un pays moderne voulant affronter la compétition internationale avec ses avantages comparatifs qui résident pour une bonne part justement dans des gains de productivité ? Est-ce également cohérent d'un point de vue méso-économique avec les comportements des entreprises qui, lorsque le prix de l'énergie augmente, vont avoir tendance à adopter de nouvelles technologies disponibles pour la consommation d'énergie dont on sait également qu'elles sont les moins riches en main d'oeuvre ?

Il devenait donc important de prolonger les analyses précédentes en les couplant avec des recherches conduites à partir de modèles économiques de diffusions des meilleures technologies disponibles pour la consommation d'énergie ; 35 d'entre elles ont été recensées puis décrites par le GRETA et le BIPE en insistant à partir d'un modèle théorique sur la modification de la mise en oeuvre de ces technologies qui résultait d'une politique de lutte contre les émissions de CO₂ : hausse de la fiscalité, aide à l'investissement etc...

Le résultat essentiel (Zagamé 1997) c'est que la prise en compte de ces nouvelles technologies qui en principe utilisent moins d'emploi, aboutit à une amélioration plus importante de l'emploi (860 000) : en fait par rapport au scénario précédent, on gagne plus d'emplois de compétitivité (amélioration du solde extérieur et donc de la croissance) que ce que l'on a perdu en raison de l'amélioration de la productivité. De plus, on diminue plus la consommation d'énergie. Tout cela conduit à un mode de développement plus conforme à ce que l'on souhaiterait pour les pays européens.

D. La problématique des coûts du secteur énergétique

1. L'analyse des coûts du secteur énergétique est une étape préalable indispensable

Les recherches sur le double dividende ne doivent pas faire oublier que la mise en oeuvre d'une politique de lutte contre l'effet de serre a un coût réel pour le secteur énergétique, indépendamment de ce qui peut se produire sur l'économie, coût qui est lié aux investissements et dépenses nécessaires à la réduction des consommations d'énergie.

Un bilan complet d'une telle politique commence par l'analyse d'un tel coût, et doit être poursuivi par les effets globaux en terme de variations de surplus qui eux tiennent compte des effets économiques. Cependant, observons que les effets économiques sont très dépendants des mesures d'accompagnement déployées en même temps que les instruments économiques, par exemple le mode de redistribution d'une taxe.

Pour ces raisons, il est vraisemblable que ces coûts énergétiques intrinsèques à un pays vont jouer un rôle essentiel dans les négociations du partage de l'effort de réduction des émissions de CO₂.

2. A la recherche d'un principe de partage de l'effet de réduction des émissions de CO₂

Traditionnellement on oppose deux types de répartition de la réduction des émissions :

- la réduction proportionnelle (flat rate) qui oblige tous les pays à réduire leurs émissions d'un même pourcentage : en général cette répartition conduit à une situation dans laquelle les coûts marginaux de réduction des émissions sont très différents d'un pays à l'autre, elle n'est pas efficace au sens où la réduction proposée ne s'opère pas au moindre coût pour l'ensemble des pays considérés.

- La réduction égalisant les coûts marginaux dans les différents pays, celle-là est efficace au sens où elle minimise les coûts pour l'ensemble des pays.

On ne peut pas dire que la première répartition soit équitable : en effet les efforts de réduction vont y être très différents d'un pays à l'autre.

Pour cette raison P. Criqui et N. Kouvaritakis (1997) proposent un autre critère de répartition qui leur semble plus équitable : l'égalisation des coûts relatifs pour chaque pays, rapport entre l'effort total de réduction des émissions de CO₂ et le niveau du PIB. L'effort total est en fait calculé en intégrant les différentes courbes de coût marginal. L'équité provient de ce que chaque pays collabore à l'effort de réduction à concurrence de sa faculté contributive c'est à dire son P.I.B. La difficulté principale de mise en oeuvre vient de l'opacité des coûts marginaux.

3. L'inefficacité d'une réduction proportionnelle

La recherche des deux auteurs conduit à l'aide du modèle mondial énergétique PÔLES nous livre des enseignements très précieux pour donner des fondements analytiques rigoureux à la négociation internationale.

Pour un niveau de réduction commun à tous les pays de l'OCDE (- 15 %) le coût marginal de réduction en 2010 est extrêmement diversifié d'un pays à l'autre puisqu'il s'échelonne de 125 \$ par tonne de carbone aux U.S.A. à 350 \$ au Japon en passant par des niveaux intermédiaires pour l'Australie et la Nouvelle Zélande 175 \$ et l'Union Européenne 200 \$. Ces différences ne sauraient surprendre : elles résultent à la fois de la plus ou moins grande importance du charbon dans l'approvisionnement énergétique, de la structure de la fiscalité initiale (prix de l'énergie à l'utilisation finale ainsi que des possibilités en matière d'énergies renouvelables. On voit donc a priori la solution « flatte rate » s'écarter beaucoup de l'optimum tant les coûts marginaux sont différents, à moins que les optima aient une configuration extrêmement « aplatic ».

4. L'injustice d'une réduction proportionnelle

Si l'on s'attache à l'analyse du coût total relatif lors d'une réduction uniforme de 15 % on constate que la hiérarchie relative est très modifiée. Notre interprétation c'est que dans les pays où les coûts marginaux sont relativement faibles on se trouve également dans une zone où ces coûts marginaux augmentent plus faiblement, il faut donc réaliser un effort considérable de réduction des émissions pour les modifier et donc un coût total relatif au P.I.B. plus important. Pour cette raison, la hiérarchie en termes des efforts totaux relatifs au P.I.B. est sensiblement différente : elle va de moins de 0,3 % pour l'Europe et les U.S.A. à 0,45 % pour le Canada et le Japon 0,6 % pour l'Australie et la Nouvelle Zélande. Par conséquent, non seulement la réduction proportionnelle apparaît inefficace mais elle est également injuste en termes des efforts consacrés.

5. Le critère de la répartition égale des efforts

Il se trouve que dans la configuration présentée, le critère de la répartition équitable des efforts conduit à une situation dans laquelle 0,3 % d'effort rapporté au P.I.B. pour tous les pays aboutit à une répartition qui n'est pas très éloignée de l'optimum : en effet on arriverait alors à une réduction des émissions de 410 M.T.C. par rapport à 1990 au lieu de 440 M.T.C. lorsqu'un effort global identique est reporté selon l'égalisation du coût marginal. Par conséquent, pour atteindre l'objectif de 15 % il faudra dans le cas d'une équi-répartition augmenter les efforts globaux jusqu'à 0,33 % de P.I.B. dans tous les pays et l'on sera proche de l'efficacité globale qui pour la même réduction est à 0,3 % du P.I.B..

Certes, on ne peut tirer de cela de loi générale, mais il semble indispensable de profiter de la configuration actuelle pour préconiser une répartition des efforts proportionnels pour la réduction des émissions.

E. Les évaluations économiques et environnementales intégrées.

Si l'évaluation en équilibre partiel des politiques de l'environnement constitue un préalable indispensable pour l'appréciation des coûts, il est tout aussi important de donner une évaluation des coûts et avantages

économiques. Après avoir présenté celle-là nous examinerons l'évaluation conduite à l'aide de GEM₃ par l'équipe du Professeur Capros à l'Université d'Athènes.

1. L'évaluation économie environnement

Dans un modèle économétrique l'analyse des coûts et avantages ne s'opère qu'à partir de variables économiques et environnementales « dispersées » : P.I.B., emploi, solde extérieur, prix etc... L'appréciation des coûts et avantages d'une politique par rapport à une autre doit s'effectuer terme à terme et elle va dépendre de la fonction de préférence implicite du consommateur.

Dans un modèle d'équilibre général, l'analyse coûts-avantages s'effectue immédiatement par le calcul de la variation de bien-être entre deux situations relatives à deux politiques différentes. En fait l'évaluation de la variation de bien-être se fait en termes monétaires en utilisant le système de prix de la situation initiale, on parle alors de variations de revenu équivalent.

Mais cette appréciation en termes de variations de bien-être ne tient pas compte, dans la plupart des cas, des variables liées à l'environnement ; celles-là ne figurent pas, en général, dans la fonction d'utilité des agents. Par conséquent, les variations de bien-être ou de surplus ne portant que sur des grandeurs économiques vont « minorer » l'évaluation des politiques de l'environnement ; il n'est pas sûr que de telles politiques se traduisent par un accroissement de bien-être au sens économique.

Un nombre très restreint de modèles incorporent des variables d'environnement dans la fonction d'utilité. Il s'agit notamment des modèles de Bergman et dans le cadre du programme Européen du modèle MEGAPESTES (Beaumais et Schubert 1994) dans laquelle la fonction d'utilité dépend d'un stock de pollution, ce stock influençant l'élasticité de substitution entre biens verts et biens standards. Ces propriétés ont l'avantage de permettre de caractériser des trajectoires de croissance où à tout moment un arbitrage s'opère sur la production et sur la consommation de biens polluants, ce qui n'est pas sans effet sur les variables économiques traditionnelles : commerce extérieur, prix relatifs des deux types de biens développement des deux secteurs etc... Mais surtout, à chaque variante de politiques environnementales ou plus simplement économiques, on peut associer un indice de variation de surplus qui tient compte de l'amélioration ou des dégradations de l'environnement¹. Mais il va de soi que les paramètres de l'incorporation de l'environnement dans la fonction d'utilité revêtent un caractère fragile : la révélation des préférences en matière d'environnement est toujours délicate.

Un des chantiers actuel autour du modèle G.E.M. a pour but de déboucher sur la spécification d'une fonction d'utilité tenant compte de l'environnement ; avant l'aboutissement d'un tel projet les améliorations et dommages liés à l'environnement sont introduits de façon autonome dans le calcul des surplus. C'est cet instrument qui a été utilisé pour calculer les coûts et avantages en termes de surplus de scénarios liés aux négociations de Kyoto.

2. Coûts et avantages de politiques de mises en oeuvre de scénarios liés à la négociation de Kyoto

Plusieurs scénarios ont été élaborés dans Capros et al. (1997a) pour porter un éclairage sur les coûts et avantages de politiques conduisant à la réduction pour l'ensemble des pays européens des émissions de 20 % au-dessous du compte central en 2010, ce qui correspond à une diminution de 15 % par rapport au niveau de 1990.

3. Une réduction égalisant les coûts marginaux.

La méthode suivie par les auteurs a consisté à faire calculer par le modèle le coût dual associé à la contrainte d'émission et à l'instaurer comme une taxe uniforme dans l'ensemble des pays européens. Ce coût dual dépend des scénarios décrits car les variables de l'équilibre économique vont rétroagir sur son niveau.

Dans le cas où la taxe uniforme n'est pas redistribuée ; le coût dual est égal à 208 \$ par tonne de carbone : on retrouve une variable proche du coût marginal du modèle PÔLES pour les pays européens. Cependant la non

¹ On en verra un exemple à partir de l'exercice sur les droits à polluer O. BEAUMAIS (1)

redistribution du produit de la taxe qui stérilise une part du Revenu National induit une récession : baisse du P.I.B. de l'emploi des prix etc... Le coût en terme de surplus économique ramené au P.I.B. est de 0,58 % et en tenant compte des gains environnementaux de 0,45 %.

On retrouve donc la nécessité de redistribuer le produit de la taxe. Les auteurs testent deux canaux de redistribution :

- l'allègement du coût du travail permet de retrouver la situation de double dividende déjà décrite avec les modèles néo keynésiens : accroissement de l'emploi (1,5 millions) par un effet de substitution en dépit d'une légère diminution du P.I.B. due à une baisse de compétitivité due à une hausse de prix du P.I.B. de 0,2 %, elle-même imputable à la rigidité de l'offre de travail et à la répercussion des prix de l'énergie. Le scénario étant plus expansif que précédemment, le coût dual est plus important : 240 \$/t. carbone. Les bénéfices purement économiques et les bénéfices globaux, c'est à dire y comprise environnement, sont respectivement de 0,88 et 1 % (en fraction de P.I.B.),
- la redistribution du produit de la taxe par une baisse du coût du capital ne peut empêcher une baisse de l'emploi : on confirme ainsi les travaux conduits avec les modèles économétriques qui conditionnent à une baisse du coût du travail l'apparition du double dividende emploi-environnement. Il n'apparaît pas de double dividende en termes de surplus puisque la variation du surplus purement économique est de - 0,23 %. On retrouve avec cet exercice les propositions théoriques visant à recycler le produit de la taxe en réduisant les taxes les plus distorsives c'est à dire frappant le travail et non le capital.

Dans le cas où la mise en oeuvre de nouvelles technologies plus économes en énergie est endogène on retrouve, de façon approximative, la configuration décrite avec le modèle néo keynésien HERMES : la création d'emplois est plus importante à moyen terme en raison d'un effet compétitivité. En revanche, la hausse des prix due à la courbe d'offre de travail sera remise à la compétitivité et la croissance à plus long terme.

Enfin est évoqué le cas des permis à polluer (négociables) avec un assortiment initial pour les agents pollueurs proportionnel à leurs pollutions initiales. Le niveau de l'activité économique, l'emploi et le surplus sont supérieurs à ceux de la taxe mise en oeuvre sans redistribution : le prix du permis à polluer s'établit au niveau de la taxe mais, contrairement au cas de cette dernière, les agents disposent d'une possibilité de polluer sans être taxés, ce qui explique la différence entre les scénarios.

F. Les convergences qualitative et quantitative des approches renforcent la pertinence des recommandations

La première idée de conclusion que l'on peut mettre en évidence ce sont les convergences qualitative et quantitative des approches situées sur un spectre méthodologique particulièrement étendu : équilibre général, modèles néo keynésiens, modèles de l'énergie, couplage méso-macro-économie.

Ces convergences doivent une certaine force aux recommandations de politique économique que l'on peut tirer de ces exercices :

- Le mode d'accompagnement des mesures de politique environnementales est essentiel pour établir un diagnostic précis des coûts et avantages de cette politique ; en particulier l'allègement des taxes sur le facteur travail est indispensable pour mettre en évidence un « double dividende » emploi environnement et pour maximiser le bien-être de la collectivité.
- L'allègement du coût du travail ne doit pas déboucher nécessairement sur la mise en oeuvre de techniques plus intensives en emploi : une frange de technologies plus efficaces pour l'énergie et l'emploi permet à la fois d'améliorer davantage l'emploi et le bien-être de la collectivité, et des mesures incitant à l'adoption de ces technologies doivent être déployées.
- Enfin, dans la configuration actuelle des différents coûts marginaux de réduction, les mesures de répartition de la réduction des émissions de CO₂ visant à égaliser l'effort total de réduction relativement au P.I.B. de chaque pays va dans le sens d'une équité dont l'efficacité n'est pas très éloignée de celle de la répartition égalisant les coûts marginaux.

Tels sont les résultats qui semblent robustes : ils peuvent être prolongés dès aujourd'hui par une analyse comparative des coûts énergétiques et des coûts globaux dans les différents pays. Ils fournissent une bonne base scientifique sur lesquelles les politiques « éclairés » pourraient en partie fonder leurs négociations et leurs décisions.

G. Impacts macro-économiques de la création d'un marché de droits à polluer

Beumais (1997b) donne une évaluation des impacts macro-économiques de la création d'un marché de droits à polluer pour la France et le Royaume-Uni. On rappelle ici les principaux enseignements à tirer de cette étude.

Bien que l'expérience des marchés de droits à polluer, ou de système de quotas transférables ne soit pas strictement limitée à celle des Etats-Unis, on peut néanmoins considérer que les solutions mises en place dans ce pays pour le traitement de la pollution atmosphérique, de la pollution de l'eau ou encore pour l'élimination du plomb dans l'essence constituent l'essentiel, jusqu'à aujourd'hui, de la pratique de cet instrument.

C'est donc la perception des multiples avantages relatifs des droits à polluer qui explique l'intérêt porté à cet instrument économique : si l'on considère, en effet, que les politiques d'environnement ne peuvent être abordées qu'en terme de « second rang », une démarche rationnelle consiste à fixer un ou des objectifs de qualité environnementale, et à les réaliser au moindre coût. La réglementation pure, bien qu'adaptée à certains cas (peu d'agents concernés, faible potentiel à attendre de l'innovation technologique), peut entraîner des surcoûts importants, puisqu'elle s'applique de la même façon à des sources de pollution qui supportent des coûts de réduction différents. A contrario l'instauration d'une taxe, ou la création d'un marché de droits à polluer, génère un signal-prix auquel, sous une hypothèse de comportement optimisateur, les coûts marginaux de dépollution vont s'égaliser. La réduction de pollution est alors obtenue in fine à moindre coût.

Pourtant, parmi les travaux portant sur l'incidence macro-économique de diverses options de gestion préventive de l'effet de serre, ceux consacrés aux marchés de droits à polluer occupent une place mineure. Aussi, la simulation des propriétés économiques d'un système de permis négociables requiert la définition préalable d'une méthode spécifique, dont cette étude présente l'exposé.

Tout d'abord, nous décrivons le modèle utilisé pour cette simulation : Mégapestes. Il s'agit d'un modèle d'équilibre général calculable, dont les fondements sont explicitement walrasiens. Ceci implique notamment que les mécanismes de prix y tiennent une place centrale. En outre Mégapestes présente la particularité d'autoriser une rétroaction explicite de l'état de l'environnement sur le comportement des agents économiques (ménages et entreprises). La description des mécanismes essentiels du modèle nous conduit, dans un deuxième temps, à définir le protocole des simulations que nous mettons en œuvre avec deux versions de Mégapestes calibrées respectivement sur données françaises et anglaises.

Nous quantifions alors les effets macro-économiques d'un marché de droits à polluer auquel seules les entreprises auraient accès, et dont l'objectif serait de réduire les émissions de polluants atmosphériques de 10% par rapport à un scénario référence. Nous portons une attention particulière au problème de l'allocation initiale des droits, dont diverses modalités sont testées.

Il ressort de ces simulations, menées pour la France et Royaume-Uni, principalement trois conclusions :

- la création d'un marché de droits à polluer sur les émissions de CO₂ a un impact positif sur le bien-être. Mais le recours à un tel instrument doit être complété par l'instauration d'une taxe sur les consommations énergétiques des ménages, qui les incite à adopter un comportement plus économe en énergie, comme le soulignent les variantes réalisées pour la France ;
- il vaut mieux faire peser le poids du marché sur les secteurs gros consommateurs d'énergie, en limitant leur attribution initiale de droits à polluer, car l'évolution des prix qui en découle incite les consommateurs et les entreprises à adopter un comportement plus économe en énergie ;
- les différences de structures productives d'un pays à l'autre (France, Royaume-Uni) ont un impact sensible sur les évolutions macro-économiques induites par la création d'un marché de droits à polluer.

H. L'interface entre politique-recherche-acteurs

L'interface entre politique-recherche-acteurs mise en place par la Commission Européenne, dans le cadre de la politique européenne de lutte contre le changement climatique

Un processus d'interface entre les différents acteurs concernés par la politique européenne de lutte contre le changement climatique, a été initié par la Cellule de prospective de la Commission Européenne fin 1996 en collaboration avec la DG XII (recherche) et la DG XI (environnement)

Le centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement (C3ED) de l'Université de Versailles, Saint Quentin en Yvelines a été le facilitateur de ce processus. Sylvie Fauchoux, Martin O'Connor et Sibylle Van den Hove (1997) donnent une synthèse des résultats des ateliers qui a été publié par la DG XII.

L'objectif est d'établir une interface entre politique et recherche dans un premier temps, puis entre politique et acteurs dans un second temps, pour fournir de l'information à la Commission européenne dans sa préparation à la négociation de Kyoto et dans le suivi de cette négociation.

Ce processus a été conçu comme complémentaire au travail effectué d'une part au sein du Groupe *ad hoc* sur le climat du conseil Européen, qui réunit les négociateurs des états membres, et d'autre part par la Commission Européenne, notamment au sein de l'équipe de négociateurs de la DG XI et du Groupe Inter-Service sur le climat.

Un atelier préliminaire réunissant des experts en matière d'évaluation environnementale intégrée et de modélisation avec le groupe de négociateurs de la Commission et d'autres membres de la commission impliqués dans la préparation de Kyoto, s'est penché sur l'urgence d'une action en matière de changement climatique ainsi que sur les marges de manoeuvres existant au niveau de l'Union Européenne. Les discussions étaient cadrées par trois thèmes principaux :

1. la justification et l'efficacité en termes de coûts des mesures de réduction des émissions;
2. la question politique de l'équité dans la répartition de l'effort;
3. les questions sous-jacentes de gouvernance et de démocratie au niveau européen.

Structure des ateliers

- Chaque atelier devait fournir de l'information économique, politique et scientifique à la Commission, en particulier à son équipe de négociateurs.
- Cette information, visait à répondre à des questions-clés concernant les possibilités en matière de politiques, d'instruments et de mesures pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- La priorité était mise sur la robustesse scientifique de l'information, la transparence des hypothèses, des jugements d'experts et des critères d'évaluation, ainsi que sur l'explicitation des divergences de vues ou des incertitudes le cas échéant.
- Ainsi le rôle des chercheurs était de présenter différentes approches et méthodes d'évaluations des options politiques, d'identifier les points forts et les limites de chacune des approches et le type de connaissance qu'elles peuvent fournir, ceci de façon à permettre l'examen des options politiques selon différentes perspectives.

Format des ateliers

- Préparation par l'équipe des négociateurs de la Commission d'une liste de questions-clés de politiques;
- Sélection d'une quinzaine d'experts européens, en fonction des points à aborder, qui se réunissaient durant deux jours avec les négociateurs de la Commission et les représentants d'autres Directions Générales de la Commission Européenne impliqués dans la préparation de Kyoto;
- Présentation par certains experts de courts papiers de synthèse présentant des apports de la recherche en réponse à ces questions;
- Débats durant l'atelier -éventuellement en petits sous-groupes de travail- sur ces questions, visant à l'émergence d'une synthèse enrichie;
- Le cadre de référence pour les ateliers était constitué d'une part par les décisions du Conseil Européen en matière de changement climatique, en particulier celles de mars 1997 (suivies de celles de juin 1997) qui fixaient les objectifs de négociation de l'Union Européenne, la répartition de l'effort entre les pays de l'Union Européenne (la « bulle » européenne) et donnaient une liste de politiques et mesures dont le Conseil estime qu'elles ont un fort potentiel de réduction des émissions; et d'autre part, par la proposition de protocole soumise par l'Union Européenne aux parties à la négociation en avril 1997.

Sujets des ateliers

- Le premier atelier concernait les politiques et mesures envisageables au niveau et au sein de l'Union Européenne. Les participants ont évalué la faisabilité de telles politiques et mesures d'un point de vue technologique, économique et institutionnel. De même ils ont évalué le potentiel de réduction des émissions de chacune de ces politiques et mesures.

- Le second atelier concernait les dimensions internationales. Les participants ont abordé l'établissement d'objectifs quantifiés de réductions d'émissions, et en particulier la question de la différenciation éventuelle de tels objectifs. Ils se sont ensuite penchés sur les mécanismes de mise en oeuvre conjoint et de marché de droits à polluer, ainsi que sur la relation entre tels instruments et la fixation des objectifs.
- Le troisième atelier, rajouté suite à la réunion de l'AGBM de juillet 1997, se concentrait sur deux questions qui émergeaient comme devant prendre une place non-négligeable à Kyoto : premièrement le panier de gaz, c'est-à-dire la possibilité de tenir compte des mécanismes d'absorption de gaz à effet de serre, par exemple dans les forêts, lors de la fixation d'objectifs quantifiés.
- Un quatrième atelier est prévu en mars 1998 et mettra en présence les équipes de la Commission impliquées dans la gestion de l'après-Kyoto et les différents acteurs : Industriels, ONG, syndicats, associations de consommateurs, etc. L'objectif de cette nouvelle étape sera de faire remonter l'information de ces acteurs vers les décideurs.

II. La croissance optimale durable dans une économie avec activités polluantes

Depuis les années quatre-vingt, les théories de la croissance tentent, d'une manière ou d'une autre, d'intégrer l'environnement dans leur problématique. Elles étudient comment le processus de croissance « utilise » l'environnement, pourvoyeur de ressources naturelles et réceptacle pour les rejets de l'activité économique, quel est l'effet en retour de cette utilisation sur le bien-être des agents, et dans quelle mesure les contraintes environnementales peuvent être un frein au développement économique. Dans ce contexte, le terme de *croissance durable* se réfère à une évolution au cours de laquelle, plutôt que d'opposer qualité de l'environnement et poursuite du développement économique, on cherche les conditions permettant de concilier les deux.

En dépit de la multiplicité des interprétations du concept de croissance durable, il existe une relative homogénéité dans les modèles formalisant le processus de croissance d'une économie préoccupée de son environnement. Ces modèles peuvent être classés en fonction de l'éthique sous-jacente et de la nature des relations entre le système économique et la sphère environnementale qu'ils postulent. Chevé, L. Ragot, K. Schubert (1997) fait un point sur cette problématique.

Une première dichotomie fondamentale repose sur la valeur concédée à la nature. Si l'on reconnaît une valeur intrinsèque à l'environnement, l'approche du développement durable est alors écocentrique et fait référence à une éthique écologique. L'objectif est la conservation, ou mieux l'amélioration de la qualité de la nature pour elle-même. Dans les modèles formalisés, la croissance est alors qualifiée de durable pour une qualité de l'environnement au moins non-décroissante. Par contre, si nous considérons que la valeur de l'environnement est purement instrumentale, l'approche du développement durable est anthropocentrique et fait référence à une éthique utilitariste. Une utilité non-décroissante est synonyme de durabilité, quelle que soit l'évolution de la qualité de l'environnement. Pour cette éthique utilitariste, l'intérêt que peuvent représenter les ressources naturelles ne réside pas en celles-ci mais simplement en l'usage que nous en faisons ; ainsi, leur épuisement n'est pas un problème en soi si elles sont remplacées par d'autres inputs ayant les mêmes usages. L'étude présente s'inscrit dans cette tradition utilitariste.

Toujours d'un point de vue éthique, une nouvelle ligne de partage se dessine entre les différents modèles ne reconnaissant qu'une valeur instrumentale à l'environnement. La détermination du sentier de croissance optimale dépend du critère de bien-être social retenu. Trois types de critères sont utilisés dans la littérature. Le critère utilitariste escompté, héritage des modèles de croissance optimale à la Ramsey, est souvent présenté comme induisant une « dictature du présent », le planificateur maximisant la somme actualisée (taux d'escompte positif) des utilités individuelles instantanées. Le critère utilitariste non escompté, héritage du modèle de croissance optimale de Ramsey, accorde le même poids à toutes les générations. Nous retrouvons le premier critère dans la plupart des modèles, le deuxième étant présent dans de rares travaux. Le troisième critère, également peu utilisé, relève d'une approche égalitariste à la Rawls. Il consiste à adopter le niveau d'utilité de l'agent le plus démuné comme fonction de bien-être social (principe du maximin appliqué aux questions intergénérationnelles, Solow, 1974). La critique éthique souvent formulée à son encontre est la dépendance du sentier de croissance par rapport à l'état initial de l'économie ; ainsi, lorsque ce dernier correspond à une faible consommation, le principe du maximin condamne l'économie à la perpétuation de cet état de pauvreté.

Les différentes hypothèses posées quant à la nature des relations entre la sphère économique et la sphère environnementale jouent un rôle prépondérant quant au caractère durable ou non de la croissance. Comme dans tout exercice de modélisation, les relations retenues entre les deux sphères sont simplifiées. Un premier type de relations va de l'environnement vers l'économie : les ressources naturelles ( puisables ou renouvelables) sont des facteurs de production ou sont directement consommés par les ménages (aménités, air, etc...). Le deuxième type de relations est en sens inverse : les émissions de polluants, rejets d'effluents ou de déchets liés aux activités de production et de consommation, agissent sur la qualité de l'environnement.

Nous nous limitons ici à une catégorie particulière de ressources naturelles : la « qualité de l'environnement ». Il s'agit d'un stock qui,   un premier niveau, fournit des flux de services à l'économie et est, en retour, dégradé par les rejets de polluants de l'activité économique.   un deuxième niveau peut exister la possibilité d'un contrôle humain direct de ce stock, soit par l'intermédiaire de dépenses de dépollution, soit par celui de la recherche de techniques de production plus propres.

Nous nous limitons ici aussi au cas où les émissions de polluants sont assimilées à un produit fatal de l'activité économique. Chevé, L. Ragot et K. Schubert (1997) s'intéresse aussi à une économie où les émissions sont un facteur de production substituable. Nous donnons une synthèse des résultats en annexe. Dans les deux cas, la qualité de l'environnement est une source de bien-être pour les ménages (ou, symétriquement, le stock de pollution une source de désutilité). On étudie alors la nature du sentier de croissance optimale ainsi que son caractère durable ou non, en fonction du critère de bien-être social adopté, de la nature des rendements d'échelle de la fonction de production, de la spécification de la fonction d'utilité et de la fonction de dépollution.

Les individus étant sensibles à la qualité de l'environnement, leur fonction d'utilité instantanée dépend positivement du niveau de consommation et négativement du stock de pollution de l' conomie. Cette fonction vérifie un certain nombre d'hypothèses : elle est croissante et concave pour la consommation, décroissante et concave pour la pollution, et vérifie la condition de concavité globale.

L' conomie dispose d'un unique bien homogène produit à partir du seul stock de capital. On étudiera le cas dans lequel le rendement marginal du capital est décroissant et celui dans lequel la technologie est à rendements constants par rapport au stock de capital, propriété qui rend possible une croissance illimitée de la production à long terme.

A. L' conomie ne dispose pas d'activités de traitement de la pollution

Dans ce premier cas, l'économie doit subir les dommages de la pollution sans pouvoir intervenir afin de les limiter. Les émissions polluantes sont supposées linéairement proportionnelles au stock de capital. Le stock de pollution croît avec les émissions polluantes et décroît selon un processus naturel d'absorption de la pollution, le coefficient d'assimilation étant supposé constant.

1. Le critère utilitariste escompté

Le planificateur maximise la somme actualisée des utilités instantanées des différentes générations. Le taux d'escompte social est strictement positif. La résolution du programme du planificateur permet de mettre en évidence les conditions nécessaires et suffisantes de l'existence d'un équilibre stationnaire : la productivité marginale du capital au point stationnaire doit être supérieure à la somme du taux d'escompte social et du taux de dépréciation du capital, et la fonction d'utilité doit être séparable en ses deux arguments, ou traduire un *effet de dégoût* de la pollution sur la consommation (l'utilité marginale de la consommation diminue quand le stock de pollution augmente) ou un *effet de compensation* pas trop fort (l'utilité marginale de la consommation augmente, mais faiblement, quand le stock de pollution augmente). Quand l'équilibre stationnaire existe, une condition nécessaire pour qu'il soit un point-selle est qu'il existe un effet de dégoût.

Lorsqu'il existe un fort effet de compensation entre la consommation et la pollution, l'économie ne peut plus atteindre un équilibre stationnaire. Si les rendements du capital sont décroissants, l'économie s'effondre progressivement.

Dans le cas où la production dispose de rendements constants par rapport au stock de capital, Michel et Rotillon (1996) montrent, pour une fonction d'utilité particulière, que l'économie peut converger à long terme vers un sentier de croissance équilibrée le long duquel les variables économiques et le stock de pollution croissent au même taux constant. Sur ce sentier, il est donc optimal pour l'économie de dégrader complètement la qualité de l'environnement.

Ainsi, selon la technologie de production dont dispose l'économie, la présence d'un effet de compensation entre la pollution et la consommation peut conduire soit à un « enfer écologique » soit à un effondrement de l'activité économique. Ce résultat confirme bien le rôle crucial des préférences des agents dans la détermination de la trajectoire optimale de l' conomie.

2. Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté

Ramsey lui-même réfutait l'utilisation du critère escompté, indéfendable sur une base  thique. On montre alors que, si le critère de bien-être social est utilitariste non escompté (taux d'escompte social nul), l'économie partant d'une situation initiale quelconque en termes de stocks de capital et de pollution, converge vers un état stationnaire appelé *règle d'or verte*, si et seulement si la productivité marginale du capital est suffisamment

grande par rapport au taux de dépréciation et si la fonction d'utilité vérifie les mêmes conditions que dans le cas utilitariste escompté. L'utilité de règle d'or verte est l'utilité stationnaire maximale qu'il est possible d'atteindre (le *bliss point* de Ramsey).

Si l'on compare, dans le cas le plus simple de rendement marginal du stock de capital constant, les états stationnaires utilitaristes non escompté (règle d'or verte) et escompté, on peut montrer que si la productivité marginale du capital (constante) est suffisamment grande par rapport à la somme du taux d'escompte social, du taux de dépréciation du capital et du taux d'absorption de la pollution, l'état stationnaire utilitariste escompté possède un stock de capital et une consommation plus élevés que l'état non escompté, et un stock de pollution également plus élevé. C'est l'inverse si elle ne l'est pas : le résultat contre-intuitif d'un optimum non escompté à stock de pollution plus élevé que celui de l'optimum escompté n'est pas à exclure a priori. Dans tous les cas cependant, l'utilité stationnaire du critère non escompté est plus élevée que celle du critère escompté, au prix d'un sacrifice en terme d'utilité des générations présentes et proches. Dans le cas d'un rendement marginal du capital décroissant, il n'est pas possible de conclure sur les positions respectives des stocks de capital et de pollution stationnaires. Il apparaît intuitivement que tout dépend de la forme de la fonction d'utilité, et plus précisément du poids relatif de la consommation et de la pollution dans le bien-être.

3. Le critère du maximin

L'étude de référence de ce problème quand le planificateur adopte un critère de bien-être social maximin est celle de Asako (1980). Les résultats sont les suivants.

- Si l'état initial de l'économie est initialement en état de suraccumulation (stock de capital plus élevé que celui correspondant à la solution de règle d'or verte), l'économie peut atteindre la règle d'or verte et, une fois qu'elle l'a atteinte, jouir de façon permanente de l'utilité constante la plus élevée possible ; tout sentier d'utilité convergeant vers l'utilité de règle d'or verte sans tomber en-dessous est solution du problème, en particulier le sentier déterminé par le critère utilitariste non escompté. Le critère du maximin laisse donc indéterminée l'allocation de l'utilité entre les générations proches.
- Si l'état initial est à stock de capital plus faible que celui de la règle d'or verte mais pas trop faible, l'économie ne peut atteindre l'utilité de règle d'or verte. Elle converge alors vers un état stationnaire en lequel l'utilité est plus faible ; cet état stationnaire est un point-selle. Notons qu'avec le critère utilitariste non escompté l'économie converge vers l'utilité de règle d'or verte, au prix du sacrifice des générations les plus proches (le critère du maximin n'admet pas un tel sacrifice).
- Enfin, si l'état initial est à stock de capital très faible, il est impossible de maintenir une utilité constante. Le maximin est soumis à la domination fatale de l'état initial ; le critère utilitariste, escompté ou non, lui est apparemment supérieur, car il permet d'atteindre un état stationnaire à partir de n'importe quelle situation initiale.

Donc, une économie avec pollution comme produit fatal de la production pilotée par un planificateur utilitariste converge vers un état stationnaire unique à partir de n'importe quelles conditions initiales données sur les stocks de capital et de pollution, une condition suffisante d'existence et d'unicité étant que la pollution exerce un effet de dégoût sur la consommation, ou un effet de compensation pas trop fort. Si le planificateur accorde à toutes les générations le même poids (critère de bien-être social utilitariste non escompté), l'état stationnaire est celui de la règle d'or verte, où l'utilité est la plus grande qu'il soit possible de maintenir indéfiniment. Si le critère est escompté en revanche, l'utilité stationnaire est plus faible (pour un nombre infini de générations futures), au bénéfice d'une plus grande utilité pour les générations proches au cours de la transition vers l'état stationnaire. Ceci ne préjuge pas des valeurs comparées de la consommation et de la pollution aux états stationnaires : l'adoption par le planificateur d'un critère non escompté n'entraîne pas toujours une plus faible pollution à long terme. Notons que ces résultats tiennent que le rendement marginal du capital soit décroissant ou constant. Enfin, dans le cas d'un critère de bien-être social utilitariste escompté et d'une fonction d'utilité traduisant un fort effet de compensation, il est possible de montrer l'existence d'un sentier de croissance équilibrée à taux constant, le long duquel les variables économiques et la pollution croissent indéfiniment, si le rendement marginal du capital est constant. Cette croissance est durable si l'on définit la durabilité par la non-décroissance de l'utilité, elle ne l'est pas si la durabilité impose la non-décroissance de la qualité de l'environnement. Ce type de solution ne peut apparaître si le critère de bien-être social est utilitariste non escompté.

L'adoption par le planificateur d'un critère de bien-être social de type maximin a souvent été présentée comme le garant d'une évolution de l'économie compatible avec le principe d'équité intergénérationnelle, et donc d'une croissance durable. On met ici en évidence les limites de ce critère.

B. Le traitement curatif de la pollution

Nous envisageons maintenant le cas dans lequel l'économie peut allouer des ressources au contrôle de la pollution (dépenses de dépollution). Ces ressources servent à dépolluer l'environnement ou, autrement dit, l'activité de contrôle de la pollution est curative et non préventive. Nous envisagerons dans la section 2 l'activité préventive.

Les activités de dépollution interviennent pour traiter les émissions polluantes de la période, afin de limiter les atteintes à l'environnement lors du rejet des polluants dans l'écosystème. Le flux net de pollution déversé dans la nature à chaque période est alors une fonction croissante du stock de capital et décroissante des dépenses de dépollution.

1. Critère utilitariste escompté

Deux cas se présentent, selon la forme du flux net de pollution.

Le cas d'un flux net de pollution linéaire en le stock de capital et les dépenses de dépollution :

On montre alors que dans le cas où le rendement marginal du capital dans la production est décroissant, il existe un unique équilibre stationnaire lorsque la fonction d'utilité exhibe un effet de dégoût de la pollution sur la consommation. Lorsque le rendement marginal du capital est constant en revanche, on ne peut pas avoir d'équilibre stationnaire. Cependant, lorsque la fonction d'utilité est additivement séparable, l'économie peut atteindre un sentier de croissance équilibrée à taux constant le long duquel les variables économiques croissent au même taux. Ce sentier optimal est caractérisé par un flux net de pollution nul à chaque période. Le stock de pollution tend asymptotiquement vers zéro, ce que Michel (1993) qualifie de convergence vers un « paradis écologique ». Enfin, dans les autres cas, soit l'économie s'effondre soit elle décide de ne pas allouer de ressources à la dépollution et de converger vers un équilibre stationnaire identique à celui d'une économie ne disposant pas de possibilités de dépollution.

Le cas d'un flux net de pollution homogène de degré zéro par rapport au stock de capital et aux dépenses de dépollution :

Cette spécification du flux net de pollution est la plus couramment utilisée, car elle est la seule à permettre le maintien du stock de pollution à un niveau stationnaire lorsque l'économie se situe sur un sentier de croissance équilibrée. Il est alors possible de montrer que :

- lorsque la productivité marginale du capital est décroissante, il existe un unique équilibre stationnaire de l'économie si la pollution exerce un effet de dégoût sur la consommation et si la technique de dépollution est suffisamment efficace ;
- lorsque la productivité marginale du capital est constante, il existe un unique équilibre stationnaire si la fonction d'utilité est additivement séparable et si l'élasticité de substitution intertemporelle de la consommation n'est pas unitaire ; a contrario, si la fonction d'utilité n'est pas séparable et que l'élasticité de substitution intertemporelle de la consommation est unitaire, l'économie admet un sentier de croissance le long duquel les variables économiques croissent à taux constant et le stock de pollution est stationnaire. Cette croissance est donc durable.

2. Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté

On distingue de nouveau le cas dans lequel le flux net de pollution est linéaire en ses deux arguments (et ou donc, en particulier, le rendement marginal des dépenses de dépollution est constant) et le cas dans lequel il est homogène de degré zéro.

Le cas linéaire :

Comme dans le problème escompté et sous les mêmes conditions, il est possible de trouver une solution si le rendement marginal du capital est décroissant. En revanche, si le rendement marginal du capital est constant, la seule solution est une solution à dépenses de dépollution nulles, la même que celle du modèle sans dépollution. Aucun « paradis écologique » ne peut être sélectionné comme règle d'or verte.

Le cas homogène de degré 0 :

Si le rendement marginal du capital est décroissant, on peut montrer qu'il existe une solution de règle d'or verte unique dans les mêmes conditions que lorsque le critère est utilitariste escompté. Si le rendement marginal du capital est constant en revanche, l'économie s'effondre.

3. Maximin

Asako montre, dans le cas où le flux net de pollution est linéaire, que le choix adéquat des dépenses de dépollution permet de s'affranchir des conditions initiales, en ce sens qu'à partir de n'importe quel état initial à faible stock de capital il est possible de guider l'économie vers l'état stationnaire correspondant à la règle d'or verte du modèle sans dépenses de dépollution en contrôlant les dépenses de dépollution de façon appropriée. Mais l'autre « défaut » du critère du maximin dans le cas d'une suraccumulation initiale (allocation de l'utilité entre les générations de la transition vers l'état stationnaire indéterminée) persiste.

Nous avons donc montré que cette économie avec pollution comme produit fatal de la production a, quand le planificateur peut engager des ressources pour dépolluer, un comportement qui dépend non seulement du critère de bien-être social adopté par le planificateur, de la forme de la fonction d'utilité et de la nature du rendement marginal du capital, mais aussi, et de façon cruciale, de la forme du flux net de pollution. Quand le critère de bien-être social est utilitariste escompté, l'existence d'un sentier de croissance équilibrée durable, au sens où l'utilité est non décroissante et le stock de pollution constant à long terme, est subordonnée à un rendement marginal constant du capital dans le processus de production et :

- à un flux net de pollution linéaire et une fonction d'utilité séparable ;
- ou à un flux net de pollution homogène de degré zéro et une fonction d'utilité séparable avec une élasticité de substitution intertemporelle de la consommation unitaire ;
- ou à un flux net de pollution homogène de degré zéro et une fonction d'utilité non séparable aux propriétés particulières.

Reste alors à juger du caractère plausible de ces configurations.

Dans les autres cas, l'économie s'effondre ou atteint un état stationnaire avec dépenses de dépollution positives ou nulles. Si le critère de bien-être social est utilitariste non escompté, l'économie peut atteindre un état stationnaire sous les mêmes conditions, et lorsqu'elle l'atteint, l'utilité est celle de la règle d'or verte. C'est également cette utilité que peut soutenir indéfiniment une économie gouvernée par le principe du maximin, à condition de fixer de manière appropriée le sentier des dépenses de dépollution qui permettent de s'affranchir des conditions initiales.

III. Développement durable et investissements publics

L'influence de l'Etat sur les agrégats macro-économique est un élément clé du thème du développement durable. C'est aussi un objet de confrontation entre les principales écoles de pensée. Les thèses défendues par les néoclassiques insistent sur l'inefficacité des dépenses publiques (Friedman) dans l'accroissement de la richesse nationale. Elles s'opposent aux thèses néo-keynésiennes (Tobin, Samuelson) et régulationnistes selon lesquelles l'Etat joue un rôle majeur dans la croissance de l'économie. Dans le cadre de ces enjeux traditionnels entre néoclassiques et néo-keynésiens, la modernité du débat sur le rôle de l'Etat dans la croissance s'est vue réhabilitée notamment depuis l'apport de Romer. Depuis, certains auteurs ont tenté de dépasser le débat traditionnel centré sur le seul effet direct de dépenses publiques sur la richesse nationale en étudiant l'effet indirect qu'elles peuvent engendrer sous forme d'externalité sur le secteur privé.

La question n'est plus de savoir si les dépenses publiques accroissent directement la richesse du pays, mais si elles peuvent fournir au secteur privé les moyens de produire plus, l'Etat n'est pas envisagé comme créateur de richesse à part entière, mais comme puissance incitative à l'accroissement de richesse par le secteur privé. C'est dès lors dans un cadre théorique rénové que s'inscrivent les études récentes sur le sujet. Celles-ci ont accredité l'idée que les dépenses publiques d'infrastructure contribuent aux variations de la productivité des facteurs privés. Les constatations ont d'abord été effectuées sur données américaines : il en ressort en premier lieu que la croissance de l'accumulation du capital public non militaire s'est ralenti depuis la fin des années soixante, et de ce fait apparaît comme un élément explicatif du ralentissement des gains de productivité des années soixante-dix et quatre-vingts. En second lieu, la baisse de la part des dépenses d'investissement public dans le PIB s'ajoute comme élément d'explication au ralentissement des gains de productivité. C'est Aschauer (1989) qui a mis en évidence cette thèse du ralentissement de la croissance, et c'est à la suite de ses travaux, qui datent de la fin des années 80, que de nombreux articles ont été publiés, soit pour reproduire son approche mais avec des données différentes, soit pour critiquer son approche et fournir un cadre théorique plus précis et plus rigoureux, soit enfin pour contredire ses résultats sur données américaines

Ce nouvel éclairage sur l'investissement public remet à l'ordre du jour les travaux sur le taux d'actualisation, c'est à dire la limite inférieure au-dessus de laquelle doit se situer le taux de rendement interne d'un projet pour être sélectionné. Déterminer un taux nécessite au préalable la définition d'un cadre conceptuel qui décrit l'économie que l'on étudie. Dans les points suivants, on examine certains points à prendre en compte dans l'établissement d'un nouveau taux d'actualisation comme l'irréversibilité, les effets d'équilibre général, les mécanismes incitatifs et le bien-être des générations futures. Un contexte économique et institutionnel modifié, de nouveaux objectifs et modes d'intervention adoptés par les pouvoirs publics poussent eux-aussi à l'adaptation de l'actualisation et plus généralement du calcul économique. Toutes les conséquences concernant le taux d'actualisation n'en ont pas encore été tirées. Cette adaptation nécessaire participe de la rénovation du mode de fonctionnement de l'Etat. Elle est indispensable si on souhaite que l'Etat garde une capacité à influencer le long terme.

A. Croissance endogène

Les travaux sur l'actualisation sont maintenant anciens. Dès les années 20, de très importantes contributions ont été faites : Ramsey (1928), Evans (1930). Puis Hotelling (1931). L'utilise dans le cadre des ressources naturelles. Après la seconde guerre mondiale, ce domaine se développe activement avec notamment Massé (1946). A partir des années 60, les méthodes d'optimisation sont employées. Ces approches ont en commun de retenir des modèles complets comme cadre de cohérence du débat sur le taux d'actualisation. Par exemple, Arrow et Kurz (1970) développe les théories de l'investissement public dans un cadre dynamique et en tire les conséquences sur le taux d'actualisation. Les développements ultérieurs ont identifié l'importance du rôle du capital public, en particulier dans une perspective de croissance endogène, des stratégies optimales d'investissement et des générations imbriquées.

Hurlin et Portier (1997) proposent un modèle analytique d'équilibre général en croissance endogène ou exogène, avec investissement public et distorsions fiscales. Il montre que l'effet de la distorsion fiscale sur le niveau du taux d'actualisation des projets publics était a priori non intuitif. Une augmentation de la distorsion fiscale, donc a priori du coût social de l'investissement public conduit à l'équilibre à une hausse de l'investissement public et à une baisse du taux d'actualisation. Cette hausse de l'accumulation publique vient

compenser, en croissance endogène, la baisse de l'accumulation de l'investissement privé consécutif à la hausse des prélèvements et permet donc un relatif maintien de la croissance.

B. Irréversibilité

Un investissement irréversible ressemble à une option financière d'achat, une option donnant à son détenteur le droit d'acheter durant un temps déterminé, à un prix convenu un bien donné. Quand une firme décide d'investir, elle exerce cette option. L'option est morte et l'échange du bien s'effectue. La firme abandonne la possibilité de faire le même investissement ultérieurement, d'attendre de nouvelles informations qui pourraient changer sa perception du monde, donc sa volonté d'investir. Elle ne pourra pas faire marche arrière si la situation devenait négative, (voir Pyndick -1991-, Moclilnikar -1997-). La perte de cette option doit faire partie du calcul du coût d'investissement. En rajoutant une « prime d'irréversibilité » au taux d'actualisation, avec le nouveau taux d'actualisation, on peut respecter la règle investissement classique : « il faut investir quand le coût est inférieur à la valeur actualisée des futurs bénéfices ».

C. Problèmes intergénérationnels et préférence sociale pour le présent

Certains pensent que puisqu'il existe un marché des capitaux parfait, centralisé et permettant de définir, par la confrontation de toutes les demandes d'emprunt et de toutes les offres de prêt (y compris l'autofinancement), un taux d'intérêt unique, on pourrait théoriquement concevoir qu'il y ait égalité entre le taux d'intérêt financier et le taux d'actualisation. (Ceci serait bien sûr renforcé par la mobilité des capitaux). Cependant, on peut concevoir que la préférence pour le présent des individus et celle de la collectivité divergent pour plusieurs raisons :

- L'Etat peut juger que l'individu n'est pas en mesure de ou n'a pas l'information pour exercer ses propres choix intertemporels ; l'idée est que les agents feraient preuve de « myopie » vis-à-vis de leur propre futur.
- Une insuffisance d'épargne pourrait être dû à un phénomène de passager clandestin. Les individus bénéficient de l'effet externe de l'effort d'épargne de leurs contemporains pour assurer le bien-être des générations futures plutôt que d'épargner eux-mêmes. Dans ce cadre l'épargne est vue comme un bien public (que personne ne veut complètement assumer, d'où l'intervention de l'Etat). Voir Marglin (1963) et Sen (1967).
- La collectivité peut enfin affirmer n'avoir pas de préférence entre les générations. En particulier, elle peut vouloir défendre les intérêts des générations futures non représentées face à l'insuffisance d'investissement de la génération actuelle. Voir Nijkamp et Rouwendal (1988).

Les deux derniers points sont différents l'un de l'autre. Le problème de l'épargne comme un bien public s'analyse comme un problème d'externalités intragénérationnelles, dans la mesure où la décision d'épargne d'un agent de l'actuelle génération agit sur le bien être des agents de sa propre génération. L'argument d'altruisme intergénérationnel revient, lui, à conférer à l'Etat un rôle tutélaire vis-à-vis de la génération actuelle, non pour la myopie face à son propre futur, mais parce qu'elle est jugée se comporter « égoïstement » en n'épargnant pas assez pour satisfaire les besoins des générations futures non représentées. C'est donc un problème d'externalités intergénérationnelles engendrées par les décisions de la génération actuelle. Le taux d'actualisation adopté par les pouvoirs publics doit exprimer le degré de préférence de la collectivité entre biens présents et biens futurs. Mais, les taux d'intérêt permettent de déterminer l'importance relative des disponibilités globales d'épargne par rapport aux possibilités d'investissement. Aussi, même s'il est plus aisé de se financer sur le marché des capitaux, il n'est pas certain que le taux d'actualisation soit bien reflété par les taux d'intérêt.

D. Mobilité internationale des capitaux et taux d'actualisation : l'utilisation du taux de rendement du capital privé devient caduque

Certains bouleversements de la société semblent plus particulièrement devoir être pris en compte. Le premier est l'existence d'un marché des capitaux internationaux relativement fluide et permettant de se financer à long terme. Bien plus que la mondialisation des échanges, c'est la mondialisation des capitaux, qui peut changer l'exercice d'actualisation. Presque toutes les études sur le taux d'actualisation sont réalisées implicitement ou explicitement en économie fermée. En économie fermée, le problème clé, est de savoir comment évolue l'investissement privé lorsque l'on augmente les impôts, ou que l'on accroît la dette pour financer des projets publics. Dans ce cadre, l'hypothèse de substitution ou de quasi-substitution prévaut (au moins dans les modèles si ce n'est le cas dans la réalité). Aussi, il n'est pas alors très étonnant de prendre comme taux d'actualisation le rendement du capital privé (auquel se substituerait l'investissement public).

L'existence d'un marché intégré mondial des capitaux change les règles du calcul économique. Les théoriciens du second rang aux Etats-Unis ont particulièrement réfléchi à ce problème. Voir Lind (1990). En économie ouverte avec un haut degré de mobilité du capital, le lien entre épargne et investissement devient ténu. Le lien entre déficit et investissement privé semble s'être relâché aussi. La littérature sur le thème de la mobilité du capital tranche plutôt dans ce sens, Feldstein (1985), Feldstein et Horiaka (1980) et surtout Obstfeld (1986). Aussi, la substitution entre investissement privé et investissement public qui était sous-jacente aux précédents calculs du taux d'actualisation et du coût d'opportunité du capital est beaucoup moins importante. L'utilisation du rendement du capital privé comme taux d'actualisation n'est donc plus cohérente avec le nouveau contexte.

E. Un contexte modifié en terme d'intervention publique

Depuis la dernière définition du taux d'actualisation, des modifications importantes du panorama institutionnel sont apparues. Cependant, l'existence d'un contexte nouveau n'indique pas que l'exercice d'actualisation deviendrait caduc. En particulier, il faudra toujours arbitrer entre différents investissements pour permettre aux pouvoirs publics d'intervenir, pour améliorer la productivité de la dépense publique et pour réorienter en permanence les objectifs de l'action publique.

D'un côté, le champ de l'intervention publique s'est restreint du fait de la privatisation ou de la déréglementation de certains secteurs (France télécom et Air France ainsi n'emploient plus le taux du plan). Dans ces secteurs qui connaissent le retrait de l'intervention directe de l'Etat, on peut se demander si les autorités de tutelles dans leur contrôle quantitatif n'auraient pas intérêt à utiliser un taux recommandé par le Plan. En effet, bien que l'investissement est remplacé par d'autres instruments d'action publique (délégations, enchères, privatisations/tutelles), l'évaluation des effets produits par ces instruments reste nécessaire et peut nécessiter l'emploi d'un taux d'actualisation. D'un autre côté, la réforme de l'Etat est un problème permanent. Des investissements seront mis en place pour permettre l'amélioration de la productivité, la redéfinition des missions. Ils nécessiteront l'utilisation d'un taux d'actualisation. Finalement, la décentralisation a été fortement développée. Il faudrait développer l'utilisation du calcul économique par les services décentralisés. Ensuite, la décentralisation implique l'existence d'enveloppes budgétaires régionales. Un taux trop bas ferait que certaines enveloppes pourraient être dépassées. Faudra-t-il alors des taux régionaux ?

F. Les problèmes d'information et d'incitation

Les problèmes d'incitation naissant d'une asymétrie d'information entre une autorité régulatrice, ou planificatrice, (le principal) et un agent ont largement contribué à renouveler les perspectives et les modèles de référence de l'économie publique. Bien que le taux d'actualisation apparaisse rarement de manière explicite dans cette littérature, on peut à nouveau en distinguer des implications directes ou indirectes. L'approche directe est illustrée par une contribution de Rees (1986). L'agent est le directeur d'une grande entreprise publique dont les résultats dépendent de son effort, de la dotation en capital et d'un aléa de productivité que le gouvernement n'observe pas. Pour amener ce directeur à révéler la valeur vraie du paramètre de productivité, le gouvernement doit lui abandonner une rente en concédant une dotation en capital supérieure à la dotation optimale en information complète. De manière équivalente, l'argument signifie que le gouvernement doit afficher un taux d'actualisation minoré. L'exigence du taux d'actualisation optimal en information complète se

traduirait par une sous déclaration par l'entreprise publique de sa productivité réelle, de manière à justifier la réalisation d'une production plus basse. Malgré la forme spécifique que revêt l'argument, on y reconnaît le message général de l'approche en termes d'incitations et sa capacité à appréhender certains des facteurs pertinents dans le cadre de contrats d'objectifs entre l'état et de grandes entreprises ou établissements publics. Beaucoup moins spécifiques sont par contre des applications indirectes de cette approche, où l'asymétrie d'information n'affectait pas les rendements mêmes de l'investissement public, mais par exemple le marché du crédit privé. Kanemoto (1987), examinant une telle situation, trouve que le taux d'actualisation public doit être égal au rendement moyen des projets privés.

G. L'introduction d'une dimension d'économie politique et d'enjeux stratégiques

La solution consistant à abandonner une rente à l'agent public détenteur d'une information privée relève toujours d'une approche normative du taux d'actualisation. Il convient d'évoquer la perspective radicalement différente d'une approche positive du taux d'actualisation, s'attachant plus à déterminer comment une valeur donnée du taux d'actualisation peut résulter d'un processus politique qu'à en calculer la valeur optimale aux yeux d'un gouvernement bienveillant, incarnation immédiate de l'intérêt général. Il est clair que le montant comme le choix des investissements publics peuvent faire l'objet de préférences hétérogènes et comporter des effets redistributifs, en nature ou en monnaie. Diverses analyses menées en termes d'économie politique proposent des solutions permettant de caractériser les allocations résultant d'un ensemble d'hypothèses données, la plus courante correspondant au modèle de l'électeur médian. Glazer (1989) considère que coexistent trois groupes d'électeurs ayant des préférences différentes sur les projets publics. Il montre qu'une majorité peut parfaitement se prononcer pour un investissement public inefficace, c'est-à-dire comportant un rendement moindre que le taux de préférence temporel et que le taux d'intérêt de marché. Ce résultat paradoxal provient de la déformation de la structure des prix induite par l'investissement public, dont l'effet distributif peut surcompenser, pour les électeurs concernés, l'impact de la perte d'efficacité sociale.

L'analyse positive peut également prendre en considération des enjeux stratégiques. Le problème de cohérence temporelle, traditionnellement évoqué à propos de la taxation du capital (Kydland et Prescott, 1977) se pose en matière d'engagement du gouvernement à développer ou maintenir à l'avenir une infrastructure publique. Dans une perspective décentralisée, où les investissements publics sont un moyen d'attirer une activité sur un territoire, la concurrence des autorités locales les conduira à surinvestir et donc à fixer un taux d'actualisation inférieur au niveau efficace du point de vue fédéral ou d'un programme d'allocation coopératif entre les régions (voir par exemple Taylor, 1992). Comme la dette ou les déficits, l'investissement public est un instrument stratégique dans un jeu politique soumis à l'alternance. Le parti ayant une préférence relative pour les biens publics aura intérêt à engager des projets au-delà de son propre optimum pour contraindre le parti concurrent à les poursuivre en cas d'alternance, d'où un biais stratégique sur le taux d'actualisation affiché. Cette analyse constitue une adaptation de l'argument selon lequel un gouvernement cherche à lier les mains à son successeur qui a des préférences différentes sur la nature des dépenses publiques (Alesina et Tabellini, 1990) ou sur leur montant (Persson et Svensson, 1989).

H. L'économie de l'environnement relance la réflexion sur le taux d'actualisation en prônant parfois des taux faibles

Un taux d'actualisation élevé, fait que les éventuels coûts qui pourraient être induits par un projet dans un futur lointain sont faibles. Même avec un taux d'actualisation faible de l'ordre de 3 %, 1 Franc de coût dans un siècle ne représentent que 5 centimes aujourd'hui. Aussi, l'exigence d'efficacité est très loin d'être satisfaite pour l'usage du patrimoine naturel : par exemple, la destruction de la forêt tropicale rapporte bien peu mais induit de lourds dommages à venir. Markandya et Pearce (1988) ont ainsi proposé des taux d'actualisation très faibles voir nuls, (notamment dans le cadre des économies d'énergie et du réchauffement planétaire). Cependant, un taux d'actualisation faible, rend rentables de nombreux projets, notamment polluants. Aussi, il n'y a pas de lien à attendre entre faible taux d'actualisation et protection de l'environnement. De toute façon, on ne comprend pas très bien pourquoi on diminuerait le taux d'actualisation pour l'ensemble de l'économie du fait de problèmes rencontrés dans quelques secteurs. Pearce (1989) détaille ce point. L'utilisation d'un taux faible ne sauraient être retenues sans un examen beaucoup plus approfondi.

I. On ne peut résoudre tous les problèmes d'optimisation avec l'utilisation du seul taux d'actualisation

Il se peut que les membres de la génération actuelle ne fassent pas preuve d'altruisme vis-à-vis des générations futures. Même en cas de coopération entre ses membres, la génération actuelle investirait relativement peu ; cela tient au fait que les membres des générations futures ne sont pas représentés, ou même ne sont pas nés. La puissance publique peut estimer qu'elle n'a pas à préférer telle ou telle génération, et en conséquence peut juger que le libre jeu du marché entraîne une situation de sous-investissement : c'est l'argument important d'altruisme intergénérationnel. L'Etat juge que l'investissement est insuffisant et prend des mesures pour y remédier. On peut trouver des projets dont le taux de rendement interne du premier projet est faible mais dont la valeur actualisée résiduelle au cours du temps est beaucoup plus faible que d'autre, voire négative. Si l'on souhaite prendre en compte les générations futures, c'est à dire si on cherche à maximiser les valeurs actualisées résiduelles futures, choisir un projet en examinant seulement sa valeur actualisée au moment de la décision ne convient pas.

Il semble donc que lorsque les choix entre générations sont en cause, le prix doit céder à une certaine norme. La prise en considération des générations successives peut ainsi prendre la forme d'un critère imposant un minimum à l'avantage (de manière équivalente, un maximum au coût) obtenu par chacune. Claude Henry (1990) a développé ces idées. Il montre que la combinaison des critères économiques et d'un impératif éthique qu'il appelle le « principe de copropriété » implique un taux d'actualisation très faible. Le principe de copropriété énonce que deux générations successives ont un droit égal à l'existence du milieu naturel ; la première arrivée sur terre ne peut exploiter irréversiblement des ressources naturelles qu'à condition d'assurer aux générations suivantes une compensation spécifique suffisante. Suivant une proposition de Solow (1974), on pourrait aussi retenir le critère de Rawls, en s'efforçant d'améliorer la situation de la génération la plus défavorisée.

Le concept d'altruisme intergénérationnel doit être étudié spécifiquement. Pour les projets à long terme deux méthodes peuvent être envisagées. Soit on emploie un taux d'actualisation faible pour des catégories de projets prédéterminées, soit on choisit un taux normal mais le choix du projet ne se fait pas uniquement sur un critère de valeur actualisée nette. Ces deux méthodes doivent être rendues équivalentes, par le choix d'un critère pertinent.

J. Une première piste à explorer : employer un taux variable

On peut aussi adopter un raisonnement explicitement intergénérationnel et notamment rejeter le schéma d'actualisation à taux constant. De telles approches rompent avec la logique d'actualisation, en particulier à taux constant. Harvey (1994) propose ainsi à la formule habituelle d'un facteur d'actualisation en décroissance géométrique (en temps discret) l'alternative dite d'actualisation proportionnelle où le facteur d'actualisation applicable à l'année t évolue comme $a(t) = b / (b + t)$ où b est une constante positive. Alors que l'actualisation à un taux constant de 10 % affecte un bénéfice -ou un coût- prévu dans 100 ans d'un facteur de 0.07 pour mille, la formule alternative d'actualisation proportionnelle, pour le même taux de 10 % à court terme, affecte un résultat disponible dans un siècle d'un facteur de 0.09. L'auteur montre par ailleurs que l'application d'une telle formule conduit à des choix temporellement cohérents.

K. Une seconde piste à explorer : utiliser un jeu de paramètres

Le rendement net du capital privé ne semble plus être le meilleur indicateur pour actualiser. Si l'on veut effectivement mettre en place une nouvelle méthode d'actualisation dans l'administration, on pourrait avoir une multiplicité de taux, quatre principalement :

- Taux marginaux de substitution intertemporelle des consommateurs ;
- Coût du capital ;
- Rendement du capital ;
- « Taux zéro » pour les programmes environnementaux : ce pourrait être le taux de croissance.

Prendre plusieurs taux remet en cause certains principes traditionnels, à savoir :

- L'idée que l'unicité du taux permet d'éviter une mauvaise utilisation des ressources de la nation.
- La pratique veut que le taux d'actualisation ne soit ni majoré, ni minoré pour tenir compte des caractéristiques de certains projets. C'est par le moyen de primes adéquates que l'on privilégie les investissements susceptibles d'effet d'entraînement et, au contraire, par le moyen de pénalités que l'on prend en considération les nuisances introduites par certains projets.

IV. Développement durable et politique énergétique

La Convention actuelle sur la limitation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, ne sert que l'objectif concernant les changements climatiques. Pour établir une politique de l'énergie, l'ensemble des objectifs doit être pris en compte. Le système énergétique mondial obéit en effet simultanément à plusieurs contraintes que l'on ne peut optimiser que globalement. Il est donc nécessaire de définir un concept de politique énergétique qui prenne en compte les objectifs communs à tous les pays. C'est à dire que l'optimisation doit concerner l'ensemble des facteurs et l'ensemble des pays, y compris les pays en développement.

Toute politique énergétique, nationale ou régionale, semble essentiellement soumise à trois contraintes :

- Préserver l'environnement et la santé de l'homme, lors de la production ou de la consommation locales, de l'énergie.
- Minimiser l'action de l'homme sur les changements climatiques globaux.

Maîtriser les ressources mondiales d'énergie pour permettre le développement légitime de tous les pays, en particulier les pays en développement. On examine chacune des contraintes.

A. Prévention de l'environnement et la santé de l'homme, lors de la production ou de la consommation locales de l'énergie.

La prévention de l'environnement et la santé de l'homme, lors de la production ou de la consommation locale de l'énergie recouvre :

- l'émission de gaz toxiques, tels que, oxyde de carbone ou anhydride sulfureux lors de la combustion à partir de combustibles fossiles. La mortalité importante dans certaines grandes villes de pays industrialisés, due à la prolifération de poêles individuels à charbon a généralement suscité, comme à Londres, des mesures radicales. Mais la contrainte demeure forte dans certaines villes de PED.
- la carburation dans les transports urbains. Les impacts sur la santé semblent globalement croître, ce qui démontre la nécessité d'opérer des changements drastiques de politique, dans tous les pays.

la production d'énergie nucléaire : les risques de contamination en cas d'accident à la production ou au stockage des déchets, sur de très larges territoires plaident pour un renforcement de la recherche et des mesures de précaution, et probablement par une plus grande mise en commun internationale des efforts. Ces efforts supplémentaires ne se justifient évidemment que si l'énergie nucléaire apporte une contribution importante au regard des autres objectifs.

B. Minimiser l'action de l'homme sur les changements climatiques globaux :

Il y a un faisceau d'indices qui confirme l'influence de l'homme sur le climat. Il existe encore beaucoup d'incertitude sur l'ampleur du phénomène et sur ses impacts régionaux mais ceci ne doit pas nous empêcher d'agir car lorsque l'information sera plus précise, il sera trop tard pour réagir parce que nous sommes en présence d'un système à forte inertie (l'écosystème et nos sociétés). Le phénomène des émissions de gaz à effet de serre est cumulatif, ce qui compte c'est la concentration dans l'atmosphère des gaz accumulés sachant que certains comme le gaz carbonique ont une durée de vie très longue (plus d'un siècle).

On peut tirer de ce constat les points suivants :

- Ce péril global susceptible d'affecter le climat de la planète est certes potentiellement immense, mais est mal connu quant à son amplitude, et surtout quant à ses effets régionaux. Face à ce type de risque il convient de se préparer à se défendre graduellement. Le degré de mobilisation s'ajuste au fur et à mesure de l'avancement de la connaissance.
- D'autre part, il faut tenir compte de l'inertie de la réponse, en raison de la longue période de vie de certains gaz à effet de serre. La réponse devra donc être d'autant plus forte, voire brutale, qu'elle sera tardive. Il faudra également prendre des mesures pour pallier les premiers effets du changement climatique que nous ne saurions éviter quoiqu'il arrive.

- A péril global, réponse globale : certes un pays isolément ou même un groupe de pays seraient louables de donner le « bon exemple » en diminuant unilatéralement leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre. Mais de telles initiatives risqueraient d'être vite pénalisantes pour leurs économies. C'est en effet oublier que le libéralisme croissant du commerce international ne s'accommode pas de conditions de production particulières.

D'autre part, si les travaux actuels menés par certains économistes montrent que des mesures drastiques limitant l'émission de gaz à effet de serre, n'étaient pas incompatibles avec une politique de croissance et d'emplois, il est clair que cette stratégie serait tout aussi efficace pour les pays du sud, dans tous les cas, une mobilisation partielle ne permettra jamais une réponse mondiale ad hoc. Les solutions devraient être recherchées au niveau des Nations-Unies.

C. Maîtriser les ressources mondiales d'énergie pour permettre le développement de tous les pays

Paradoxalement, c'est cette troisième contrainte qui est la mieux définie. C'est qu'en effet la croissance forte de la population et donc des besoins en énergie d'un grand nombre de pays nouveaux consommateurs, est à rapprocher de la diminution de nombreux gisements énergétiques fossiles. La pression accentuée sur les ressources énergétique, au cours des prochaines décennies est donc une donnée sûre de la prospective.

Or l'adhésion au concept du développement durable consacre la légitimité de croire de tout pays, et fait obligation de penser à des politiques couplées entre les pays industrialisés et ceux en développement.

1. Mais comment, concrètement, peut-on desserrer la contrainte qui s'exerce sur les ressources énergétiques ?

La maîtrise de l'énergie obéira à trois objectifs :

- Economiser les énergies. Il s'agit d'améliorer l'efficacité énergétique, de tous les processus, de promouvoir les innovations allant dans ce sens, aussi bien techniques qu'organisationnelles (telle que « Demand Side Management »). La grande différence entre les niveaux de consommation d'énergie rapportée à la population, des pays développés en particulier des Etats-Unis, et des pays en développement n'est guère « soutenable ». La réduction des écarts doit être menée sur un plan international, sous l'impulsion des pays développés, tout particulièrement en matière de recherche.
- Promouvoir les énergies renouvelables. Toute nouvelle ressource est évidemment bonne à exploiter, mais l'on sous-estime généralement l'effort de recherche qu'il faut consentir au démarrage d'une nouvelle filière pour la rendre d'une part compétitive, et d'autre part compatible avec les deux autres contraintes (environnement et effet de serre). Les évaluations du potentiel de ces énergies mobilisable dans le monde montrent le formidable gisement existant dans les quatre domaines de l'hydraulique, de la biomasse, du solaire et de l'éolien.
- Améliorer le degré d'indépendance énergétique : la guerre du Golfe prouve que cette politique d'indépendance reste essentielle. On voit bien que pour les produits stratégiques que sont l'alimentation et l'énergie, il est prioritaire de chercher à améliorer le taux d'indépendance, surtout lorsqu'on ne dispose pas de réserves importantes de combustibles fossiles. La politique libérale, qui prévaut actuellement, est fondée sur une très grande fluidité du commerce et du transport de l'énergie, et d'autre part sur un prix mondial des énergies fossiles artificiellement bas. Bien entendu, en cas d'accroc majeur à cette politique, seuls les pays dotés de fortes réserves tireraient leur épingle du jeu.

En outre la recherche d'un meilleur taux d'indépendance énergétique, est pour tout pays une très bonne façon de mobiliser les efforts nationaux pour la maîtrise de l'énergie, et de responsabiliser les acteurs. A contrario, on peut penser que la politique mondiale en matière de « sécurité alimentaire », menée jusqu'à présent, n'a pas toujours permis de responsabiliser certains pays, et de ce fait connaît bien des déboires.

2. La dépendance énergétique de l'Europe

Certains, se reposant sur l'intégration européenne, estiment que le facteur sécurité d'approvisionnement devient moins prioritaire. Or le bilan prospectif énergétique européen est inquiétant. Dans la lettre de février 1997 du

conseil français de l'énergie, Claude Mandil, prédit un fort accroissement de la demande européenne en gaz et en pétrole dans les vingt prochaines années. Avec le déclin de la production d'énergies fossiles, au sein de l'Europe, la dépendance énergétique extérieure passerait de 50% aujourd'hui à près de 70% en 2020.

L'analyse des déséquilibres actuels, production/consommation mondiales d'énergie primaire montre que les pays industrialisés dépendent des importations pour subvenir à leurs besoins, même les Etats-Unis richement pourvus en ressources naturelles mais dont le taux de consommation est très élevé. Ce sont donc des pays en développement qui fournissent aujourd'hui l'excédent, mais la croissance et l'augmentation du niveau de vie de la plupart d'entre eux, réduiront rapidement leur contribution à l'excédent et le Japon et l'Europe occidentale, dépendront essentiellement des ressources du proche orient.

Les tenants d'une politique de l'énergie totalement libérale se fondent sur l'abondance des réserves en hydrocarbures : un siècle pour le pétrole, (mais ceci n'est que le haut d'une fourchette dont le bas se situe à moins de 50 ans), deux siècles pour le gaz, au rythme de consommation actuel, et d'autre part sur la forte baisse du poids de l'énergie dans le PIB mondial : 7% en 1980, 2% aujourd'hui. En fait, il est quasiment impossible de faire des scénarios de prix à long terme, car des réserves de l'ordre du siècle, c'est très peu pour une politique de développement durable et d'autre part personne ne sait à quelle vitesse le développement des pays du sud va se faire, mais en tout cas nous nous sommes engagés à aider à l'accélérer.

Ce qui caractérise aujourd'hui les réserves mondiales de combustibles fossiles, outre leur risque d'épuisement à long terme, ce sont les profondes inégalités dans leur répartition géographique. Globalement estimées à 770Gtep en 1991, elles sont principalement concentrées dans l'ex-URSS (surtout pour le charbon et le gaz), aux Etats-Unis (essentiellement du charbon) et au Proche-Orient (principalement du pétrole et du gaz). Elles sont constituées pour plus des deux tiers par du charbon, le pétrole et le gaz intervenant respectivement pour 18% et 15%. ».

Il paraît essentiel pour le groupe de travail que chaque pays poursuive rigoureusement l'objectif d'indépendance énergétique. En cette matière, la politique française depuis 1974, très volontariste, était axée prioritairement vers le renforcement du taux d'indépendance énergétique national. Pour cela étaient lancés le programme électronucléaire et une politique de maîtrise de l'énergie, à partir de réglementation principalement dans l'habitat, de fiscalité sur les carburants, et dans une moindre mesure dans l'industrie et dans l'habitat, d'incitations diverses à améliorer l'efficacité énergétique, mises en oeuvre par l'Agence française de maîtrise de l'énergie (AFME) aujourd'hui Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Cette politique a renforcé l'indépendance l'énergétique national, malgré la décroissance de nos ressources en combustibles fossiles. En outre, lorsqu'à partir de 1990, le souci de limiter la contribution anthropique à l'effet de serre s'est fait jour, cette politique s'est avérée efficace pour cet objectif également : la France affiche aujourd'hui les plus basses émissions de carbone par habitant de la Communauté Européenne, avec une réduction d'émission de gaz carbonique par habitant de -26% par rapport à une moyenne de -19,3%, sur la période de 1980 à 1990.

La France qui a donc su mettre en oeuvre une politique exemplaire de maîtrise de l'énergie lors de la première crise pétrolière, doit à nouveau se mobiliser dans ce sens. Mais compte tenu du rôle qu'elle souhaite jouer vis-à-vis des pays en développement, les efforts particuliers en matière d'économie d'énergie et de promotion d'énergies renouvelables seront systématiquement orientés à la fois vers les besoins hexagonaux et vers ceux des PED où se situeront les marchés de demain.

ANNEXE

La croissance optimale durable dans une économie avec activités polluantes, quand la pollution est un facteur de production

Dans la partie 2, nous nous sommes limités au cas où les émissions de polluants sont assimilées à un produit fatal de l'activité économique. Ici nous nous intéressons aussi à une économie où les émissions sont un facteur de production substituable.

La croissance exogène

Brock (1977) est le premier à ne plus traiter les émissions de polluants comme un produit fatal de l'activité économique mais comme un facteur de production, *nécessaire* à la production en ce sens qu'aucune production ne peut être réalisée sans « consommation intermédiaire d'environnement ». Le processus productif est alors décrit par une fonction de production à deux facteurs (au moins), le stock de capital et les émissions. Le facteur de production que constituent les émissions peut être payant ou gratuit pour les entreprises, selon la nature du phénomène précis que l'on étudie. Si le coût privé est nul, on voit bien que rien n'incitera les entreprises à limiter spontanément l'émission de déchets, et seule une politique économique environnementale réglementant le montant des émissions autorisées, ou taxant ces dernières, incitera les entreprises à opérer des substitutions factorielles rendant la technique de production moins polluante, si ces substitutions sont possibles.

Les émissions ont cependant un coût social dès lors que la pollution affecte le bien-être des ménages.

L'analogie de ce problème avec celui d'une production nécessitant l'utilisation de ressources naturelles, épuisables ou renouvelables, est très forte. Deux différences essentielles apparaissent : utiliser une ressource induit toujours un coût privé (il faut la payer), alors que dégrader par la pollution la qualité de l'environnement est gratuit en l'absence d'intervention publique, et le stock de ressources est fini, alors que le montant de déchets que l'on peut déverser dans la nature n'est pas limité, sauf si l'on introduit, comme c'est le cas dans certains modèles de ce type, un seuil psychologiquement ou physiologiquement supportable au-delà duquel la pollution a des effets irréversibles et catastrophiques sur l'économie.

- *Critère utilitariste escompté*

La fonction de production de l'économie, dont les inputs sont le stock de capital et les émissions de pollution, vérifie les conditions habituelles d'une fonction de production néoclassique et, en outre, les émissions sont *nécessaires* à la production (si elles sont nulles, la production est nulle).

Tahvonen et Kuuluvainen (1993) montrent que cette économie admet un état stationnaire unique, qui est un point-selle, si la fonction d'utilité exhibe un effet de dégoût. C'est la substituabilité du capital aux émissions qui permet d'atteindre cet état stationnaire, ce qui signifie que l'économie doit être capable de modifier continûment sa technique de production dans un sens plus capitalistique mais moins dommageable pour l'environnement.

- *Règle d'or verte et critère utilitariste non escompté*

Les conditions d'existence et d'unicité de l'état stationnaire sont les mêmes que plus haut. Si ces conditions sont vérifiées, une économie dans laquelle le planificateur adopte un critère de bien-être social utilitariste non escompté converge vers la règle d'or verte, en laquelle l'utilité est plus élevée que l'utilité stationnaire du modèle utilitariste escompté.

- *Maximin*

Cette même économie dans laquelle le planificateur adopte un critère de bien-être social maximin est étudiée par Becker (1982). Il met en évidence l'équivalent dans une économie avec pollution de la règle de Hartwick (1977), établie à l'origine dans le cas d'une économie avec ressource épuisable. Elle s'énonce de la façon suivante : cette économie gouvernée par le critère du maximin se comporte comme une économie dans laquelle il serait décidé d'investir toutes les rentes obtenues grâce à l'utilisation de l'environnement (sa dégradation) en formation de capital manufacturé. Ainsi, le long du sentier maximin, l'économie substitue de façon optimale du capital manufacturé au capital naturel, de sorte que le stock de capital total reste constant en valeur. Une telle économie est durable au sens de Solow (1986), car l'utilité est non décroissante (elle est constante) et le stock de capital total en valeur est non décroissant.

La croissance endogène

Pour qu'une croissance endogène soit possible, il faut modifier la fonction de production pour permettre la constance du rendement marginal du capital total tout en sauvegardant le cadre concurrentiel. On suppose que les dépenses de protection de l'environnement prennent désormais la forme d'investissements dans un secteur de recherche environnementale. Cette activité de recherche permet d'améliorer la productivité de la ressource environnementale, c'est-à-dire de réduire les émissions polluantes pour un niveau de production donné. Les inputs de la fonction de production sont alors d'une part le stock de capital alloué à la production, et d'autre part les services de la ressource environnementale, en d'autres termes les émissions polluantes, augmentés par leur productivité, qui est elle-même fonction du stock de capital alloué à la recherche environnementale.

Seul le cas du critère utilitariste escompté est envisagé ici. En effet, nous avons vu que les autres critères de bien-être social n'étaient pas compatibles avec la poursuite d'une croissance à taux constant à long terme. Les résultats sont alors les suivants :

- si la fonction d'utilité est additivement séparable, il existe un équilibre stationnaire sauf pour certaines configurations particulières des paramètres. En particulier, si le rendement marginal du capital dans l'activité de recherche environnementale est unitaire, l'équilibre stationnaire existe si l'élasticité de substitution intertemporelle de la consommation n'est pas unitaire ;
- si la fonction d'utilité n'est pas séparable, il ne peut jamais y avoir d'équilibre stationnaire.

Le seul cas dans lequel une croissance endogène soit possible est celui où le rendement marginal du capital total est constant, ce qui nécessite un rendement marginal du capital dans l'activité de recherche environnementale unitaire. Alors, l'économie peut atteindre un sentier de croissance durable le long duquel le stock de pollution s'établit à un niveau constant. Le partage du stock de capital entre les deux secteurs est, lui aussi, constant. Dans le cas où la fonction d'utilité est additivement séparable, la croissance durable n'est possible que si l'élasticité de substitution intertemporelle de la consommation est unitaire.

Dans ce cas où les émissions de polluants sont considérées comme un facteur de production, la constance des rendements dans le secteur de la recherche environnementale permet donc la croissance équilibrée durable, tout comme l'homogénéité de degré zéro du flux net de pollution le permettait dans le cas où la pollution est un produit fatal de l'activité économique. A nouveau, la durabilité de la croissance est assurée par des conditions technologiques précises sur les activités de protection de l'environnement.

Bibliographie

- Abord de Chatillon, R. (1993), « La Politique des transports en France », éditions ESKA.
- Alesina Alberto and Guido Tabellini. (1990), « A positive theory of fiscal deficits and government debt », *Review of Economic Studies* (57), pp. 404-41 ;
- Arlette, Guy (1995) « La situation de biocarburants » rapport sur l'industrie pétrolière de Dhyca - Enerprime.
- Arrow, K. et M. Kurz (1970), *Public Investment, the Rate of Return, and Optimal Fiscal Policy*, Hopkins Press, Baltimore, Ma
- Asako, K. (1980), « Economic Growth and Environmental pollution under Maxi-Min Principle », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 7, pp. 157-183, juin.
- Aschauer, D.A., (1989), « Is public expenditure productive », *Journal of Monetary Economics*, 23.
- Balaceanu (1991) Rapport dans le cadre de la Commission « Energie 2010 » pour le X Plan. Mise à jour du chapitre « Carburants de substitution » par le Commissariat général du Plan
- Beaumais O., (1997a), « Les marchés de droit à polluer : quelles retombées macro-économiques et environnementales pour la France et le Royaume Uni ? », *C.O.E. - C.C.I.P. Paris 1997*, n° 39, Juin.
- Beaumais O., (1997b), « Une évaluation des impacts macro-économiques de la création d'un marché de droits à polluer pour la France et le Royaume-uni », document de travail plan.
- Beaumais O., Schubert K. (1994), « Equilibre Général et Environnement : des nouveaux comportements pour le consommateur et le producteur », *Revue Économique* 45-3.
- Bossier, F. et P. Zagame (1993), « Un redéploiement fiscal au Service de l'Emploi en Europe : réduction du coût salarial financée par une taxe CO₂ Energie », *Bureau du Plan Erasme*.
- Bossier, F. et P. Zagame (1997), « Efficience énergétique et nouvelles technologies : les effets macro-économiques pour six pays de l'Union Européenne » (1997), *Bureau du Plan Erasme - Le Progrès Technique pour la compétitivité et l'emploi*, *C.O.E. - C.C.I.P.* n° 39.
- Brock W.A. (1977), « A polluted Golden Age », in *Economics of Natural and Environmental Resources*, Smith V. eds, Gordon and Breach.
- Bureau, D. (1984), *Cohérence entre choix des projets et politique de régulation macro-économique*, Document de travail 84-1 de la Direction de la Prévision, Ministère des Finances.
- Capros P. et Alii (1997a), « Macro Economic Implications of the Kyoto Co₂ Target for the EU », *NTUA*, Oct.
- Capros P. et Alii (1997b), « Using the GEM E₃ model to study the double Dividend » issue *C.O.E. - C.C.I.P.*, *Paris 1997*, n° 39, Juin.
- Chevé M., L. Ragot, K. Schubert (1997), « La croissance optimale durable dans une économie avec activités polluantes », document de travail Erasme-MAD.
- Commissariat Général au Plan (1973), *Calcul Economique et Planification*, Documentation Française, Paris
- Commissariat Général au Plan (1979), *Calcul Economique et Décisions Publiques*, Documentation Française, Paris
- Commissariat Général au Plan (1984), *Calcul Economique et Résorption des déséquilibres*, Documentation Française, Paris
- Criqui P., Kouvaritakis N. (1997), « Les coûts pour le secteur énergétique de la réduction des émissions de CO₂ : une évaluation internationale avec le modèle PÔLES ».
- Evans, G. C., (1930), *Mathematical introduction to economics*, McGraw Hill, NY.
- Faucheux S. (1993), « The role of Energy in Production functions », *International Journal of Global Energy Issues*, 15 (1) : 45-55.
- Faucheux S. et G. Froger (1994), « Le Revenu national soutenable est-il un indicateur de soutenabilité ? », *Revue française d'économie*, 9 (2) : 3 -37.
- Faucheux S., E. Muir et M. O'Connor (1997), « Neoclassical Natural Capital Theory and Weak Indicator for sustainability », à paraître dans *Land Economics*.

- Faucheux S., et J.F. Noël (1995), *L'Economie des Ressources naturelles et de l'Environnement*. Armand Colin, Paris.
- Faucheux S., Martin O'Connor et Sybille Van den Hove (1997). « *EU climate policy : Research support for Kyoto and to beyond, Policy, Research interface Workshop series : a synthesis* »
- Feldstein M. (1985), « International trade, budget deficit, and the interest rate », *Journal of Economic Education*, 16, 189-193.
- Feldstein M. et C. Harioka (1980), « Domestic savings and international capital flows, *Economic Journal*, 90, 314-32
- Fitoussi, J.P. (1996), «Structural and Macroeconomic Policies : Substitutes or Complementaries ?».
- Germain, J.M. et A.T. Mocilnikar (1995), « Un cadre d'analyse permettant l'évaluation de l'effet sur l'emploi des décisions publiques », document interne Direction de la Prévision
- Geroski, P., P. Gregg et J. Van Reenen (1995), « Market Imperfections and Employment », The OECD Jobs Study : Working Papers, No. 5, Paris.
- Gersbach, H. (1996), «Structural Reforms and their Implications for Macroeconomic Policies».
- Glazer Amihai, (1989), « The social discount rate under majority voting », *Public Finance* n° 3 : PP. 384-393
- Gordon, R. (1996), «Macroeconomic Policy in the Presence of Structural Maladjustment».
- Giorno, C., P. Richardson et W. Suyker (1995), « Technical progress, Factor Productivity and Macroeconomic Performance in the Medium Term », OECD Economics Department Working Papers, No. 157, Paris.
- Hall, R.E. (1986), « Market Structure and Macroeconomic Fluctuations », *Brookings Papers on Economic Activity*, No. 2, pp. 285-338.
- Harris, R. (1984), «Applied General Equilibrium Analysis of Small Open Economies with Scale Economies and Imperfect Competition, *American Economic Review*, Vol. 74, No. 5.
- Harrod, R. (1948), *Towards a Dynamic Economy*. MacMillan Press.
- Hénin, P.-Y. (1997), « Note problématique et bibliographique sur le taux d'actualisation », mimeo CEPREMAP.
- Henry, Cl. (1990), « Efficacité économique et impératifs éthiques : l'environnement en copropriété », *Revue économique*, 2, 195-214.
- Hors Michel (1993), « Actions prioritaires pour le développement durable » in *L'économie face à l'écologie*, rapport du Commissariat général du Plan, groupe présidé par Christian Stoffaës - La documentation française
- Hors M.-(1992) « Energie et environnement » Problèmes politiques et sociaux - La documentation française.
- Hors M.-(1993) « Environnement, qualité de vie, croissance » Rapport des ateliers- Commissariat général du Plan.
- Hotelling, H. (1931), « The economics of exhaustible resources », *Journal of Political Economy* 39, 137-75.
- Hourcade, J.-CH., (1996) « International Harmonization of GHG Emission Policies », papier présenté à l'American Economic Association, réunion annuelle à San-Francisco, 5-7 janvier.
- Hourcade, J.-et R. Baron, (1993), *Tradable permits in International Economic Instrument and Climate Change*, Paris, OCDE, p 3-45.
- Hourcade, J.-, N. Ben Chaabane et K. Helioui. (1992). « Systèmes de taxation de l'énergie pour la prévention des risques d'environnement global liés à l'énergie : évaluation des coûts économiques à long terme et enjeux d'équité inter-régionale ». Etude réalisée à la demande du Centre de prospective et d'évaluation, février.
- Hourcade, J.-, K. Helioui et L. Gilotte. (1997) « De quelques paradoxes autour de la fixation d'une taxe internationale sur le carbone », *Revue Economique*, vol. 48, 1509-1528.
- Hourcade, J.-, R. Richels et J. Robinson. (1996). « Estimating the Costs of Mitigating Greenhouses Gases », (chap 8 et 9) dans IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Second Assessment Report, Working Group III*, Cambridge University Press.

- Hurlin, Ch. et F. Portier (1997). « Taux d'actualisation public, distorsion fiscales et croissance : Modélisation et application à l'économie française », mimeo CGP/CEPREMAP
- Kanemoto Yoshitsugu, (1987). « Asymmetric information in the credit market and discount rates for public investment », *Journal of Public Economics*, 34 : pp. 291-30
- Katz, L. (1986), « Efficiency Wage Theories : A Partial Evaluation », NBER Macroeconomics Annual 1986, Vol. 1, pp. 235-276.
- Kydland F. and E.C. Prescott, (1977) « Rules rather than discretion : The inconsistency of optimal plans », *Journal of Political Economy* (85) : pp. 513-54
- Layard, R., S. Nickell et R. Jackman (1991), *Unemployment—Macroeconomic Performance and the Labour Market*, Oxford University Press, Oxford.
- Lesourne, J. (1972), *Le calcul économique : théories et applications*, Dunod, Paris.
- Lind, R.C., (1990), « Reassessing the Government's Discount Rate Policy in light of New Theory and Data in a World Economy with a high degree of Capital mobility », *Journal of Environmental Economics and Management*, 18, S8-S28.
- Little, I. M. D. et J. A. Mirlees (1974), *Project Appraisal and Planning for Developing Countries*, Heinemann, Londres.
- Marglin, S.A. (1963), « The Social rate of discount and the optimal rate of investment », *Quarterly Journal of Economics*.
- Markandya, A. et D. Pearce (1988), « Environmental Considerations and the choice of discount rate in developing countries », Département d'économie, Banque Mondiale. Working paper n° 3.
- Massé, P. (1946), *Les réserves et la régulation de l'avenir*, Herman, Paris.
- McKinsey (1994), *Employment Performance*, McKinsey Global Institute, Washington.
- Michel P. (1993), « Pollution and Growth towards the Ecological Paradise », mimeo, Université de Paris I, avril.
- Michel P. et G. Rotillon (1996), « Desutility of Pollution and endogeneous Growth », *Environmental and resource Economics*, Bocro G. et Silberszton A. eds, Mc Millan, Londre.
- Mocilnikar, A.-T. (1994), « Irréversibilité, Incertain et Quota », miméo Université de Paris IX.
- Mocilnikar, A.-T (1996), « Quelques éléments sur la déréglementation », document interne, Commissariat général du Plan ;
- Mocilnikar, A.-T (1997), « Quelques références et perspectives sur le taux d'actualisation », document interne CGP
- Mocilnikar, A.-T (1997), « Le taux d'actualisation dans un contexte nouveau », document interne CGP .
- Nijkamp, P. et J. Rouwendal (1988), « Intergenerational Discount Rates in Long-Term Plan Evaluation », *Public Finance*, N°2, 195-211.
- Obstfeld, M. (1986), « Capital mobility in the world economy », *Carnegie-Rochester Conference on Service Public Policy*, 24, 55-103.
- OCDE (1994), *L'évaluation de la réforme structurelle : leçons pour l'avenir*, Paris.
- OCDE (1995), « Concurrence, Réglementation, Performances », ECO/CPE/WP1(95)6, Paris.
- OCDE (1996), « Concurrence, Salaires et Productivité », ECO/CPE/WP1(96)1, Paris.
- O'Connor Martin (1997), « Macro économique cost effectiveness and the use of multisectoral dynamic modellity as an environmental valuation tool »
- Pearce, D., A. Markandya et B. Barbier (1989), *Blueprint for a green economy*, Earthscan Publications, Londres.
- Pearce, D., et J. J. Warford (1993), *World Without End : Economics, Environment, and Sustainable Development*, Banque Mondiale, Washington D.C.

- Persson Torsten and Lars Svensson, (1989). « Why a stubborn conservative would run a deficit : Policy with time insoncsistent preferences », *Quarterly Journal of Economics*, pp. 325-345.
- Pindyck, R. (1991), «Irreversibility, Uncertainty, and Investment», *Journal of Economic Literature*, 29, 1110-1152.
- Quirk J. et K. Terasawa (1991). « Choosing a Government dicount rate : an alternative approach », *Journal of Environemental Economics and Management*, 20, 16-28.
- Radanne, Pierre, (1996) « Energie : panorama avant un retour sur le devant de la scène », Rapport de l'INESTENE.
- Ramsey F. (1928), « A mathematical theory of savings », *Economic Journal*, 38, 543-559.
- Rees Ray, (1986), « Incentive compatible discount rates for public investment », *Journal of Public Economics*, 30 : pp. 249-257
- Sandmo (1972), « Discount Rates For Public Investment Under Uncertainty », *International Economic Review*.
- Sen A.K. (1967), « Isolation, assurance and the social rate of dicount », *Quarterly Journal of Economics*.
- Stoffaës, Christian (1994), *L'économie face à l'écologie*, Edition Odile Jacob.
- Solow R., (1974), « Intergenerationnal equity and exhaustible ressources », *Review of Economic Studies*, Special issue : pp. 29-46.
- Stoléru, L. (1969), « Taux d'intérêt et taux d'actualisation », *Economie et Statistique*, 5, 3-12.
- Tahvonen O. et J. Kuuluvainen (1993), « Economic Growth, Pollution, and Renewable Resources », *Journal of Environmental Economics and Managelent*, vol. 24, pp. 101-108, mars.
- Taylor Leon, (1992), « Infrastructural competition among jurisictions », *journal of Public Economics*, 49 : pp. 241-259.
- Valette Pierre et Paul Zagamé (1997), « L'évaluation de politiques de lutte contre l'effet de serre : quelques repères issus de travaux mis en oeuvre par la Direction de la Recherche de la Commission de l'Union Européenne », document de travail, DG XII et Commissariat Général du Plan.

GROUPE «METHODES ECONOMIQUES »

**COMMISSION FRANCAISE
DU
DEVELOPPEMENT DURABLE**

**COMMISSARIAT GENERAL
DU PLAN**

Présidents de Groupe

Abord de Chatillon Renaud
Ingénieur Général des Mines
Vice-Président de la Commission Française de Développement Durable
Conseil général des Mines

Zagamé Paul
Professeur à l'Université de Paris I
Conseiller scientifique
Commissariat général du Plan

Rapporteurs

HORS Michel
Secrétaire de la Commission Française de Développement Durable
Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

MOCILNIKAR Antoine-Tristan
Ingénieur des Mines
Chargé de mission auprès du Commissaire
Cellule de Calcul Economique
Commissariat général du Plan

SCHUBERT K. (Mme)
Ecole centrale des arts et manufactures
Grande voie des vignes

Ont participé aux réunions

ALLAL Samir - Professeur à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires
ARCHIMBAUD Aline - Responsable du groupe de travail « Emploi et Développement Durable » de la CFDD - Réseau de l'économie alternative et solidaire
BARDE Jean-Philippe - Administrateur principal - Section des politiques de l'environnement, Division de l'économie - Direction de l'Environnement, OCDE
BAUDUIN Philippe : EDF
BEAUMAIS Olivier - Conseiller scientifique au SEFI - Commissariat général du Plan
BECKER J.J. - Ministère de l'environnement - Mission Effet de serre
BOURY Michel - ELF Atochem
BRODHAG Christian - Président de la Commission Française de Développement Durable
Caisse des dépôts et consignations
CEVARLET François - IFEN
CHAINES Yves - Institut Français de l'Energie
CRIQUI Patrick - Institut d'économie et de Politique de l'Energie
DAVID Jean - D.G.E.M.P. - Secrétariat d'Etat à l'Industrie
FAUCHEUX Sylvie - Co-directrice du C3ED - Université de Versailles
GABAY Daniel - Directeur de la recherche au CNRS - Groupe Viabilité Contrôle- Université de Paris IX Dauphine
GIRAUD Pierre-Noël - CERNA-Ecole des Mines
GODARD Olivier - CIREN
GUIBERT Bernard - Chef du bureau des Affaires économiques et des Sciences Humaines- DGAD/SRAE
GUILLAUD Yann - Maison des Sciences de l'homme, C R B C
HOURCADE Jean-Charles - Directeur du CIREN
KOSCIUSKO-MORIZET Nathalie - Direction Prévision Ministère de l'économie

LELOURD Philippe - Chargé de mission - Commissariat général du Plan - SEEAT
LEPAS Armand - Directeur des Affaires économiques générales - CNPF
MADET Daniel - EDF
Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
Mme JESTIN-FLEURY Nicole - Chargé de Mission - S.E.E.A.T./ C.G.P.
MOLLON Pierre - EDF
MOREAUX Michel - IDEI - Université de Toulouse
NOËL Jean François - Université d'Angers C3ED
O'CONNOR Martin - Projet manager - C3ED Université de Versailles
PHILIBERT Cédric - Conseiller du directeur général - ADEME
ROTILLON Gilles - Chercheur du MODEM - Université de Paris X
SCHEMBRI Patrick - C3ED
TEMPLÉ Philippe - Ministère de l'Environnement
THEYS Jacques - Responsable du Centre de prospective et de veille scientifique -Ministère du Logement et du
Tourisme -
VALETTE Pierre - Chef de la division DG XII - Commission économique européenne
VAN den HOVE Sybille - C3ED - Université de Versailles
VERNIERE Laurent - Chargé de mission - Etudes techniques et prospectives sur les retraites
VITTE Joachin - C3ED

