

IUFM D'Auvergne

Formation continue

Cours de Mr Diemer Arnaud

ECONOMIE ET ENVIRONNEMENT

PLAN

- I) Les classiques anglais et la reconnaissance des tensions écologiques
 - A) **Le principe de population de Thomas Malthus**
 - B) **La loi des rendements décroissants de Ricardo**

- II) Le temps des ruptures
 - A) **La révolution industrielle : une déclaration de guerre contre la nature**
 - 1) La révolution Carnotienne
 - 2) La conscience des ruptures écologiques
 - a. L'épuisement des ressources naturelles
 - b. Le problème de l'effet de serre
 - c. L'économie destructrice
 - B) **Les tentatives de constitution d'une économie écologique**
 - 1) L'économiste écologique marxiste : Sergueï Podolinsky
 - 2) Les travaux de Patrick Geddes

- III) La théorie néoclassique : la confiance en la régulation par le marché
 - A) **L'économie de l'environnement**
 - 1) Les effets externes
 - 2) L'internalisation des externalités
 - a. les interdictions et demande d'autorisation
 - b. La réglementation
 - c. Les taxes et redevances
 - d. Les permis négociables
 - e. Les systèmes de dépôts-consignes
 - f. Les aides financières
 - 3) La valorisation économique de l'environnement

 - B) **L'économie des ressources naturelles**
 - 1) La règle d'Hotelling
 - 2) Halte à la croissance : le rapport Meadows (1972)
 - a. Le caractère exponentielle de la croissance
 - b. Les limites de la croissance exponentielle
 - c. Les phénomènes de croissance à l'intérieur du système global
 - d. Les conclusions du rapport
 - 3) La déforestation : une illustration de l'épuisement des ressources naturelles

IV) Ecologie et économie : développement durable

A) Aux origines du développement durable

- 1) Les enseignements de l'écologie
 - a. **Un point de vue biophysique sur le système économique**
 - b. **La problématique environnementale et la question du développement durable**
- 2) Des stratégies divergentes pour un développement durable
 - a. **Les défis techniques de l'écologie industrielle**
 - b. **L'écologie politique et l'auto-limitation des besoins**

B) Le développement durable : un nouveau modèle de gouvernance

1. Le développement durable : concilier développement et croissance
 - a. **De la mesure de la croissance et du développement ...**
 - b. **... au concept de développement durable**
 - c. **Un concept qui recouvre cependant de larges dimensions**
2. Le développement durable : un nouveau modèle de gouvernance
 - a. **Un nouveau modèle de gouvernance à l'échelon mondial**
 - b. **Les entreprises au cœur du dispositif**
 - c. **La pression de l'environnement**
3. Du développement durable à l'agriculture durable
4. La gestion forestière durable
 - a. **La certification**
 - b. **Les principales règles**

Introduction¹

Les problèmes d'environnement, en vogue ces dernières années, ne sont pas nouveaux. Ils avaient déjà été soulevés au début des années 70, par le **Rapport Meadows** « *Halte à la croissance* », commandité par le Club de Rome (1972). Ce rapport tirait la sonnette d'alarme face aux périls que faisait encourir à l'humanité, « *le paradigme de la croissance exponentielle* » (Vaaub, 1991).

La croissance d'une économie au taux de 5% (et de surcroît peu économe) ne pouvait que rencontrer rapidement des risques de pénurie de ressources naturelles, notamment par épuisement des réserves d'énergie fossile (pétrole) et autres minerais non renouvelables. Si le monde échappait à cette pénurie, disait le rapport, ce serait quelques décennies plus tard pour mieux mourir asphyxié par les diverses pollutions liées à une industrialisation et à une urbanisation aussi massives et générales que particulièrement négligentes des conséquences néfastes de leurs effluents et autres rejets (Chanel, 1993). Face à ces dangers mortels, les auteurs préconisaient une solution aussi simple que naïve, celle de la *croissance zéro* !

Pourtant dès 1973, le choc pétrolier et la crise de la stagflation des années 1970-1980 ont quelque peu occulté des préoccupations, qui ont réémergé fortement depuis près d'une dizaine d'années. C'est vrai au niveau politique (avec la montée des verts en Europe Occidentale) comme au niveau économique (mise en place de l'éco-taxe européenne, norme environnementale ISO 14000 ou produits labellisés « écologiques »). C'est également vrai au niveau national (création du ministère de l'environnement et du Plan National pour l'Environnement) comme au niveau international (Sommet de Rio de la CNUCED en juin 1992, le protocole de Kyoto en décembre 1997). Enfin, c'est vrai au niveau idéologique (pression des ONG aux Etats-Unis) comme au niveau scientifique (rapports et controverses sur les grands problèmes : pluies acides, réchauffement de la terre, diminution de la couche d'ozone...).

Cette réémergence de la question environnementale n'est d'ailleurs pas une simple réapparition à l'identique. D'abord les problèmes se sont *déplacés* (l'accent est mis sur l'absorption de plus en plus problématique des rejets d'activités économiques plutôt que sur l'épuisement des ressources naturelles), *aggravés* (le réchauffement de la terre menace la survie même de l'espèce humaine, la catastrophe de Tchernobyl a été une date forte de cette prise de conscience de la gravité des problèmes environnementaux), *affinés* (une meilleure connaissance scientifique concernant leur repérage) et *affirmés* (les revendications de sa prise en compte se sont faites de plus en plus fortes sous la pression de leur réalité).

En effet, le diagnostic des experts écologiques est aujourd'hui assuré : il y a surexploitation des **milieux naturels**. Ces derniers renvoient d'abord au substrat physique, chimique et biologique, sur lequel se déroule l'activité des hommes (sol, air, eaux...) qui d'ailleurs, n'est pas forcément inerte, mais sujet à des évolutions plus ou moins longues (érosion du sol) et est intégré dans des cycles complexes (cycle de l'eau, du carbone, de l'azote...). Ils renvoient aussi aux organisations complexes que sont les écosystèmes « *ensemble de relations qu'entretiennent les êtres vivants entre eux et avec les éléments naturels* »². (Aguesse, 1971 ; Ramade, 1989 ; Acot, 1988). Ces écosystèmes peuvent être vierges ou plus fréquemment aménagés par l'homme (champs cultivés).

¹ Voir l'article d'Armand Chanel (1993), De l'émergence de la question environnementale aux recherches en économie de l'environnement, *DEES*, n° 94, décembre, pp. 5-16.

² On parle également de biocénose et de biotope.

Dans une optique économique – celle qui concerne les activités de production, de répartition et de consommation de biens et services afin de satisfaire les besoins et désirs des hommes – on voit le rôle des ressources productives qu peuvent jouer ces milieux naturels. L'homme, par et dans ses activités économiques, va utiliser ces milieux naturels. Dans son activité créatrice de biens (« *goods* ») il va prélever, pour les transformer ensuite, des matières énergétiques, minérales, organiques. Mais en même temps, il produit aussi des déchets (« *bads* ») qu'il recyclera ou qu'il rejettera dans la nature. Bref, par le terme de **ressources naturelles**, on voit que la « *nature travaille pour l'homme* », c'est à dire qu'elle lui fournit gratuitement (sans travail humain), un certain nombre de richesses utilisables soit directement (paysages, lieux de baignade, de promenade...), soit indirectement après une plus ou moins longue transformation par l'homme, sous forme d'énergie, de matière première ou de processus physico-chimique (phénomène de la photosynthèse).

Parmi ces ressources naturelles, on distingue traditionnellement celles qui sont **renouvelables** (et qui comme l'énergie solaire ou les coupes de bois, donnent lieu à des flux toujours disponibles, au moins sous certaines conditions) et **celles qui sont non renouvelables**, c'est à dire dont les stocks sont globalement limités et diminuent au fur et à mesure des flux de prélèvements (énergie fossiles, réserves de minerais, ...). Quoiqu'il en soit, si l'exploitation économique de ces ressources naturelles est fondamentale et avantageuse pour l'homme, elle peut aussi tourner à une surexploitation par des prélèvements excessifs *trop importants* (surexploitation forestière au delà du taux de croissance naturel ou sans replanter ce qui a été prélevé, conduisant alors à une déforestation massive comme en Inde, en Chine ou en Asie du Sud-Est) ou *trop rapides* (dans le cas d'une ressource non renouvelable, cela ne permet pas de ménager un délai suffisant pour une prise de relais par une nouvelle technologie)³.

Dans ces ressources non renouvelables, on peut y adjoindre un prélèvement excessif d'espaces plus ou moins vierges pour les besoins de l'urbanisme, de l'industrie, de l'agriculture ou du tourisme. Ceci détruit alors des sites irremplaçables et diminue alors les stocks d'aménités naturelles pourvoyeuses de bien-être, à valeur d'usage réelle même si la valeur d'échange est problématique à évaluer. Par ailleurs, cela peut perturber la survie et la reproduction d'espèces vivantes (assèchement de zones humides), ce qui **diminue la biodiversité** qui apparaît pourtant comme un élément important du patrimoine naturel, base d'une incapacité d'adaptation à des chocs futurs et donc facteur de pérennité, de durabilité des écosystèmes et des sociétés humaines. Cette surexploitation peut aussi être liée à des rejets trop nombreux par rapport aux capacités d'absorption et de recyclage des milieux naturels et qui deviendront donc des nuisances faute d'être suffisamment recyclés par les grands cycles chimico-bio-géologiques.

Ainsi, cette surexploitation de la nature vient d'une exploitation économique non respectueuse des équilibres et des cycles de reproduction naturels, ce qui provoque des effets en retour négatifs. Si tous ces phénomènes apparaissent hétérogènes, ils ont cependant tous un dénominateur commun : ils posent comme complémentaires l'homme et son milieu de vie et expriment les difficultés de leur relation. L'homme peut, par son activité, gravement perturber le jeu normal des éléments naturels, en subir en retour les conséquences et exprimer cet état pathologique à travers l'émergence d'une question environnementale.

Or cette question environnementale est d'autant plus visible que les problèmes environnementaux sont plus nombreux et mieux connus (tant par la communauté scientifique que du grand public). Dès lors, ils vont aussi interpeller l'économiste. Ce qui a donné lieu à un nouveau champs de ce savoir scientifique : **l'économie de l'environnement et des ressources naturelles**.

³ C'est le phénomène de « *Back stop technology* », bien connu en économie d'énergie.

I. LES CLASSIQUES ANGLAIS ET LA RECONNAISSANCE DES TENSIONS ECOLOGIQUES

Les considérations naturelles et économiques de l'homme au monde ont été amorcées par les physiocrates et les économistes classiques. Leurs analyses de la dynamique de la population et des caractéristiques de l'activité agricole mettent l'accent sur les limites que rencontrera le développement économique.

A. Le principe de population de Thomas Malthus

Malthus s'interroge sur le progrès de l'humanité : est-il sans limite ou bien au contraire, y a-t-il des obstacles à cette marche en avant de la civilisation ? Le principal obstacle au progrès est ce qu'il appelle le principe de population. « *La nature* écrit Malthus (1803, p 68) *a répandu d'une main libérale les germes de la vie dans les deux règnes, mais elle a été économe de place et d'aliments... Les plantes et les animaux suivent leur instinct, sans être arrêtés par la prévoyance des besoins qu'éprouvera leur progéniture. Le défaut de place et de nourriture détruit, dans ces deux règnes, ce qui naît au delà des limites assignées à chaque espèce* ». La conclusion de Malthus est simple (elle inspirera de nombreux naturalistes : Darwin) la lutte pour la vie que se livrent les êtres vivants débouche nécessairement sur un équilibre naturel. Malthus n'hésite pas à transposer cette loi au domaine des sciences humaines. Appliquée à celle-ci, la loi ou principe de population trouve même une expression mathématique précise puisque, selon Malthus, la population humaine tend à s'accroître suivant une progression géométrique tandis que les ressources vivrières à sa disposition ne font que croître selon une progression arithmétique. Dans ces conditions, il est évident qu'intervient une régulation démographique mais celle-ci peut s'effectuer selon deux logiques : la première repose sur le frein destructif qui recouvre toutes les causes qui tendent à abrégé la durée naturelle de la vie humaine (misère, guerres, maladies) ; la seconde repose sur le frein préventif qui constitue la contrainte morale qui prévaut dans le cadre de l'abstinence et la chasteté. Selon Malthus, c'est essentiellement le premier frein qui a joué jusqu'alors. Malthus se montre cependant de plus en plus confiant dans les possibilités d'action du second frein.

B. La loi des rendements décroissants de Ricardo

Reprenant une analogie proposée par Malthus, Ricardo (1817) compare la terre à une série graduée de machines propres à produire du blé et des matières brutes. Chacune de ces machines, présente des facultés impérissables et indestructibles. La nature est éternelle et inépuisable. Cependant, du point de vue de leur fertilité, ces machines apparaissent plus ou moins parfaites, et il est possible de les classer par ordre décroissant de productivité.

Au fur et à mesure de la croissance de la population et de l'augmentation des besoins alimentaires qui s'ensuit, des terres de moins en moins fertiles doivent être mises en culture, des terres qui présentent des coûts de production du blé de plus en plus élevés. On voit donc que si la fertilité originale des terres reste la même, les rendements agricoles sont décroissants. La production de la nourriture apparaît foncièrement différente de la production industrielle. Ricardo est alors convaincu que la production industrielle ne rencontrera aucune limite, ni écologique, ni économique. En revanche, il en va différemment pour la production agricole. Les meilleures terres étant utilisées les premières, selon l'hypothèse de Ricardo, le progrès oblige à la mise en œuvre de terres agricoles de moins en moins performantes. Et c'est dans cette mainmise sur la nature et dans cette mise en culture de la terre que se loge la finitude de la dynamique économique et l'enrichissement des nations.

Se tournant ensuite vers la classe ouvrière, Ricardo s'attaque aux lois des pauvres. Il est d'avis de ne pas prêter assistance à la classe ouvrière car le salaire réel est le principal régulateur de la population et de sa juste limite (Malthus). De fait, ces économistes libéraux considéreront que le travail est une marchandise comme une autre. Son prix, le salaire doit donc être soumis au libre jeu de la concurrence. Ainsi selon Ricardo, il arrivera un temps où le capitalisme se transformera en un état stationnaire, non plus préoccupé par la croissance économique mais par sa reproduction à l'identique. La réflexion des économistes classiques anglais débouche donc un monde du temps infini et le mythe de l'éternité.

II. LE TEMPS DES RUPTURES

Jusqu'au début du XIX^e siècle, l'économie humaine se pense dans les limites et les termes de ceux de la nature et, inversement, l'économie de la nature se conçoit métaphoriquement dans ceux de l'économie des hommes. Cette cohérence est le propre des sociétés largement agricoles, utilisatrices d'énergie froide (hydraulique, éolienne), dépendantes des rythmes et des cycles naturels.

Cette vision de l'état stationnaire et linéaire va être battue en brèche par Darwin avec son paradigme d'une nature en évolution. L'homme appartient alors à une nature qui évolue, à une nature qu'il est susceptible de faire évoluer, à une nature qu'il est même capable de transformer profondément.

A. La révolution industrielle : une déclaration de guerre contre la nature

Après la défaite militaire des troupes napoléoniennes, une grave question agite les esprits patriotes à la recherche des causes de cet échec. Si la France était en 1789, la première puissance européenne, ce n'est plus le cas en 1815. La France est dépassée par l'Angleterre en ce qui concerne le volume de la production et l'avancée technologique. La puissance militaire n'est plus suffisante pour dominer le monde, désormais, il faut disposer d'une puissance économique et industrielle. C'est l'ère de la **révolution industrielle**. L'industrialisme sous l'emprise des Saint-simoniens a pour vocation de procéder au remodelage actif de la terre et de réparer les injustices et les aveuglements des mécanismes naturels. De cette volonté sortiront des projets du canal de Suez, de Panama et même de tunnel et de chemin de fer sous la Manche... Mais la véritable révolution est ailleurs, certains l'ont même baptisée « *révolution carnotienne* ».

1. La révolution Carnotienne

Sadi Carnot constitue la figure de cette révolution technico-scientifique, socio-économique et écologique. Cet ingénieur militaire voit bien que le feu des machines à vapeur prend le relais du feu des canons. Les machines à feu «*paraissent destinées à produire une grande révolution dans le monde civilisé*». La puissance motrice, créatrice du feu est mise au service de la richesse des nations. Cependant, même civilisé, le feu reste destructeur, et en étudiant les machines à feu, **Sadi Carnot donne une première formulation du principe d'entropie, le principe de dissipation de l'énergie, la loi de la mort des systèmes**. Le livre de Carnot constitue un des actes de naissance de la thermodynamique (l'irréversibilité s'installe au cœur de la physique).

La thermodynamique, appelée la puissance motrice du feu, était à l'origine de la science de la chaleur ou la science qui étudiait les rapports entre les phénomènes thermiques et ceux du mouvement. Elle devient ensuite la science de l'énergie.

L'énergie peut prendre différentes formes (nucléaire, rayonnante, chimique, mécanique, électrique) qui correspondent à des états différents d'organisation de la matière. La thermodynamique est fondée sur 4 principes :

- **principe zéro** : principe de transitivité de l'équilibre thermodynamique
- **principe de conservation de l'énergie** : il stipule que la quantité d'énergie dans un système clos est constante. Ce principe exprime les possibilités de conversion et les équivalences entre les différentes formes d'énergie
- **principe de dissipation de l'énergie ou principe d'entropie**. Ce deuxième principe stipule que toute transformation énergétique s'accompagne d'une dégradation de l'énergie. L'énergie n'est jamais détruite mais change de forme. L'énergie se dissipe jusqu'à se transformer en chaleur – qui étant la forme la plus dégradée de l'énergie, ne peut plus subir de transformation – et de vient si diffuse qu'elle ne peut être utilisée par l'homme. Dans ces conditions, s'il est possible de transformer tout le travail en chaleur, il est impossible de transformer tout le travail en chaleur.
- **Principe de la thermodynamique** : impossible de refroidir un corps à la température du 0 absolu en un nombre fini d'étapes.

Mis en première ligne dans cette guerre contre la nature, les ingénieurs économistes seront parmi les premiers à prévoir les répercussions écologiques de la révolution industrielle.

2. La conscience des ruptures écologiques

a. L'épuisement des ressources naturelles

Les sources d'énergie qui approvisionnaient les machines froides se présentent sous forme de flux naturels tels que les courants d'air et d'eau. La source d'énergie fossile qui alimente les machines à feu est un stock, c'est à dire une grandeur finie. Les premiers ingénieurs économistes sont particulièrement conscients de cette finitude et de l'épuisement inéluctable des ressources énergétiques déposées (Stanley Jevons et la question du Charbon).

b. Le problème de l'effet de serre

Les réflexions porteront également sur les répercussions environnementales qui interviendront en aval du processus économique et industriel. Avec les travaux sur les effets de serre de Joseph Fourier (1827) , la thermodynamique acquiert une valeur paradigmatique universelle. La terre vue par Fourier, fait figure de machine thermique proche de celle décrite par Carnot. Ainsi, l'établissement et le progrès des sciences humaines, l'action des forces naturelles peuvent changer notablement et dans de vastes contrées l'état de la surface du sol, la distribution des eaux, et les grands mouvements de l'air. De tels effets sont propres à faire varier dans le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne.

Certes, on aura besoin des travaux du physicien et météorologue François Pouillet pour comprendre les propriétés radiatives des gaz atmosphériques et les mécanismes réellement en jeu dans l'effet de serre. Il faudra attendre le début du XX siècle et les travaux de Svante Arrhenius pour faire définitivement le lien entre développement industriel, consommation d'énergie fossile, augmentation de la concentration atmosphérique de gaz carbonique, effet de serre et changement climatique à l'échelle du globe.

c. L'économie destructrice

La prise de conscience des problèmes environnementaux s'étend alors à une échelle géographique de plus en plus grande. En 1850, constate Richard Grove, le problème de la déforestation est déjà conçu comme un phénomène d'ampleur continentale.

Au début des années 1860, les peurs portant sur une modification climatique artificiellement produite et sur l'extinction des espèces atteignent leur apogée. Les effets irréversibles des activités humaines sur l'environnement sont dénoncées par George Perkins Marsh (1864). Un courant de pensée parti de la géographie allemande avec à sa tête Friedrich Ratzel (1882) en viendra même à développer la **notion d'économie destructrice**. Dans sa célèbre étude sur l'économie des huîtres du Wattenmeer, Karl Mûbius (1877) rend compte de cette économie destructrice en étudiant les interactions entre l'économie humaine et l'économie naturelle dans lesquelles s'insèrent ces coquillages. Il montre que le développement des communications dans certaines régions (les chemins de fer) a permis un élargissement du marché de l'huître qui s'est traduit par un ramassage accru des coquillages s'effectuant à un niveau excédant la capacité de reproduction de la ressource ostréicole. Dans ce cas, la rationalité des agents économiques et le jeu des prix n'ont pas opéré dans le sens d'une bonne gestion de la ressource naturelle. Il devient donc urgent de bâtir une économie écologique.

B. Les tentatives de constitution d'une économie écologique

A partir de 1880, des projets théoriques d'économie écologique s'élaborent.

1. L'économiste écologique marxiste : Sergueï Podolinsky

Pour cerner les problèmes d'insertion des sociétés dans la biosphère, Podolinsky adopte une perspective très large puisqu'il considère la distribution générale de l'énergie dans l'univers. Le soleil est pratiquement l'unique source de toutes les énergies profitables aux hommes. Or, s'il y a une relative constance du flux d'énergie solaire arrivant sur terre, il en va différemment de la quantité de chaleur qui s'y trouve captée et convertie en énergie utile pour les êtres qui y vivent. Deux processus énergétiques sont en effet en compétition sur terre : **celui des producteurs et celui des consommateurs** comme disent les écologistes.

A savoir respectivement, celui des végétaux, seuls capables, grâce à la photosynthèse de transformer de l'énergie solaire en énergie chimique et celui des animaux, dont le métabolisme est incapable d'utiliser directement de l'énergie solaire, et qui ne peuvent que dissiper l'énergie accumulée par les végétaux. L'homme, surtout depuis la révolution industrielle, fait partie de la seconde catégorie : l'exploitation des énergies fossiles apparaît bien comme un déstockage massif et rapide de l'énergie solaire accumulée par les végétaux vivant lors d'ères géologiques reculées. Toutefois, l'homme est un animal particulier, puisque, il est capable d'accroître la quantité et la qualité de la couverture végétale et donc, la quantité d'énergie captée pour la satisfaction de ses besoins. De plus, le superprédateur qu'il est, peut faire disparaître les animaux avec il entre en compétition pour l'acquisition de cette énergie accumulée. **Selon Podolinsky, l'homme modifie profondément son environnement et par là même la loi qui régit le niveau de population.**

Afin de déterminer le rapport qui existe entre la quantité générale d'énergie sur la terre et la population d'hommes pouvant y vivre, Podolinsky calcule la productivité énergétique de l'organisme humain. Il estime que l'homme peut convertir en travail humain 10% de l'énergie qu'il consomme. Cela veut dire que la population humaine peut croître à partir du moment où chaque

kilocalorie dépensée par l'homme permet d'en obtenir plus de dix. Podolinsky va livrer ensuite à une étude comparative de la productivité énergétique moyenne de différents éco et agro-systèmes (pâturage naturel et pâturage ensencé). La première étape consiste à évaluer la production annuelle moyenne en poids de matière sèche pour chacun des systèmes considérés (2500 à 3100 kg de foin). Dans un deuxième temps, il convertit ces chiffres de production en termes énergétiques (chaque kg de cellulose contient 2550 kilocalories on obtient alors 6 375 000 et 7 905 000 kilocalories). Dans une troisième étape qui ne concerne que les agrosystèmes, il reste à comptabiliser l'apport énergétique que représente le travail des hommes et des animaux domestiques (37 450 kilocalories). Au bilan, le pâturage ensencé apparaît plus productif que le pâturage naturel (1 530 000 kilocalories en plus) car chaque kilocalorie dépensée par les hommes permet d'en produire 40. Le travail accroît donc l'accumulation de l'énergie sur terre.

2. Les travaux de Patrick Geddes

Dans le domaine de la biologie, son domaine de prédilection, Patrick Geddes fait l'étude du devenir des communautés humaines d'un point de vue évolutionniste. Afin de mieux connaître les répercussions écologiques de la société industrielle, Patrick Geddes (1884) propose de construire une sorte de tableau économique/écologique d'ensemble qui rappelle la construction de QUESNAY, et qui préfigure les analyses d'input/output de Leontieff (1970) appliquées aux problèmes d'environnement et les procédures de bilans-matières. A l'aide de ce vaste cadre comptable passé en écriture double (économique d'une part, écologique d'autre part), portant sur les secteurs de la production, de la distribution et de la consommation des richesses d'un territoire donné à un moment donné. Geddes entend mettre ainsi en regard le déploiement des activités économiques et la déperdition énergétique et matérielle qu'elles occasionnent.

Malgré leurs efforts, nos deux auteurs ne seront pas écoutés par les chefs de file des grandes écoles de pensée, tant du courant des économistes néoclassiques que du côté des penseurs du socialisme. Sergueï Podolinsky écrit à Karl Marx en 1880 pour lui exposer son projet. Marx demande à Engels un rapport sur les conceptions de cet auteur. Le rejet exprimé dans une lettre en date du 19 septembre 1882 est assez catégorique. De son côté, Patrick Geddes eut un bref échange avec Léon Walras (novembre 1883), sans davantage de succès. Il faut dire que Walras était obnubilé par la mécanique rationnelle, c'est à dire par un modèle et une vision du monde où la réversibilité et les idées d'équilibre et de conservation des énergies tiennent une grande place et ne favorisent pas la prise de conscience des problèmes écologiques.

III. LA THEORIE NEOCLASSIQUE : LA CONFIANCE EN LA REGULATION DU MARCHE

Perçu initialement comme abondant par les économistes, l'environnement est apparu au fil du temps comme une ressource de plus en plus rare. Pour autant, les économistes néoclassiques restaient convaincus qu'il n'existait pas de conflit fondamental entre le développement de la logique économique et le respect de la logique de la Biosphère. L'économie néoclassique, se définissant comme la science de l'affectation des moyens rares à des usages alternatifs, se présentait ainsi comme la mieux placée pour gérer une ressource (environnementale ou non) qui se raréfiait⁴.

⁴ Alors que les classiques comme Malthus et Ricardo intégraient la nature comme un des déterminants de l'activité économique, les néo-classiques de la fin du XIX siècle, en pleine révolution industrielle, vont progressivement abandonner l'étude spécifique du facteur de production « *ressources naturelles* » pour n'en parler qu'à travers le terme générique de capital, sous sa double forme monétaire et physique. Mieux encore, les travaux de Wicksteed, Wicksell et Clark pour répondre à la question sociale, font disparaître le facteur terre des fonctions de production qui n'apparaissent plus alors que comme des combinaisons optimales de travail et capital.

Les auteurs néoclassiques reconnaissent cependant que l'entrée de l'environnement dans ce qu'il considère être la sphère de l'économie se trouvait généralement gênée par le fait que le prix des biens et services environnementaux ne reflétait pas ou mal leur véritable valeur. Or leur théorie est formelle, tant que les agents économiques recevront des signaux prix imparfaits, les mécanismes du marché ne pourront assurer une gestion efficace des ressources naturelles et de l'environnement. **La théorie néoclassique va donc chercher à dégager un ensemble de règles d'allocation des ressources et des services naturels en s'appuyant sur un système de prix de marché.** Ceci va déboucher sur deux problématiques distinctes : l'économie de l'environnement et l'économie des ressources naturelles.

A.L'économie de l'environnement

Les activités habituellement considérées par la théorie économique sont des activités marchandes qui aboutissent à la fixation d'un prix monétaire et à la réalisation d'un échange volontaire. Les relations que les hommes entretiennent avec leur milieu de vie naturelle ne répondent pas à ces caractéristiques.

Certaines transactions économiques d'un agent peuvent affecter les ressources ou l'environnement des autres agents, c'est à dire leur bien être. On dit qu'elles exercent des **effets externes** ou des **externalités** sur les autres agents. La pollution associée aux activités productives ou à la consommation de certains biens en est un bon exemple. Par ailleurs, l'environnement entre dans la catégorie **des biens collectifs** : il est *non appropriable, non exclusif, souvent gratuit, et apporte d'emblée un bien être à la collectivité* (y compris dans le cas où certains individus de la communauté ne le consomment pas). La couche d'ozone, n'est pas produite, n'appartient à personne, et est utile pour tous (sans avoir besoin d'exclure quiconque) même si on ne la consomme pas. Pour autant, l'environnement ne peut être considéré comme un bien collectif pur puisque sa consommation par certains peut détruire le bien ou les qualités qui en faisaient l'attrait. Les règles de gestion et d'allocation des ressources rares habituellement définies par l'économie politique et l'économie du bien être sont ici difficilement applicables.

L'approche néoclassique de l'économie de l'environnement s'est donc donnée pour tâche de découvrir ces règles de gestion adéquates et de remédier à tous ces problèmes de mauvaise allocation des ressources (défaillances du marché). Cette approche qui s'efforce de rétablir les conditions d'un échange marchand, oblige les économistes à repérer ce qu'ils appellent : **effets externes**.

1. Les effets externes

Conformément à la logique microéconomique, le cas d'école généralement choisi par la théorie néoclassique pour mettre en scène les problèmes d'environnement est celui d'une firme A qui utilise un cours d'eau comme vecteur de ses rejets polluants, rendant ainsi impossibles d'autres usages de l'eau pour une entreprise B située en aval de la première (blanchisserie et pisciculture). Ainsi l'activité de production de la firme A a des conséquences dommageables pour l'activité de l'entreprise B (pertes de compétitivité, coûts supplémentaires), et il n'y a pas pour autant versement d'une quelconque compensation financière de la première à la seconde. C'est en raison de ce caractère extérieur à l'échange marchand que ces phénomènes d'interdépendance involontaire entre activités de différents agents économiques, qui ne sont pas couverts par des coûts ni par des revenus, sont appelés **effets externes** ou **externalités**. L'effet externe est révélateur d'une sorte de paradoxe de la concurrence, puisqu'il montre que, dans certaines conditions, si elle est laissée à elle-même, la concurrence peut conduire à mettre à mal, voire à éliminer complètement la concurrence.

Si l'existence d'externalités met en évidence certains effets pervers de la concurrence, il importe donc de définir avec précision les conditions dans lesquelles la concurrence pourra être dite parfaite. **Les effets externes sont ainsi analysés comme des défaillances par rapport au cadre de la concurrence parfaite tel qu'il est défini par la théorie néoclassique.** Par les gains ou les coûts supplémentaires imprévus qu'ils apportent, les effets externes faussent les calculs d'optimisation des agents économiques rationnels et sont sources de mauvaise allocation des ressources limitées dont dispose une économie (ce qui lui empêche d'atteindre un état jugé optimal au sens de PARETO).

Ainsi aux yeux des théoriciens, les problèmes d'environnement n'apparaissent que comme des cas particuliers d'externalités parmi d'autres. Ces effets externes qui concernent l'environnement peuvent être positifs (apiculteur qui profite du champs de son voisin arboriculteur), mais en général on associera plutôt environnement et *effet externe négatif* (fumée d'usine, nuisance des transports, pollution des eaux...).

Parmi l'ensemble des externalités négatives, plusieurs distinctions peuvent être opérées selon leur source ou leur influence sur l'économie. On distingue ainsi les *externalités de consommation*, provoquées par la consommation de certains biens (tabac, bruit, déchets polluants...) et les *externalités de production*, provoquées par l'activité productive des entreprises (émission de gaz polluants comme le soufre, pollution par les nitrates des sols et des cours d'eau,...).

Les *externalités bilatérales* sont celles qui résultent de l'action d'un agent sur le bien être d'un seul autre agent. Les externalités sont cependant le plus souvent causées par l'action de plusieurs agents (pollution atmosphérique) et/ou affectent un grand nombre d'agents. Les externalités bilatérales peuvent être réparties en deux catégories, les *externalités privées ou rivales*, telles que le dommage subi par un agent réduit d'autant celui qui est subi par les autres (le stockage de déchets), et les *externalités publiques ou non rivales*, telles que le montant d'externalité affectant un agent ne diminue pas celui qui est subi par les autres (pollution atmosphérique). Ces dernières ont les mêmes caractéristiques que les biens publics.

Lorsque la source productrice de l'externalité n'est pas identifiable, ce qui est le cas de nombreuses situations de pollution globale, l'externalité est dite *diffuse*. Enfin dans certains cas, un agent qui subit une externalité peut la faire peser sur d'autres agents (les déchets peuvent être transférés d'un pays à l'autre), l'externalité est dite *transférable*.

On peut enfin distinguer les *externalités statiques* des *externalités dynamiques*. Les premières ont un effet réversible sur le bien être des agents et peuvent être traitées par des accords entre agents économiques contemporains, tandis que les secondes ont des effets persistants sur l'économie et ne peuvent être compensées par les mêmes méthodes (émissions de gaz à effet de serre).

2. L'internalisation des effets externes

Un effet externe est source de non-optimalité dans l'allocation optimale des ressources disponibles pour l'économie étant donné qu'il se caractérise par une absence de signal prix susceptible d'être intégré dans les calculs économiques des agents qui en pâtissent ou en profitent.

Considérons une économie constituée d'un consommateur et de deux producteurs. Deux biens sont échangés, le bien A 1 est polluant (soit lors de sa consommation, soit lors de sa production) et le bien 2 n'est pas polluant.

Dans tous les cas, la satisfaction du consommateur dépend positivement de ses consommations c_1 et c_2 ainsi que du niveau d'émissions polluantes e , soit la fonction d'utilité

$U(c_1, c_2, e)$. Les fonctions de coût de production des entreprises vérifient les hypothèses habituelles de coût marginal croissant avec le volume produit :

$$x_i = \frac{\partial^2 C_i}{\partial x_i^2} > 0$$

On suppose ici que la production du bien 1 s'accompagne d'émissions polluantes. Ce phénomène est pris en compte au travers de la fonction de production et de la quantité de pollution émise, notée e .

$$\frac{\partial C_1}{\partial x_1} > 0, \quad \frac{\partial C_1}{\partial e} < 0$$

Les émissions polluantes sont supposées affecter le bien être du consommateur, représenté par la fonction d'utilité suivante :

$$U(c_1, c_2, e) \text{ avec } \frac{\partial U}{\partial c_1} > 0, \quad \frac{\partial U}{\partial c_2} > 0, \quad \frac{\partial U}{\partial e} < 0$$

L'origine du problème posé par le caractère polluant de l'activité de l'entreprise est que celle-ci est incitée à polluer, et non à réduire spontanément sa pollution, puisque toute réduction des émissions augmenterait son coût marginal, à niveau de production donné. En l'absence de toute contrainte, à l'équilibre décentralisé, le choix rationnel de l'entreprise consiste à choisir d'émettre exactement cette quantité de rejets polluants qui lui permet de minimiser son coût de production pour tout niveau de production. Comme pour l'entreprise non polluante, son volume de production x_i^d est alors simplement obtenu par la maximisation de son profit, sous l'hypothèse de concurrence pure et parfaite :

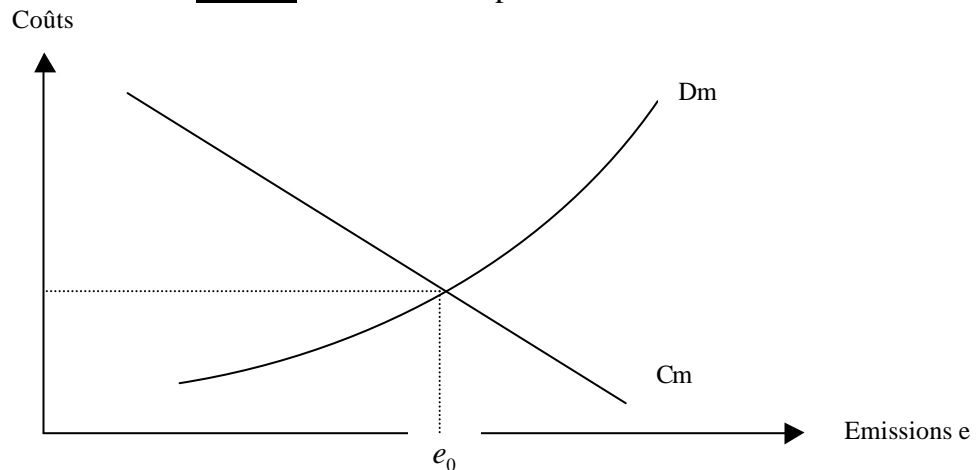
$$\begin{aligned} \text{Max}_{x_1} p_1 x_1 - C_1(x_1, \bar{e}) &\Rightarrow p_1 = \frac{\partial C_1(x_1^d, \bar{e})}{\partial x_1} \\ \text{Max}_{x_2} p_2 x_2 - C_2(x_2) &\Rightarrow p_2 = \frac{\partial C_2(x_2^d)}{\partial x_2} \end{aligned}$$

Les émissions polluantes provoquent alors une nuisance pour le consommateur qui n'est pas prise en compte par le pollueur. Si nous étudions la situation optimale au sens de Pareto, c'est à dire la situation qui permet de maximiser le bien être collectif, cette maximisation revient à celle du surplus agrégé, c'est à dire la différence entre l'utilité du consommateur et les coûts de production, soit :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{x_1, x_2, e} U(c_1, c_2, e) - C_1(x_1, e) - C_2(x_2) \\ \text{sous la contrainte } e \leq x_1 \text{ et } e \leq x_2 \end{aligned}$$

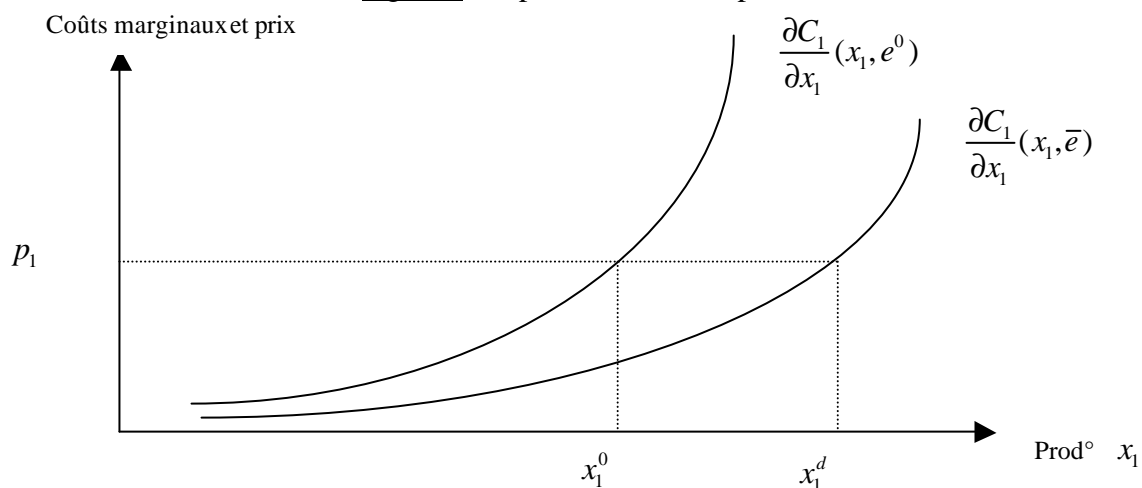
Le système d'équation montre qu'à l'optimum, le niveau de pollution choisi doit être tel que le dommage marginal subi par le consommateur en raison de la pollution ($-\partial U / \partial e$ noté Dm) soit égal au bénéfice marginal de cette pollution pour l'entreprise ($-\partial C_1 / \partial e$). Cette condition est souvent interprétée comme l'égalité entre le bénéfice marginal -social- de la dépollution ($-\partial U / \partial e$) et le coût marginal -privé- de la dépollution ($-\partial C_1 / \partial e$ noté Cm). Le point essentiel est ici que le choix optimal résulte de la comparaison entre coûts et avantages sociaux et non seulement privés comme à l'équilibre décentralisé. Par conséquent, l'entreprise choisit à l'optimum un niveau de pollution e_0 inférieur au niveau maximal de pollution choisi à l'équilibre décentralisé.

Figure 1 : Conditions d'optimalité



Le graphique donne l'interprétation suivante de la condition d'optimalité relative aux émissions polluantes : sur un marché hypothétique de la dépollution, la courbe de dommage marginal représenterait la demande de dépollution des victimes (leur consentement à payer pour atteindre un niveau donné de pollution s'accroît au fur et à mesure de l'augmentation de la pollution) tandis que la courbe de coût marginal de dépollution représenterait l'offre de dépollution des pollueurs (elle est d'autant plus forte que le niveau de pollution est élevé). L'optimum correspondrait alors à l'équilibre de ce pseudo-marché, l'internalisation pouvant être considérée comme un moyen de le concrétiser en permettant à un prix de la dépollution de s'établir (prix fixe dans le cas d'une taxe, prix déterminé dans le cas de permis d'émission) sans que pour autant aucune véritable transaction ne se produise. Les conséquences de cette condition d'optimalité sur les niveaux de production et de consommation sont les suivantes : les règles de décision pour le consommateur et le producteur sont les mêmes qu'à l'équilibre décentralisé, les producteurs décident de produire la quantité de bien qui correspond à l'égalité de leur coût marginal avec le prix, et les consommateurs répartissent leurs demandes de biens de façon à assurer l'égalité entre leur taux marginal de substitution ($\partial U / \partial c_1 / \partial U / \partial c_2$) et le rapport des prix. Mais pour autant l'équilibre ne correspond pas à l'équilibre décentralisé. Le graphique ci-dessous montre que l'entreprise en choisissant à l'optimum un niveau de pollution e_0 inférieur au niveau maximal de pollution choisi à l'équilibre décentralisé \bar{e} , le coût marginal de tout niveau de production est supérieur à l'optimum à ce qu'il était dans les conditions de l'équilibre décentralisé. Par conséquent, pour un prix donné, le niveau de production optimal du bien 1 est inférieur à celui que l'entreprise aurait choisi de façon décentralisée et son profit plus faible.

Figure 2 : Représentation de l'optimum



La conséquence essentielle de l'existence de l'externalité négative apparaît très clairement : le marché concurrentiel échoue à réaliser l'allocation optimale des ressources. En l'absence de régulation, les agents produisent spontanément un niveau de production excessif ainsi qu'une trop forte quantité du bien dont la production donne lieu à des rejets polluants. Afin de répondre au problème des externalités et donc aux défaillances du marché, les économistes de l'environnement ont opposé deux philosophies d'intervention.

La première est l'approche réglementaire ou de type administratif qui a) recouvre toutes les interdictions et demande d'autorisations légales ; b) les normes qu'elles soient de qualité de l'environnement, d'émission d'effluents, de procédés techniques à adopter ou les produits à fabriquer.

La seconde est l'approche économique qui consiste à utiliser les mécanismes du marché en modifiant un prix relatif et en provoquant un transfert financier. Les instruments économiques s'appuient sur les mécanismes du marché pour encourager producteurs et consommateurs à limiter la pollution et à empêcher la dégradation des ressources naturelles. Leur logique est simple : il s'agit d'élever le coût des comportements polluant tout en laissant aux producteurs ou aux consommateurs toute flexibilité pour trouver eux-mêmes les stratégies de contrôle de la production à moindre coût. Les instruments économiques sont généralement classés en quatre catégories : c) régulation par les prix (taxes ou subventions) ; d) régulation par les quantités (permis d'émission négociables) ; e) établissement de règles de responsabilité (système de consignation, dépôts de garantie remboursables, pénalités de non-conformité) ; f) aides financières.

a. Les interdictions et demande d'autorisation légales

Les interdictions et les demandes d'autorisation sont utilisées par l'Autorité publique afin de restreindre l'accès de certains produits au marché dans une optique de protection de l'environnement et de santé publique (fameux **principe de précaution**). Cette philosophie repose en grande partie sur des décrets, des lois ou des directives européennes.

Illustration : les organismes génétiquement modifiés

Dans le cas des OGM, il faut distinguer quatre types de procédures d'autorisation en fonction de l'objectif de la demande : 1° l'utilisation confinée ; 2° la dissémination volontaire à des fins de recherche et de développement ; 3° la dissémination volontaire à des fins de mise sur le marché ; 4° la mise sur le marché de denrées alimentaires ou d'aliments pour animaux génétiquement modifiés. Ainsi, une entreprise qui prévoit de commercialiser un OGM doit au préalable introduire une demande d'autorisation auprès de l'autorité nationale compétente dans l'État membre où le produit doit être commercialisé pour la première fois. Dans ce cas, tous les dossiers de demandes d'autorisation de mise sur le marché d'OGM circulent dans tous les États membres de l'Union européenne. Si l'instruction débute en France, il est transmis à la Commission européenne après avoir été évalué en France. Le gouvernement doit alors indiquer, dans un rapport d'évaluation, si l'OGM peut être mis sur le marché ou si cette mise sur le marché n'est pas souhaitable. S'il rend un avis favorable à la mise sur le marché de l'OGM concerné, l'information est portée à la connaissance des autres États membres par la Commission. En l'absence d'objection de la part des autres États membres, l'autorité qui a réalisé l'évaluation initiale accorde l'autorisation de mise sur le marché du produit, qui peut ensuite être commercialisé dans l'ensemble de l'Union européenne en respectant les conditions éventuelles requises dans l'autorisation. Si des objections sont soulevées et maintenues, une décision doit être prise au niveau communautaire. Au cours de la procédure communautaire d'autorisation, le public est également informé et peut accéder à des données, publiées sur le site Internet de la Commission européenne (<http://gmo.info.jrc.it>), telles que les synthèses des demandes d'autorisations, les rapports d'évaluation des autorités nationales compétentes ou l'avis des comités scientifiques.

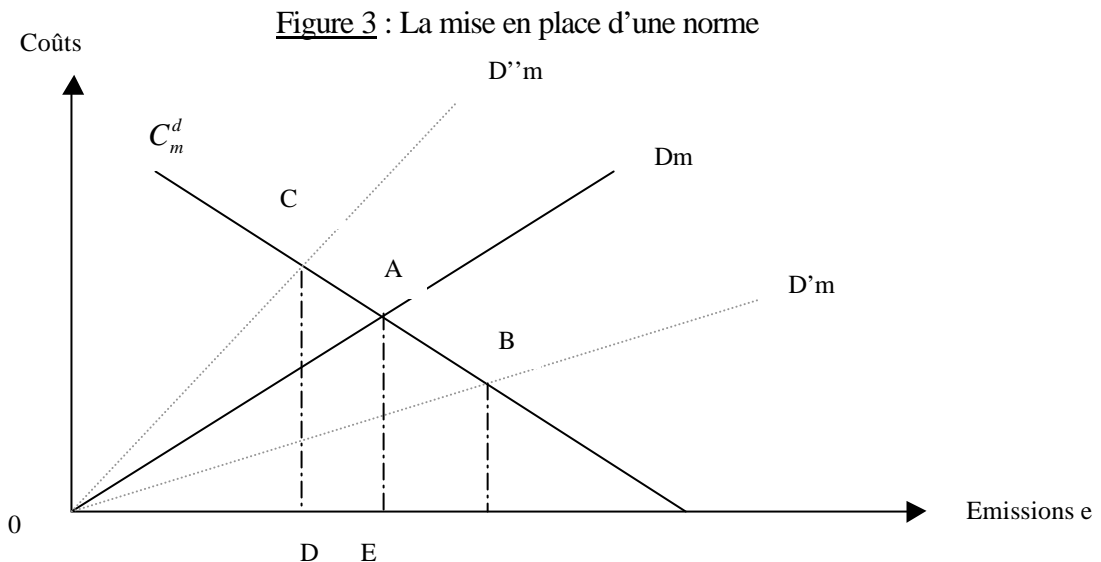
b. La réglementation

Un moyen simple de s'assurer que le niveau optimal de pollution est atteint par les agents consiste à leur imposer des normes, qui peuvent être de différentes natures.

La norme d'émission consiste en un plafond maximal d'émission qui ne doit pas être dépassé sous peine de sanctions administratives, pénales ou financières (émissions de dioxyde de soufre dans l'atmosphère ou le bruit produit par les véhicules à moteur...). Dans la mesure où les agents pollueurs ont économiquement intérêt à polluer (ils subissent un coût de dépollution), la norme assure qu'ils choisiront toujours exactement le niveau maximal de pollution autorisé, ni plus ni moins. Si la norme est correctement spécifiée, l'objectif du planificateur est alors atteint. *Les normes de procédé* imposent aux agents l'usage de certains équipements dépolluants (pots d'échappement catalytiques, stations d'épuration, filtres ...). L'apposition d'une pastille verte sur les véhicules automobiles moins polluants (décret n° 98 - 704 du 17 août 1998) en est un bon exemple.

Les normes de qualité spécifient les caractéristiques souhaitables du milieu récepteur des émissions polluantes (taux de nitrates dans l'eau potable, taux d'émission de dioxyde et monoxyde de carbone des véhicules automobiles). Enfin *les normes de produit* imposent des niveaux donnés limites à certaines caractéristiques des produits (taux de phosphate dans les lessives, teneur en soufre des combustibles, caractère recyclable des emballages...).

Les normes peuvent être choisies selon deux types de critères : environnementaux ou économiques. Dans le premier cas, elles obéissent le plus souvent à des objectifs de protection de la santé et se traduisent alors par la fixation de concentrations ou de doses maximales de polluants tolérables pour la santé. Dans le second cas, la fixation de la norme devrait permettre d'atteindre le niveau de pollution optimale précédemment défini : l'évaluation correcte des autorités des dommages subis par les victimes de la pollution se révèle alors cruciale. Le graphique ci-dessous montre que la fixation d'une norme inappropriée peut faire subir aux victimes un dommage total excessif ou au contraire aux pollueurs un coût total de pollution excessif.



La surface ABO correspond à l'excès de dommage dû à une norme laxiste
 La surface CAED correspond à l'excès de coût de dépollution dû à une norme sévère

Le problème est ici autant un problème d'évaluation qu'un problème d'asymétrie d'information. Les normes de procédé sont en ce sens préférables aux normes d'émissions car il est plus facile de

contrôler l'existence d'un équipement spécifique de dépollution plutôt que de mesurer continuellement les émissions polluantes. L'inconvénient des normes le plus souvent invoqué est leur incapacité, si elles sont fixées à un niveau optimal, à inciter les agents à augmenter leur effort de dépollution.

c. Les taxes et redevances

C'est A.C Pigou (1920) qui a le premier proposé de mettre en place une taxe pour internaliser les externalités négatives. L'économie du bien être, telle que la conçoit Pigou, est une interrogation sur les liens existant entre la recherche de l'intérêt individuel et la recherche de l'intérêt collectif. Du fait de l'interdépendance non compensées entre les agents, Pigou voit que l'utilité collective ne peut être appréciée en faisant la somme des utilités individuelles. **Plus précisément selon Pigou, la présence d'effets externes négatifs pose le problème de la désadéquation entre les coûts privés et le coût collectif** (coût social) des activités économiques. En reprenant l'exemple de la firme A qui utilise l'eau d'une rivière pour y rejeter ses effluents, on voit que celle-ci se conduit comme si elle utilisait un facteur de production sans le payer. Son coût de production (qui est un coût privé), est dès lors inférieur à ce qu'il devrait être et diffère du coût social de son activité, du coût qu'elle inflige à l'ensemble de la collectivité. Une telle situation est contraire à la théorie économique pour laquelle le coût social de l'activité doit être couvert par l'ensemble des dépenses qu'elle engage.

Au delà du problème de la non optimalité des arbitrages des agents économiques qu'ils posent, Pigou souligne que l'existence des effets externes pose aussi un problème de justice sociale puisque certains agents ne sont pas rémunérés en fonction de leur contribution exacte à la richesse collective. **La solution préconisée par Pigou consiste à répondre à ces deux problèmes avec l'aide d'une intervention de l'Etat.**

La taxe pigouvienne : pour que le calcul économique privé de l'entreprise A reflète le véritable coût social de son activité, il faut que celle-ci y comptabilise l'usage de la ressource environnementale. Il faut qu'elle internalise l'effet externe. Cela n'est possible que si on lui envoie un signal prix reflétant la perte de valeur de l'environnement qu'elle inflige à l'ensemble de la collectivité. C'est selon Pigou, l'Etat, qui va jouer ce rôle de donneur de prix en imposant une taxe (dite pigouvienne) au pollueur, égale au dommage social marginal causé par son activité polluante. C'est le principe du pollueur-payeur : l'entreprise polluante est alors correctement informée sur les véritables coûts sociaux de son activité. Avec cette taxe portant sur chaque unité de pollution émise, son coût de production est désormais plus élevé tandis que son profit l'est moins.

On remarquera que cette procédure d'internalisation des externalités ne requiert pas le choix préalable d'un objectif de qualité environnementale. Le niveau de pollution jugé optimal par la collectivité (montant de la taxe qui permet d'atteindre celui-ci) découle d'une analyse coûts-avantages et se trouve déterminé par l'intersection des courbes de coût social marginal et de profit marginal. L'économiste n'a nul besoin de l'expert en matière environnementale, ni de l'écologiste, la rationalité des agents parfaitement informés et l'optimalité de leurs calculs économiques permettent théoriquement de fixer et l'objectif à atteindre en matière de pollution ; et la façon d'atteindre au moindre coût cet objectif. Dans les faits, il faut tenir compte des nombreuses difficultés pratiques de l'analyse coûts –avantages liés à l'imperfection de l'information sur l'identité et les comportements des agents émetteurs et récepteurs de la pollution, sur leurs fonctions de coûts, de dommage social...La procédure d'internalisation pigouvienne n'est donc pas toujours facile à mettre en œuvre.

A la suite des travaux de Pigou, les économistes de l'environnement furent amenés à distinguer plusieurs types de taxes (Barde, Smith, 1997). *Les redevances ou les taxes sur les émissions* frappent directement la quantité ou la qualité des polluants rejetés. On y recourt dans la plupart des pays de l'OCDE mais à des degrés divers, pour faire face à des problèmes

d'environnement, tels que la pollution de l'air (en France, des redevances ont été instaurées sur les émissions d'oxydes de soufre, en Suède, elles visent les émissions d'oxyde d'azote), de l'eau (systèmes de gestion de l'eau en France, en Allemagne, et aux Pays Bas), du bruit (redevances sur le bruit des avions) ou des rejets de déchets (elles ne visent cependant que les déchets industriels).

Les redevances d'utilisation couvrent le coût des services de collecte et de traitement et elles sont souvent utilisées par les collectivités locales pour la collecte et le traitement des déchets solides et des eaux usées. Leur principal objectif est de dégager des recettes. *Les redevances ou les taxes sur les produits* visent les produits polluants au stade de leur fabrication, de leur consommation ou de leur élimination. Ce sont par exemple les taxes sur les engrais, les pesticides et les piles, les principales étant les écotaxes sur l'énergie (taxes sur la teneur en carbone et en soufre des carburants et combustibles). Ces taxes ont pour objet de modifier les prix relatifs des produits ou de financer des systèmes de collecte et de traitement.

d. Les permis négociables

L'internalisation des effets externes nécessite souvent l'intervention publique. Cette intervention peut cependant prendre des formes diverses, certaines se limitant à des fonctions régaliennes classiques, d'autres au contraire s'étendant à une fonction d'action économique plus volontariste. L'absence de marché, pour des biens comme l'air, l'eau,... conduit à une allocation imparfaite des ressources particulièrement des ressources naturelles, mais aussi des facteurs de production polluants. L'une des solutions, pour traiter ce problème, consiste à définir un marché, là où il n'en existe pas a priori, et à laisser jouer les mécanismes de la concurrence pour internaliser les externalités visées. Il suffirait à la base de définir des droits de propriété ou des droits d'usage lorsqu'ils font défaut (biens libres) pour rétablir le bon fonctionnement de l'économie, sans que l'Etat s'implique davantage. La coordination des comportements des agents économiques (ménages, entreprises) est alors assurée soit par la négociation directe, soit par l'émergence d'un signal de prix (un prix de pollution, un prix du permis de pollution...) qui résulte de la confrontation des préférences individuelles et collectives. Il existe donc une filiation entre les modes d'internalisation négociée, telles que R.H Coase (1960) a pu les proposer et ce que l'on appelle aujourd'hui les systèmes de permis d'émission négociables (désignés également sous le terme de marchés de droits à polluer ou marché des droits de pollution).

Reconsidérant l'analyse de Pigou, Coase va contester l'optimalité sociale de la procédure d'internalisation des externalités qui fait appel à un système de taxation et d'intervention de l'Etat. Coase met l'accent sur le caractère réciproque attaché à l'existence de toute pollution : d'un côté, celle-ci gêne l'agent économique qui en est victime, d'un autre côté, la réduction de la pollution nécessite de diminuer le niveau de la production polluante et contraint l'auteur de la pollution. *Cela étant posé, Coase souligne que l'intérêt de l'ensemble des individus doit être pris en compte, et non pas seulement celui des victimes de l'externalité.* Dès lors poursuit Coase, il n'est pas pertinent de s'interroger comme le fait Pigou en termes de différence entre le coût privé et le coût social. Le critère pertinent pour apprécier la solution à apporter à un effet externe réside dans la maximisation de la valeur du produit collectif. De ce point de vue, taxer le pollueur (taxe pigouvienne) causera dans certains cas, une perte collective supérieure au dommage social subi par les victimes de la pollution.

Le théorème de Coase : En l'absence de coûts de transaction (coordination des activités des firmes), Coase montre qu'il y a intérêt économique à ce qu'une négociation s'instaure directement entre pollueurs et victimes jusqu'à ce que survienne une entente spontanée sur le niveau de pollution acceptable. Cette procédure s'ordonnera suivant l'obligation ou non de dédommagement de la pollution, autrement dit, suivant la règle juridique en vigueur qui attribue les droits de propriété sur la ressource considérée. Dans le cas d'une firme A (blanchisserie) polluant une rivière et une firme B (pisciculteur) subissant cette pollution. On aura alors les deux cas suivants :

Si la firme A détient les droits de propriété sur l'usage de la rivière, c'est l'entreprise B qui doit payer A pour que celle-ci consente à réduire ses effluents. B aura intérêt à le faire tant que le coût que constitue pour elle ce paiement sera inférieur au dommage qu'elle subit du fait de la pollution. De son côté A aura intérêt à accepter le paiement de B tant que le bénéfice ainsi perçu sera supérieur aux coûts correspondant à la mise en place d'un procédé de dépollution.

Si B détient les droits de propriété sur la rivière, c'est l'entreprise A qui doit payer B pour pouvoir utiliser celle-ci. Pour ce faire, A doit comparer le coût que ce paiement induit et le coût qu'elle devrait supporter pour mettre en place un procédé de dépollution.

Dans les deux cas, un accord sera trouvé quand les coûts marginaux de réduction de la pollution supportés par le pollueur seront couverts, dans le premier cas, par le consentement marginal à payer de la victime, et dans le second, par son consentement marginal à recevoir.

La théorie des droits de propriété : dans la solution préconisée par Coase, l'attribution des droits de propriété n'importe que dans la mesure où elle est un préalable au démarrage de la négociation entre les deux parties concernées. On peut en effet remarquer que l'on ne peut échanger que ce que l'on possède, que les achats et les ventes effectués ne portent que sur ces droits de propriété. *Cette dernière proposition revient à dire – et c'est le point central de la théorie des droits de propriété – que plus que les biens eux-mêmes, ce sont les droits de propriété portant sur ces biens qui s'échangent.* Dès lors, si les droits de propriété étaient clairement spécifiés et parfaitement exclusifs, tous les avantages et tous les dommages résultant d'une activité concerneraient celui-là seul qui la met en œuvre. Il n'y aurait plus aucun effet externe. Aux yeux des tenants de la théorie des droits de propriété, le problème de la pollution n'est pas un problème de défaillance du marché mais un problème lié au cadre légal sur lequel il s'appuie. Le seul rôle de l'Etat consiste à spécifier correctement ces droits de propriété. Autre implication de cette théorie des droits de propriété, les facteurs de production (capital, travail) doivent être considérés non comme des ressources physiques mais comme des droits d'usage sur ces ressources. Les effets externes peuvent alors être définis comme des autorisations à se nuire, comme des droits de faire quelque chose qui a des effets nuisibles. La logique de la théorie des droits de propriété conduit alors à ce que les externalités, conçues comme des droits d'usage sur les ressources, fassent l'objet d'un échange marchand. John Dales (1968) imagina la création de marchés où s'effectuent l'achat et la vente de permis ou de droits à polluer.

L'existence de coûts de transaction et des institutions. Dans la deuxième partie de son article, Coase souligne que l'absence de coûts de transaction – condition essentielle à l'existence du théorème – est une hypothèse irréaliste. Coase s'est ainsi attaché à montrer que l'utilisation du système des prix par les agents économiques comporte des coûts de transaction tels que les coûts de recherche dans la comparaison des prix, des coûts de négociations, des coûts de rédaction, conclusion et contrôle des contrats... Afin de les éviter, il peut être plus rentable de traiter certaines opérations en dehors du marché. **Ainsi, il faut considérer les organisations (firmes ou institutions) comme un mode de régulation alternatif au marché.** Le choix du mode d'organisation sociale adapté au traitement de la pollution doit se faire en comparant les coûts de transaction, coûts d'organisation interne des firmes et des mesures gouvernementales. 4 situations sont possibles :

- Si les coûts de transaction sont inférieurs aux coûts d'organisation interne des firmes et de l'administration, il faut laisser faire le marché. Les externalités disparaîtront.
- Si les coûts d'organisation internes des firmes sont inférieurs aux coûts de transaction, l'internalisation des effets externes se fera alors par une réorganisation des firmes sous la forme d'une absorption ou d'une fusion.

- Si les coûts d'organisation de l'administration sont inférieurs aux coûts d'organisation interne des firmes, il faudra que l'Etat intervienne sous forme réglementaire.
- Si aucune augmentation du produit social ne peut être attendue par une modification des conditions de production, quel que soit le niveau d'intervention considéré, la solution consiste à ne pas intervenir⁵.

Les travaux de Coase ont été réutilisés dans les années 80 afin de mettre en place un système de permis d'émission négociables. Les permis négociables offrent aux pollueurs une souplesse accrue pour répartir leurs efforts de lutte contre la pollution entre différentes sources, tout en permettant aux pouvoirs publics de maintenir un plafond fixe d'émissions polluantes. L'augmentation des émissions d'une source doit être compensée par la réduction d'une quantité au moins équivalente d'émissions provenant d'autres sources. Si par exemple, un plafond réglementaire de pollution est fixé pour une zone donnée, une entreprise polluante ne peut s'y installer ou y étendre son activité qu'à condition de ne pas accroître la charge de pollution totale. Il faut donc que l'entreprise achète des droits à polluer ou permis à polluer à d'autres entreprises situées dans la même zone réglementée, celles-ci étant alors tenues de réduire leurs émissions dans des proportions équivalentes (c'est ce que l'on appelle aussi les échanges de droits d'émissions). Cette stratégie a un double objectif : d'une part, mettre en œuvre des solutions peu coûteuses (en encourageant les entreprises, pour lesquelles la réduction des émissions serait très coûteuse, à acheter des droits de polluer à d'autres entreprises pour lesquelles la réduction le serait moins) ; d'autre part, concilier développement économique et protection de l'environnement en permettant à de nouvelles activités de s'implanter dans une zone réglementée sans accroître la quantité totale d'émissions dans cette zone.

Illustration : Le protocole de Kyoto et les marchés des gaz à effet de serre

Cinq ans après avoir accueilli dans l'ancienne capitale nipponne un sommet sur l'environnement, le gouvernement japonais a décidé, en avril 2002, de se lancer officiellement dans le processus de ratification du protocole de Kyoto. Rappelons que pour devenir force de loi, le protocole de Kyoto doit en effet être accepté par au moins 55 pays (Les Etats-Unis s'y sont toujours soustraits) et les pays industrialisés signataires doivent représenter au moins 55% des émissions des pays développés. La signature du Japon était donc primordiale. Le protocole de Kyoto prévoit que d'ici 2008-2012, le Japon devra rejeter dans l'atmosphère 6% de moins d'émissions contribuant à la destruction de la couche d'ozone qu'en 1990. Le protocole de Kyoto a débouché sur la création de marchés de gaz à effet de serre :

- Le gaz carbonique (CO₂), le plus important des gaz dont les rejets réchauffent l'atmosphère, est devenu le 2 avril 2002, à Londres, un titre de Bourse. L'échange sur ce nouveau marché s'effectue sur des quotas de réduction d'émissions de CO₂ et de cinq autres gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote, polyfluorocarbones, hydrofluorocarbures, hexafluorure de soufre) visés par le protocole de Kyoto. Les principaux opérateurs sont des entreprises britanniques très polluantes qui doivent diminuer leurs émissions pour permettre à Londres de respecter cet accord international de lutte contre le changement climatique. On trouve également des sociétés étrangères ayant leurs activités dans d'autres pays engagés par Kyoto, ainsi que des ONG ou des particuliers.

- Durant l'année 2003, il a été procédé au lancement du Chicago Climate Exchange (CCX). Cette solution devrait aider les sociétés associées à respecter leurs engagements qui visent à réduire de 4% d'ici 2006 leurs émissions, notamment celles de CO₂. L'initiative regroupe, parmi ses membres fondateurs, la ville de Chicago, des universités et 22 entreprises internationales dont America Electric Power, Bayer, BP America, Dupont, Ford, Stora Enzo ... Ensemble, les membres du CCX représentent eux seuls l'équivalent de 50% de la totalité des émissions faites en Grande-Bretagne, et 30% de celles de l'Allemagne. La cotisation varie de 1000 à 10 000 \$ suivant le degré de pollution émis par la société. La création de ce marché ouvert aux six gaz nocifs va donc permettre aux entreprises d'acheter ou de vendre des droits à polluer afin d'ajuster leurs activités à leur stratégie ou à leurs moyens. Pour la première séance de négoce, 125 000 tonnes ont été mises aux enchères. Ce système devrait favoriser les sociétés qui ont réduit leurs émissions à effet de serre puisqu'elles pourront céder à bon prix leurs droits à polluer non utilisés. Les quotas des membres ont été calculés en tonnes à partir d'un niveau d'émissions de référence moyen calculé sur la période 1998-2001.

⁵ On voit donc que le théorème de Coase se limite aux deux premiers cas.

Extrait du règlement créant le CCX

« Il est de plus en plus admis que le système de négoce d'émissions est la méthode la moins onéreuse pour gérer les risques environnementaux. Ce n'est pas simplement un concept théoriquement attirant...

(...)

Le négoce d'émissions induit la pénurie en établissant des limites au volume total, en fixant des contraintes aux firmes et en autorisant celles qui peuvent réduire leurs émissions à le faire plus encore...

(...)

Ce marché en tant qu'instrument de propriété de droit à émettre est une aide efficace à l'utilisation de ressources limitées (l'environnement) et assure un prix auquel la compagnie valorise l'environnement ».

e. Les systèmes de consignation

Ces systèmes sont largement appliqués dans les pays de l'OCDE, en particulier pour les récipients de boissons. Une certaine somme d'argent (une consignation) est versée lors de l'achat d'un produit contenu dans un certain type d'emballage. Elle est remboursée lorsque l'emballage est rapporté au détaillant ou à un centre de traitement.

f. Les aides financières et les subventions

Les aides financières constituent également un instrument économique important qui est utilisé dans de nombreux pays de l'OCDE quoique dans des proportions limitées. Parmi les principales formes d'aides figurent les subventions, les prêts à taux réduits et les amortissements accélérés.

Plusieurs études ont simulé les incidences des politiques utilisant des instruments économiques pour la réduction de la pollution de l'air dans différentes régions des Etats-Unis. Un examen des résultats de 11 d'entre elles a révélé qu'en moyenne, le coût de réalisation d'un objectif environnemental donné est six fois plus élevé si l'on utilise des instruments de minimisation des coûts tels que les taxes sur les émissions et les permis négociables (Tietenberg, 1990). Par conséquent les instruments économiques devraient apporter des réductions considérables de coût. Seul bémol de ces études, les simulations n'apportent pas la preuve que ces avantages sont réellement obtenus (peu d'études ex-post ont été réalisées jusqu'ici). Jean-Philippe Barde (1997) impute cette absence d'évaluations à des raisons particulières : 1° Tout d'abord dans la plupart des cas, ces instruments sont conjugués à d'autres mesures telles que les normes, des accords volontaires, ou des campagnes d'information et de sensibilisation. Faire la part de leurs apports respectifs est une tâche délicate, voire impossible ; 2° Ensuite, les données nécessaires pour mener à bien une évaluation de l'efficacité des instruments font souvent défaut, pour la simple raison que ceux-ci sont fréquemment mis en œuvre sans prévaloir la collecte d'informations ; 3° Enfin, nombre de ces instruments ayant été introduits assez récemment, leurs effets ne se sont pas faits encore pleinement sentir.

3. La valorisation économique de l'environnement

Nous avons souligné précédemment que la détermination de la politique optimale de l'environnement nécessitait de pouvoir chiffrer monétairement les coûts et les dommages associés à cette externalité. La recherche de l'optimum est une tâche difficile, et la pratique consiste à adopter des objectifs plus modestes qui nécessitent néanmoins de telles estimations monétaires. Protéger l'environnement, fixer le montant de la réparation des dommages, déterminer le niveau d'une norme, d'une taxe ou d'un quota de permis d'émission supposent d'avoir au préalable chiffré des dommages. C'est le principe de l'analyse coûts-avantages.

Or le problème essentiel rencontré dans l'analyse coûts-avantages réside dans la difficulté qu'il y a à évaluer des valeurs par définition non observables, non exprimées du fait de l'inexistence de droits de propriété définis et de l'absence de marché sur lequel s'échangeraient les services des actifs naturels. Pour évaluer des dommages environnementaux, faut-il évaluer le coût de remise en état du milieu (principe pollueur-payeur), le coût d'évitement du dégât (prévention, mise en conformité) ou la perte de surplus des consommateurs (coût des dommages) ? Dans ce dernier cas, il s'agit d'évaluer la valeur subjective (l'utilité) qu'un individu retire d'une modification particulière de son environnement. C'est l'optique qui est le plus souvent adoptée parce qu'elle permet de négliger à priori aucune des composantes de la valeur accordée par l'ensemble de la société aux dommages. Comme cela a déjà été dit précédemment, les actifs environnementaux ou les services proposés par ces actifs n'ont pas de valeur affichée, résultant de transactions économiques. Pourtant ces actifs ont une valeur, de nature hétérogène et difficile à mesurer (Cléroux, Motte, Salles, 1996). Depuis la publication de l'ouvrage de Pearce et Turner (1990), la notion de «*valeur économique totale*» s'est largement répandue. Elle propose de regrouper, pour un actif dans une situation définie, ses valeurs d'usage réel, direct et indirect, potentiel et de non usage.

Pour illustrer les différents types de valeurs, nous reprendrons l'exemple des forêts de K. Kristöm (2001). Une forêt est tout d'abord un actif dont l'exploitation fournit des produits pour lesquels existent des marchés. Parmi les produits classiques, on peut citer le bois de construction, le bois de chauffage, la pâte à papier, le caoutchouc naturel. D'autres produits moins classiques confèrent une valeur supplémentaire à la forêt : ce sont les produits médicinaux qui en sont tirés, comme la quinine, l'acide salicylique extrait des feuilles et de l'écorce de saule, ou les alcaloïdes anticancéreux utilisés dans le traitement des leucémies infantiles qui sont extraits d'une pervenche rose de Madagascar. En raison de ces utilisations possibles, la forêt a ainsi une valeur d'usage. Comme beaucoup d'autres actifs environnementaux, sa valeur d'usage est augmentée du fait qu'elle offre également des possibilités d'usages récréatifs, comme la promenade, la chasse, la pêche.

- La théorie néoclassique considère qu'une chose n'a de la valeur que par l'utilité qu'elle a aux yeux de celui qui l'examine.

Vouloir apprécier la valeur économique totale de l'environnement oblige donc à cerner toute l'utilité, c'est à dire, tous les avantages qu'il peut offrir aux agents économiques. **Parmi ceux-ci les auteurs néoclassiques distinguent les avantages attachés à l'usage de l'environnement et les avantages intrinsèques.**

Les premiers mesurés par la valeur d'usage totale sont constitués des bénéfices procurés par la consommation (pêche, chasse) et la non consommation (observation de la faune et de la flore) de l'environnement. Cette valeur d'usage prise en compte par l'individu peut l'être pour lui même, pour l'usage des autres individus qui composent la société ou pour celui des générations à venir. **On parlera dans les deux derniers cas de valeur altruiste ou de valeur de legs.** A cette première composante, il faut ajouter les composantes liées aux caractéristiques d'incertitude et d'irréversibilité que revêtent les décisions en matière d'environnement.

La valeur attribuée au milieu naturel représente les avantages intrinsèques. On reconnaît là que la faune et la flore peuvent avoir une valeur en soi, ce que John Krutilla (1967) appellera la valeur d'existence. Un tel concept laisse entrevoir un point de rencontre entre les économistes et les écologistes puisqu'il touche à la dimension éthique de l'environnement. Claude Henry (1990) propose ainsi d'adjoindre aux critères d'efficacité économique un principe de copropriété de l'environnement reconnaissant l'égalité du droit des générations présentes et futures à l'existence du milieu naturel.

- *Plus une chose est utile, plus elle a de valeur aux yeux de l'économiste néoclassique. Mais l'utilité des choses est liée à la quantité de celles-ci dont on peut disposer. Plus un bien est rare, plus on peut supposer qu'il apportera d'utilité à un individu et plus celui-ci consentira à payer plus cher pour l'acquérir.*

Si les quantités disponibles de ce bien augmentent, l'utilité apportée par chaque nouvelle unité de ce bien sera moins importante (utilité marginale décroissante) et notre individu sera à dépenser moins d'argent pour acquérir ce bien devenu courant. Ce consentement à payer pour acquérir des biens et des services donne ainsi un indicateur monétaire des préférences des agents et une mesure économique du bien être des individus.

Mais si les hypothèses de concurrence parfaite sont respectées, le prix du bien considéré est le même pour tous. Parmi tous les acheteurs, il est cependant probable que certains étaient prêts à payer beaucoup plus cher que le prix qu'ils ont effectivement acquittés. Ceux-là retirent de cet échange un plus grand avantage que celui indiqué par la somme d'argent qu'ils ont consenti à verser. Cette différence entre le prix susceptible d'être payé et le prix effectivement payé, est appelée surplus du consommateur. Le bien être total qu'une communauté retire de la consommation d'un bien ou d'un service est donc constitué par le montant de la dépense à laquelle elle a consenti pour acquérir ce bien ou jouir de ce service auquel il faut ajouter le surplus de l'ensemble des individus.

Le problème de l'évaluation économique de l'environnement oblige ainsi à évaluer concrètement les variations de ce surplus. Les techniques d'évaluation économique, qui visent à obliger les individus à révéler leurs préférences peuvent être classées en deux groupes : les procédures d'évaluations directes et indirectes.

→ **Les méthodes d'évaluation directes** consistent à trouver un marché de substitution, à savoir une dépense consentie par les agents économiques qui est censée être l'expression de leurs comportements rationnels et de la valeur qu'ils attribuent à l'environnement. *La méthode des coûts de transport* fût suggérée par Hotelling (1947). La demande des ménages en matière de qualité environnementale est appréhendée par le biais de leurs dépenses de transport engagées pour bénéficier des qualités récréatives (chasse, pêche, baignade, promenade...) de certains sites. *La méthode des prix implicites ou hédonistes* part du principe que le prix de certains biens ne reflète pas seulement l'utilité attachée à leurs caractéristiques matérielles intrinsèques mais tient aussi compte de leurs qualités environnementales. Ridker et Hennings (1967) considèrent le marché de l'immobilier comme un marché de substitution pour certaines pollutions atmosphériques ou sonores. Depuis les travaux de Rosen (1974), d'autres études ont porté sur le marché du travail. Elles postulent que les salaires en termes réels varient également en fonction de caractéristiques des lieux de travail et de résidence. *La mesure des dépenses effectuées par les ménages* pour se protéger contre certaines nuisances (travaux d'isolation) apparaît également comme une expression de leur consentement à payer pour un environnement de meilleure qualité. *La méthode des évaluations contingentes* tente de créer un marché expérimental afin de procéder à une évaluation directe des préférences des individus au moyen d'un questionnaire. Il s'agira alors de mettre l'agent concerné dans une situation hypothétique la plus concrète possible en termes de paiement (impôt) et de perception du dommage (bande sonore...) et de lui poser directement une question du type : combien êtes-vous prêt à payer pour éviter tel dommage à l'environnement ?

→ **Les méthodes d'évaluation indirecte** sont généralement employées lorsqu'il y a des raisons de penser que les individus concernés ne sont pas conscients des effets qu'entraîne la pollution. Il s'agit d'étudier les relations physiques entre des doses de pollution et des effets dommageables pour la santé, les écosystèmes... On s'efforcera ainsi d'évaluer le nombre de décès imputables à la pollution atmosphérique.

Illustration : la comptabilité environnementale

Le Sommet de Johannesburg a été l'occasion de rappeler l'importance de l'enjeu environnemental pour les entreprises. Celles-ci doivent en effet rendre compte des effets de leur production sur l'environnement naturel. Les informations concernant l'environnement sont fournies par la comptabilité environnementale privée et par la comptabilité nationale environnementale.

Par comptabilité environnementale privée, il faut entendre un système d'informations efficient sur le degré de raréfaction des éléments naturels engendré par l'activité de entreprises, utilisable pour réduire cette raréfaction et pour informer les tiers. Pour faire de la comptabilité environnementale, il faut utiliser des principes comptables tels que ceux de prudence ou de permanence des méthodes. Comptabiliser des coûts environnementaux consiste à recenser les coûts environnementaux déjà envisagés ou à envisager compte tenu de la législation en vigueur.

Comme en comptabilité de gestion, on analyse tous les entrants et les sortants au cours de processus de production. Mais on recense uniquement ce qui concerne l'environnement, à savoir les rejets de polluants dans l'air et dans l'eau ; la pollution des sols ; les déchets et la consommation d'énergie.

Par rapport à la comptabilité analytique, l'information fournie par ce type de comptabilité est, à la fois, plus réduite, puisqu'elle ne donne généralement que des informations en quantité (pas de valorisation) mais aussi plus large puisqu'on s'intéresse au produit (c'est à dire que l'on retient une période de vie qui comprend sa production, mais aussi sa consommation, et sa post-consommation).

Les rapports **développement durable**, encore appelés rapports environnement, ont pour objet d'informer les tiers sur les progrès réalisés par l'entreprise en matière de protection de l'environnement, mais aussi ses échecs éventuels et ses projets futurs. Ils comprennent des tableaux statistiques reprenant des informations environnementales, en unités physiques ou en unités monétaires.

La spécificité de la comptabilité environnementale vient de son champs d'application, l'environnement naturel. En effet, en comptabilité environnementale, pour quantifier et évaluer, on va rencontrer les écueils suivants :

- il est souvent difficile d'être exhaustif en matière de polluants,
- certains biens naturels actuellement consommés sont gratuits, en l'absence de marché, il est difficile d'évaluer le coût de leur consommation,
- l'évaluation de certaines dégradations de l'environnement suppose que l'on soit capable de calculer et d'actualiser certaines dépenses à très long terme, soit parce qu'elles ne seront engagées qu'une fois le processus de production terminé (reconstitution d'un site après fermeture d'une carrière), soit parce que les effets de cette dégradation vont s'étaler sur une longue période (déchets radioactifs).

L'intégration d'éléments relatifs à l'environnement dans la comptabilité nationale doit en priorité fournir des éléments permettant à la puissance publique de prendre des décisions. *En France l'accent est mis sur les comptes satellites de l'environnement* qui sont un assemblage de l'information. On isole l'information environnementale et on regarde comment s'instaurent les relations entre producteurs d'éléments protégeant l'environnement, financeurs et bénéficiaires.

A l'étranger, on notera la création de tableau entrées-sorties (tableaux de Leontief) portant sur les émissions de polluants et le développement de systèmes de comptabilité nationale caractérisés par la juxtaposition de données monétaires et physiques (Suisse, Pays-Bas). Ces systèmes de comptabilité nationale ont donné naissance au concept de « valeur ajoutée négative ». Calculer une valeur ajoutée négative, c'est donner une valeur à la consommation gratuite de patrimoine naturel (on le considérait jusqu'à présent comme gratuit car abondant alors qu'il se raréfie) et retrancher cette consommation de la valeur ajoutée produite.

Pour certains, le développement prévu d'un marché des permis d'émission va donner naissance à des situations juridiques particulières qu'il conviendra de traduire en comptabilité. Les questions soulevées sont les suivantes : un droit octroyé, même gratuitement, doit-il faire l'objet d'une comptabilisation dès lors que son utilisation est réglementée et qu'il est négociable ? Comment comptabiliser la négociation de ces droits du côté tant de l'acheteur que du vendeur ? N'oublions pas l'aspect fiscal qui n'est pas négligeable. En effet, une entreprise fera l'acquisition de permis dans l'intention de s'éviter, au moins temporairement, des investissements. La plus ou moins grande économie d'impôt engendrée par les achats de permis rendra leur négociation plus ou moins attractive.

B. L'économie des ressources naturelles

L'économie des ressources naturelles est l'autre élément de la réponse de la théorie néoclassique à la question de l'environnement. Ce dernier apparaît alors comme un stock de ressources, qui peuvent être renouvelables ou non, qu'il faut gérer de façon optimale à travers le temps. Il s'agit là d'une problématique économique d'allocation intertemporelle des ressources dont les fondements furent posés par Hotelling (1931).

1. La règle d'Hotelling

Les biens qui sont stockables, mais non reproductibles, sont qualifiés de « *ressources épuisables* » (exemple du charbon, pétrole, gaz, minerais...). L'impossibilité de reproduire ces biens (à part lors d'une découverte de nouveaux gisements) amène deux remarques: d'une part les stocks (plus précisément les réserves) sont considérés comme donnés, d'autre part, il existerait un lien étroit entre le taux d'extraction et les ventes de ressources naturelles. En effet, si le taux d'extraction peut être assimilé aux ventes, comme la substitution de productions est impossible, l'entreprise chargée d'exploiter une mine de charbon ou un puits de pétrole, pourra chercher soit à accélérer l'extraction (c'est à dire substituer des ventes présentes à des ventes futures), soit à la ralentir (substituer des ventes futures à des ventes présentes). Une entreprise serait ainsi capable d'influencer le prix des ressources naturelles en faisant varier ses ventes via le taux d'extraction.

La relation prix - taux d'extraction d'une ressource naturelle a été introduite par Hotelling⁶ dans son article «*The Economics of Exhaustible Resources*» grâce à un parallèle entre la sauvegarde de l'héritage inter-générationnel et l'influence des monopoles :

« Contemplation of the world's disappearing supplies of minerals, forests, and other exhaustible assets has led to demands for regulation of their exploitation. The feeling that these products are now cheap for the good of future generations, that they are being selfishly exploited at too rapid a rate, and that in consequence of their excessive cheapness they are being produced and consumed wastefully has given rise to the conservation movement....

In contrast to the conservationist belief that a too rapid exploitation of natural resources is taking place, we have the retarding influence of monopolies and combinations, whose growth in industries directly concerned with the exploitation of irreplaceable resources has been striking. If « combinations in restraint of trade » extord high prices from consumers and restrict production, can it be said that their products are too cheap and are being sold too rapidly ?...

It may seem that the exploitation of an exhaustible natural resource can never be too slow for the public good. For every proposed rate of production there will doubtless be some to point to the ultimate exhaustion which that rate will entail, and to urge more delay. But if it is agreed that the total supply is not to be reserved for our remote descendants and that there is an optimum rate of present production, then the tendency of monopoly and partial monopoly is to keep production below the optimum rate and to exact excessive prices from consumers. The conservation movement, in so far as it aims at absolute prohibitions rather than taxation or regulation in the interest of efficiency, may be accused of playing into the hands of those who are interested in maintaining high price for the sake of their own pockets rather than of posterity» [1931, p 137-138].

Dans un premier temps, Hotelling s'attaque à la philosophie du mouvement conservateur américain qui prônait un ralentissement, voire un arrêt de l'extraction des ressources naturelles au moyen d'une augmentation de leurs prix – y compris par le biais de taxes imposées par l'Etat. Ce mouvement remettait en cause le productivisme et le consumérisme de la

⁶ Gray avait déjà présenté une théorie des ressources naturelles dès 1914, toutefois il ne considérait que le cas où les prix de la ressource étaient donnés et le coût marginal de l'extraction croissant.

société américaine, et entendait défendre d'autres valeurs. Il appelle au développement d'une éthique environnementale. Les conservationnistes soulignent la spécificité des ressources naturelles qui réside, selon eux, dans le fait qu'elles sont essentielles à la société industrielle, épuisables et très difficiles à remplacer de manière satisfaisante. Les habituels critères économiques (prix, procédure de maximisation de la valeur présente) ne seraient pas capables de répondre de manière satisfaisante aux exigences des ressources naturelles. **Dans un second temps**, Hotelling s'attaque aux situations de monopoles afin de montrer la supériorité en matière de gestion des ressources naturelles de la concurrence réputée pure et parfaite.

Pour répondre à ce double objectif, Hotelling va bâtir une théorie de l'entreprise minière exploitant une ressource non renouvelable, en reprenant les outils et les éléments de la théorie microéconomique du producteur. La ressource apparaît pour le propriétaire de la mine comme un stock de biens qui diminue au fur et à mesure de son extraction. **Gérer de façon optimale ce stock revient à déterminer quel flux de ressource lui apportera le plus de revenu sur l'ensemble de la période d'exploitation de la mine.** Le propriétaire de la mine est à la recherche du profit maximal qu'il calcule en comparant ses recettes et ses coûts. Hotelling part du principe⁷ que les propriétaires d'une ressource naturelle souhaitent toujours maximiser la valeur actuelle de leurs profits futurs.

- En concurrence parfaite, les propriétaires d'une mine sont indifférents entre recevoir maintenant un prix p_0 pour une unité de son produit ou recevoir un prix $p_0 e^{it}$ après un temps t .

Dès lors on peut s'attendre à ce que le prix p_t soit une fonction du temps de la forme :

$$p_t = p_0 e^{it} \quad (1)$$

Hotelling assimile le prix p_t au prix net, une fois payé le coût d'extraction et placé le bien sur le marché : «*Here p is to be interpreted as the net price received after paying the cost of extraction and placing upon the market*» [1931, p 141].

Dans ces conditions, si les taux d'intérêt (ce que Hotelling appelle «*the degrees of impatience*»⁸) varient parmi les propriétaires de mines, ceci affectera également le taux d'extraction. Lorsque le prix p_t est fixé, les différentes unités de la ressource auront la même valeur (actualisée) en tout point du temps et le propriétaire de la mine ne cherchera pas à jouer sur le taux d'extraction d'une période à l'autre, soit $p_0 = p_t e^{-it}$. La valeur de p_0 dépendra de la demande et de la quantité totale disponible de la ressource (notée A). En considérant que $q = f(p, t)$ est la quantité prise au temps t si le prix est p , on obtient l'équation :

$$\int_0^T q dt = \int_0^T f(p_0 e^{it}, t) dt = A \quad (2)$$

En T , date d'extraction finale, la quantité demandée diminue et se rapproche de 0, l'équation devient $f(p_0 e^{iT}, T) = 0$.

⁷ Omerani [1991, p 3] rappelle que l'hypothèse de base de Hotelling est le caractère certain aussi bien du stock initial que des conditions présentes et futures de l'extraction de ce stock.

⁸ Gray parle de « *social rate of time preference* » [1976, p 372].

Dès lors, comme le souligne Hotelling, le prix net évoluera en fonction des variations du taux d'intérêt⁹, dont les déterminants sont indépendants du produit en question, de l'industrie concernée, et des variations de la production de la mine. : «*The market rate of interest must be used by an entrepreneur in his calculations ... Of course, changes in this rate are to be anticipated, specially in considering the remote future. If we look ahead to a distant time when all the resources of the earth will be near exhaustion, and the human race reduced to complete poverty, we may expect very high interest rates indeed*»[1931, p 144]. De là, la rente de l'entreprise devrait augmenter avec le taux d'intérêt (en d'autres termes, la valeur actuelle du prix net est une fonction croissante du taux d'intérêt). **Ainsi la condition d'équilibre, baptisée, règle de Hotelling, stipule que le prix de la ressource naturelle et donc la rente qui lui est attachée, doit croître à un taux égal à celui du taux d'actualisation (taux d'intérêt).**

- Dans le cas du monopole, Hotelling avance qu'une entreprise peut influencer le prix en faisant varier son taux d'extraction (c'est à dire ses ventes). Cette dernière cherchera à maximiser la valeur présente de ses profits futurs (nous avons reproduit ici la méthode du calcul des variations, utilisée par Hotelling [1931, p 146-147]).

$$\int_0^T p q e^{-it} dt \quad (3)$$

$$\text{sous la contrainte que } \int_0^T q dt = A \quad (4)$$

Le programme de maximisation peut être présenté à partir du lagrangien :

$$\text{Soit } L = p q e^{-it} + I (A - q)$$

En fixant $\lambda = 0$, ceci nous permet de retomber sur le cas des ressources inépuisables, c'est à dire des biens durables et reproductibles.

$$\frac{dL}{dq} = e^{-it} \left(p + \frac{dp}{dq} q \right) - I = 0$$

$$\frac{dL}{dI} = A - q$$

$$\text{La règle d'Hotelling peut alors s'écrire : } e^{-it} \left(p + \frac{dp}{dq} q \right) = I \quad (5) \quad (\lambda \text{ est une constante})$$

Le contraste avec les conditions de concurrence apparaissent à travers le terme $q \frac{dp}{dq}$.

Comme p correspond au prix net, l'expression (5) signifie que c'est le profit marginal actualisé qui doit être égalisé sur le temps ($e^{-it} \Pi = I$) : soit $\Pi = I e^{it}$.

⁹ Solow [1974] a mis en évidence la règle d'Hotelling en s'appuyant sur le marché des actifs financiers. Ainsi un propriétaire de mine n'a d'intérêt à laisser un dépôt de ressources dans le sol que si ce dernier s'apprécie en valeur. D'un autre côté, les marchés d'actifs ne peuvent être en équilibre que lorsque tous les actifs d'une certaine classe de risque ont le même taux de rendement. Ainsi à l'équilibre, la valeur d'un dépôt de ressources dans le sol doit croître à un taux égal au taux d'intérêt.

C'est donc le profit marginal de la ressource naturelle (à mettre en rapport avec la recette marginale) et non le prix qui doit croître en fonction du taux d'intérêt.

$$\log \Pi = \log I + \log e^{it}$$

$$\frac{d \log \Pi}{dt} = \frac{dI}{I} = i$$

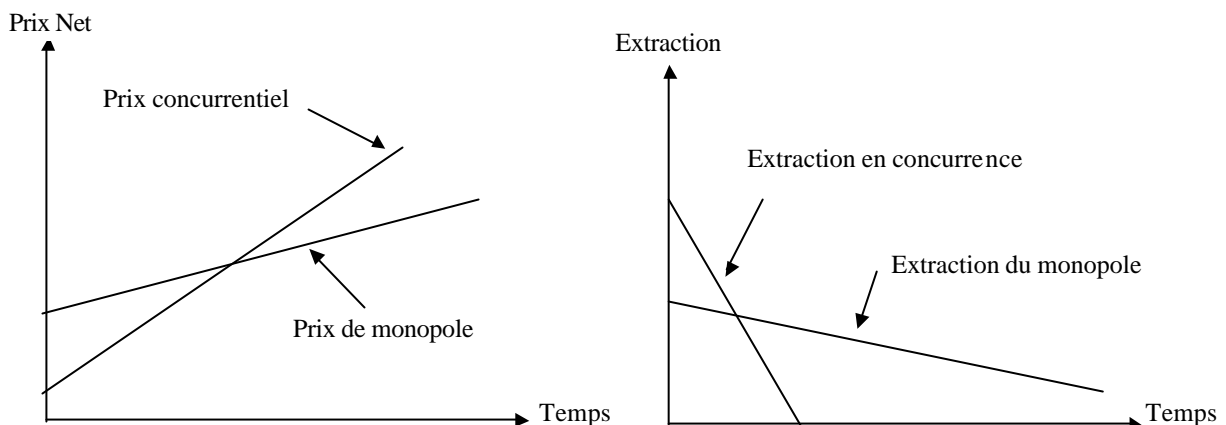
Le prix diminuera plus ou moins rapidement en fonction de la relation prix-recette marginale. Hotelling avance ici deux raisons¹⁰ pour croire que le prix augmentera moins rapidement et que l'épuisement du gisement sera retardé dans une structure de marché monopolistique :

- La demande sera telle que la ressource sera épuisée dans un temps fini pour l'entreprise concurrentielle et dans un temps « infini » pour le monopole. Dans le cadre d'une structure de marché concurrentiel et de l'épuisement d'un gisement, le prix tend vers une valeur finie lorsque la demande se rapproche de 0 (en d'autres termes, la courbe de demande intercepte l'axe des ordonnées à une certaine valeur). Dans une structure monopolistique, l'épuisement d'une ressource signifie que la recette marginale tend vers une valeur finie lorsque la demande se rapproche de 0. Hotelling suggère ainsi qu'il est très probable que la première condition soit satisfaite mais pas la seconde, eu égard au fait que « *this is simply part of the general tendency for production to be retarded under monopoly* » [1931, p 152].

- L'exemple numérique pris par Hotelling suggère que l'entreprise concurrentielle et le monopole épuisent le gisement en un temps fini, toutefois le monopole prend plus de temps. La tendance du monopole serait de maintenir la production en dessous du taux optimum et d'extorquer des prix excessifs aux consommateurs¹¹. Deverajan et Fisher [1981] ont illustré le chemin temporel suivi par le prix et l'extraction (en concurrence parfaite et en monopole) par la figure ci-dessous.

Rappelant que les résultats de Hotelling s'appuient sur les caractéristiques de la fonction de demande (courbe de demande linéaire et stable, élasticité décroissante quand les quantités augmentent), Deverajan et Fisher [1981] notent que le raisonnement reste encore valable lorsque la demande se déplace sur le temps en devenant plus élastique¹².

Figure 4 : relation prix /coût d'extraction



¹⁰ Stewart [1979, 1980] a validé les résultats d'Hotelling sous l'hypothèse d'un coût d'extraction non croissant.

¹¹ Selon Kay et Mirrles [1975, p 162], le fait que pour de nombreuses ressources, le prix soit plus grand que le coût marginal lorsque les stocks sont importants, reviendrait à dire que le prix présent est substantiellement au-dessous du prix optimal ou de concurrence et que les ressources en question seraient suréconomisées.

¹² Stiglitz [1976].

Au total, la démonstration est faite qu'à un rythme optimal d'évolution du prix d'une ressource naturelle est associé un sentier optimal d'épuisement de cette ressource. La ressource naturelle est assimilée à un capital. L'exploration visant à la découverte d'un nouveau gisement apparaît comme un simple investissement. Cependant comme le faisait remarquer Scott Gordon (1954), un problème de gestion demeure lorsque l'accès à la ressource naturelle est libre. En effet l'arbitrage de l'entreprise qui désire exploiter une ressource naturelle libre (banc de poissons) ne consiste pas choisir entre consommer maintenant ou consommer demain mais, puisque tout ce qui n'est pas pêché aujourd'hui par elle, peut l'être par une autre entreprise, son choix réside entre consommer aujourd'hui ou ne jamais consommer. La concurrence que se livrent les firmes désireuses d'exploiter la ressource naturelle libre conduit chacune à maximiser son profit du moment. En l'absence d'appropriation, la règle d'Hotelling ne joue plus, il n'est question de procédure d'actualisation et gestion intertemporelle optimale. Au contraire chaque firme a intérêt à exploiter au plus vite la ressource. Des risques d'épuisement rapide ou d'extinction d'espèces dans les cas de pêcheries (baleines) sont même à craindre.

2. Halte à la croissance : le rapport Meadows (1972)

Le Club de Rome a demandé en août 1970 au Groupe d'étude de dynamique des systèmes du MIT d'entreprendre l'étude des tendances d'un certain nombre de facteurs qui déréglaient la société. Ce groupe a ainsi cherché à définir les limites matérielles qui s'opposent à la multiplication des hommes et les contraintes résultant de leurs activités sur la planète.

La problématique des auteurs du rapport Meadows (1972), au titre évocateur «*Halte à la croissance*» fût définie de la manière suivante : «*Dans ce contexte, partout les hommes sont confrontés à des théories de problèmes étrangement irréductibles et tout aussi insaisissables : détérioration de l'environnement, crise des institutions, bureaucratie, extension incontrôlable des villes, insécurité de l'emploi, aliénation de la jeunesse, refus de plus en plus fréquent des systèmes de valeurs reconnus par nos sociétés, inflation et autres dérèglements monétaires et économiques... Ces problèmes en apparence différents ont en commun, trois caractéristiques. Premièrement, ils s'étendent à toute la planète et y apparaissent à partir d'un certain seuil de développement quels que soient les systèmes sociaux ou politiques dominants. Deuxièmement, ils sont complexes et varient en fonction d'éléments techniques, sociaux, économiques et politiques. Finalement, ils agissent fortement les uns sur les autres et cela d'une manière que nous ne comprenons pas encore* » (1972, p 139).

Afin d'obtenir une évaluation générale de la situation du monde, le groupe du MIT a choisi une méthode analytique spécifique, mise au point par le J.W Forrester¹³ (1971), **la dynamique des systèmes**. Cette dernière permettrait une représentation graphique ou numérique de toutes les relations planétaires, en termes facilement compréhensibles. L'objectif principal du MIT était ainsi la reconnaissance dans un contexte mondial des interdépendances et interactions de 5 facteurs critiques : explosion démographique, production alimentaire, industrialisation, épuisement des ressources naturelles et pollution

a. Le caractère exponentiel de la croissance

Pour les auteurs du MIT, dès que l'on aborde les problèmes relatifs aux activités humaines, on se trouve en présence de phénomènes de nature exponentielle. Les cinq paramètres de l'étude : population, production alimentaire, industrialisation, pollution et utilisation des ressources naturelles non renouvelables, évoluent selon une progression géométrique¹⁴.

¹³ Forrester J.W (1971), *World Dynamics*, Cambridge, Wright Allen Press.

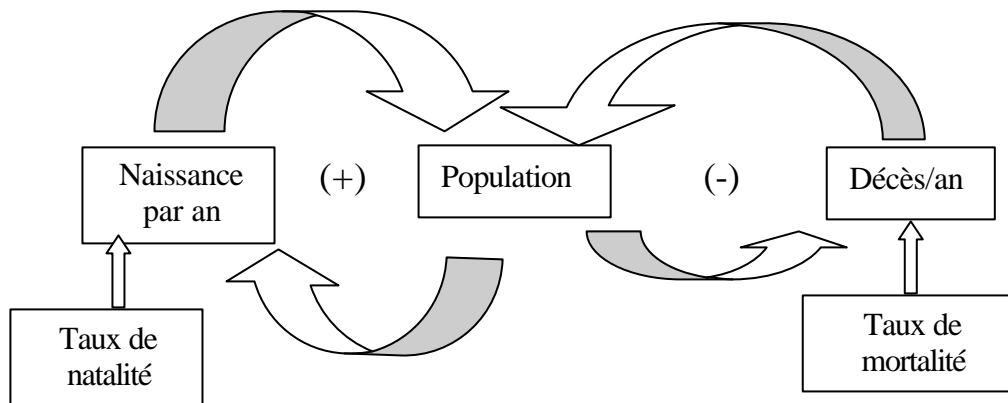
¹⁴ Un quantité croît exponentiellement si elle augmente d'un % constant au cours d'un intervalle de temps donné.

La quasi totalité des activités humaines, qu'il s'agisse du développement des centres urbains ou de la consommation d'engrais, obéissent à cette loi. La croissance exponentielle est un phénomène dynamique : elle met en jeu des éléments qui changent en fonction du temps. Mais, quand plusieurs quantités différentes en nature croissent simultanément au sein d'un même système, quand en outre, ces quantités ont entre elles des relations complexes, l'analyse des causes de la croissance et du comportement ultérieur du système deviennent très difficiles.

La méthode de la dynamique des systèmes « met en évidence les nombreuses relations entre éléments, formant des boucles avec couplage, et pour certaines à effets décalés dans le temps » (1972, p 153). Ainsi une boucle positive (boucle d'amplification) apparaît à chaque fois que l'on rencontre une quantité variant exponentiellement. Cette boucle positive est en quelque sorte un cercle vicieux (exemple bien connu de la boucle prix-salaires). Dans une boucle positive, toute séquence de relations de cause à effet aboutit fatalement à son point de départ : tout accroissement donné à l'un des éléments quelconque de la boucle amorcera une suite logique de modifications dont le résultat final se traduira par une augmentation encore plus grande de l'élément de départ. Une boucle négative a un rôle régulateur. Elle vise à maintenir à un niveau constant une fonction qui tend à croître ou à décroître. Elle agit donc en sens inverse de la variation de la fonction

Illustration 1: La croissance de la population humaine obéit à une loi exponentielle (suite géométrique selon Malthus). La structure du système qui traduit la dynamique de la croissance de la population est schématisée ci-dessous.

Figure 5 : boucle régissant la population



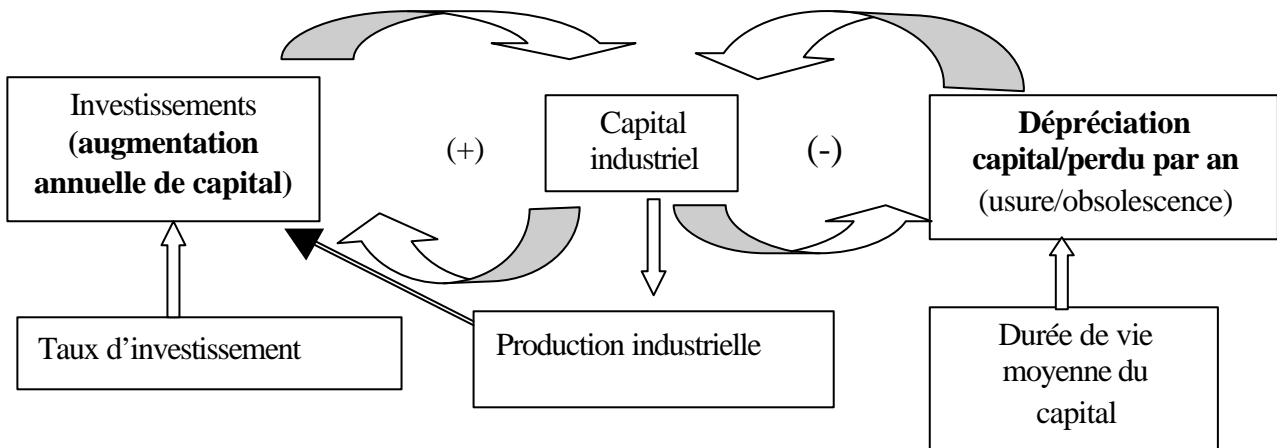
Ce système à deux boucles. Celle de gauche est positive. Elle représente ce que l'on peut déduire de la courbe de croissance exponentielle observée : étant donnée une population à taux de natalité constant, plus cette population est élevée, plus le nombre de naissances annuelles sera élevé. La boucle de droite est négative. L'évolution d'une population est fonction du taux moyen de mortalité lequel reflète l'état global de santé d'une population. La mortalité tend à réduire l'accroissement de population. A taux de mortalité constant, un accroissement de la population tend à accroître la mortalité annuelle en valeur absolue. Un nombre accru de décès diminue la population ce qui – toujours à taux de mortalité constant – provoquera l'année suivante, un nombre de décès inférieur à l'année précédente.

Selon les auteurs du rapport Meadows (1972), l'espérance moyenne de vie, à l'échelle planétaire, était de 53 ans, et devait croître. En termes de moyennes mondiales, l'allure de la boucle positive (natalité) ne paraît pas devoir subir de modifications sensibles. En revanche, les effets cumulatifs dus à la boucle négative (mortalité) vont être considérablement réduits. Il en résulte un bilan nettement positif qui explique la croissance exponentielle rapide de la population globale.

Illustration 2 : la production industrielle, second facteur essentiel de l'étude, a connu une évolution encore plus rapide que la population. En prenant pour base l'indice 100 en 1963, on serait passé de 30 au cours de la décennie 1930-1940 (avec une forte chute en 1932 et une légère pointe en 1937), à 50 en 1950, 70 en 1958 pour aboutir à 140 en 1968. Le taux de croissance moyen s'est élevé à 7% entre 1963 et 1968, et le temps de doublement n'a été que de 10 ans (1958-1968).

La structure du système qui traduit l'évolution du capital industriel (biens d'équipement, usines, véhicules, machines, outils...) se décompose de la manière suivante :

Figure 6 : boucle régissant le capital



L'évolution de ce capital industriel est également régie par deux boucles. Avec un capital industriel donné, il est possible de produire chaque année une certaine quantité de produits manufacturés. Une bonne partie des biens produits chaque année sont des biens de consommation (textiles, voitures...) qui sortent du circuit (consommation finale). En revanche, une autre partie de la production équivaut à un apport complémentaire de capital puisqu'elle sert à produire à nouveau (machines à tisser, laminoirs, machines-outils). Cette dernière partie de la production constitue **les investissements**. Ces investissements caractérisent une boucle positive : « Plus le capital initial est élevé, plus il produit ; plus il produit, plus il permet d'investir et plus il permet d'investir, plus il s'accroît » (1972, p 159).

Dans ce système, le temps de réponse est le délai nécessaire à la formation de nouveaux investissements, sources de nouveaux produits. Ce temps de réponse peut parfois être long : c'est une des caractéristiques des investissements à moyen et long terme.

La boucle négative souligne que le capital industriel n'est pas éternel. Il se déprécie et meurt. Dans ce cas, il est perdu en tant qu'outil de production : « Plus le capital est important, plus la dépréciation moyenne annuelle est grande et plus grande est la dépréciation, moins il reste de biens d'équipements l'année suivante » (1972, p 159)

Comme le taux de croissance de la production industrielle est de 7% par an, et que la population ne s'accroît que de 2%, le caractère dominant de la boucle positive paraît autoriser l'optimisme. Selon les auteurs du rapport, une simple extrapolation de ces taux de croissance tendrait à démontrer « que le niveau de vie matériel de la population mondiale doublera d'ici 14 ans à condition toutefois que cette production soit équitablement répartie entre les citoyens du monde entier, ce qui est loin d'être le cas. La plus large part de la croissance économique ne concerne, en fait, que les pays déjà industrialisés pour lesquels le taux de croissance de la population est relativement faible » (1972, p 160).

b. Les limites de la croissance exponentielle

La liste des moyens permettant de maintenir la croissance économique et la croissance de la population jusqu'en 2000 et au delà, peut être divisée en deux grandes catégories :

- Les moyens matériels indispensables à la satisfaction des besoins physiologiques et au soutien des activités industrielles : produits alimentaires, matières premières, combustibles naturels, ainsi que les systèmes écologiques de la planète qui absorbent les déchets et recyclent les substances chimiques importantes.

- Les nécessités sociales : même si les systèmes purement physiques de notre globe étaient capables de supporter une population beaucoup plus nombreuse et, économiquement, beaucoup plus développée, la croissance effective de la population et de l'économie dépendra de facteurs tels que la paix, la stabilité sociale, l'éducation, l'emploi et l'évolution contrôlée du progrès technique. Selon les auteurs du rapport Meadows, ces facteurs «*sont plus délicats à évaluer que les facteurs matériels. Ni le rapport, ni même le modèle global en son état actuel ne peuvent traiter explicitement de ces données sociologiques*». (1972, p 165).

- Les produits alimentaires

Les estimations de la FAO à cette époque, faisaient ressortir une carence fondamentale en calories dans la plupart des nations en voie de développement, carence liée au manque de protéines. Les études démontraient par ailleurs que la surface totale de terres susceptibles d'être cultivées n'excédait pas 3,2 milliards d'hectares (environ la moitié des terres étaient alors cultivées). Pour défricher, irriguer et fertiliser la seconde moitié, le coût moyen avait été estimé à 1150 \$ à l'hectare.

Les auteurs notent que même si la société acceptait de payer le prix de la mise en valeur de nouvelles terres ou d'une amélioration des rendements, un nouvel accroissement de la population amènerait une nouvelle crise. Chaque crise successive serait plus dure à surmonter. Toute duplication du rendement de la terre coûterait plus cher que la précédente (loi des coûts croissants) : «*La production de denrées alimentaire que l'on peut espérer dans l'avenir dépend des terres disponibles, des ressources en eau douce mais aussi des investissements consacrés à l'agriculture. Ces investissements, à leur tour, sont liés à une autre boucle positive dominante, celle des investissements globaux*» (1972, p 173).

- Les ressources non renouvelables

A partir des estimations d'indices statistiques - S représentant le nombre d'années à l'issue desquelles les réserves actuellement connues seraient épuisées si la consommation annuelle des ressources se maintenait au taux actuel ; I correspondant au temps nécessaire à l'épuisement des réserves globales connues en supposant une augmentation annuelle du taux de consommation égale au % moyen -, le rapport Meadows insiste sur le fait que même si l'on tenait compte de facteurs économiques tels que la hausse des cours, corrélat de la raréfaction, on pourrait voir, que les réserves de platine, or, zinc seront insuffisantes pour faire face à la demande : «*Au taux actuel d'expansion, l'argent, l'étain et l'uranium pourront manquer avant la fin du siècle nonobstant la hausse inévitable des prix de revient. En 2050, d'autres gisements de minerais seront épuisés si la consommation annuelle se poursuit au rythme actuel*» (1972, p 173). La croissance exponentielle de la consommation de ressources non renouvelables serait liée à l'effet conjugué de deux boucles positives : croissance de la population et croissance des investissements. En outre, l'utilisation exponentielle des ressources naturelles diminuerait les réserves disponibles.

Illustration : Le rapport Meadows s'appuie sur le chrome pour préciser ses conclusions. Les réserves connues de chrome étaient évaluées à 775 millions de tonnes. Le taux d'extraction du chrome était de 1,85 millions de tonnes par an. Si ce taux était maintenu, les réserves seraient épuisées en 420 ans. La consommation de chrome augmentant de 2,6% en moyenne par an, les réserves pourraient être épuisées non pas en 420 ans mais en 95 ans. En supposant que les stocks, par suite de découvertes miraculeuses, soient 5 fois plus élevés que ne l'indiquent les estimations, ils seraient épuisés en 154 ans au lieu de 95 ans (année 2014). Enfin, si l'on supposait qu'à partir des années 70, il était possible de recycler intégralement le chrome utilisé, et de cette manière, reconstituer les réserves initiales : par suite de l'accroissement de la consommation, l'épuisement des réserves initiales se produirait au bout de 235 ans.

Interprétation : Au début la consommation annuelle croît exponentiellement et l'on entame largement les réserves. Pendant un certain temps, les prix restent stables par ce que les progrès de la technologie permettent de tirer le meilleur parti des minerais moins riches. Toutefois, la demande continuant à croître, les progrès techniques ne sont pas assez rapides pour compenser les coûts croissants qu'imposent la localisation des gisements moins accessibles, l'extraction du minerai, son traitement et son transport. Les prix montent, doucement d'abord, puis en flèche. Ces prix plus élevés incitent les consommateurs à utiliser moins de chrome et à lui substituer dans la mesure du possible d'autres matériaux. Au bout de 125 ans, les réserves résiduelles, environ 5% des réserves initiales, ne peuvent fournir le métal qu'à un prix prohibitif et l'exploitation des derniers gisements est pratiquement abandonnée. L'influence des paramètres économiques permettrait donc, dans le cas du dernier modèle plus perfectionné de reculer de 30 ans (125 ans au lieu de 95) la durée effective des stocks de chrome tels qu'ils ont été évalués en 1970.

Les auteurs font les mêmes projections pour les autres matières, ainsi les réserves d'aluminium ne dureraient pas plus de 31 ans (en d'autres termes, elles ne devraient plus exister aujourd'hui), et éventuellement 55 ans si l'on multipliait par 5 le chiffre du stock actuellement connu. Dans le cas du cuivre, on obtiendrait respectivement 36 et 48 ans.

A travers ces exemples, le rapport Meadows conclut *«qu'étant donné le taux actuel de la consommation des ressources naturelles et l'augmentation probable de ce taux, la grande majorité des ressources naturelles non renouvelables les plus importantes auront atteint des prix prohibitifs avant qu'un siècle ne se soit écoulé»* (1972, p 182). Cette conclusion ne saurait être remise en cause quelles que soient les hypothèses les plus optimistes quant aux réserves encore inconnues, aux progrès techniques susceptibles d'être réalisés, à la découverte de produits de substitution et au recyclage des matériaux tant que la demande continuera à croître exponentiellement.

- La pollution

Les métaux et les combustibles utilisés ne sont jamais perdus. Leurs atomes sont redistribués et éventuellement dispersés sous forme diluée, et non immédiatement utilisable, dans l'air, le sol et les eaux de notre planète. Les systèmes écologiques naturels peuvent en absorber une bonne part. Cependant, si ces déchets sont produits en très grandes quantités, les mécanismes naturels d'absorption peuvent être saturés. C'est ainsi que l'on retrouve le mercure dans l'organisme des poissons de mer, les particules de plomb dans l'air des villes, les coulées de pétrole sur les plages et des immondices dans les montagnes. Une autre grandeur exponentielle du système global intervient ici : **la pollution**. Tous les polluants qui ont pu faire l'objet de mesures, ont vu leur importance croître exponentiellement avec le temps. Les polluants issus de l'utilisation croissante de l'énergie, peuvent être estimés d'après le montant de la consommation individuelle moyenne d'énergie. Cette moyenne individuelle, à l'échelon mondial, augmentait de 1,3% par an. En tenant compte de la poussée démographique, on obtient un chiffre de 3,4% par an. Les auteurs notent que 97% de l'énergie utilisée dans les années 70 provenait de combustibles fossiles : charbon, hydrocarbures,

gaz naturels. Brûlés, ces combustibles laissent échapper dans l'atmosphère, de l'anhydride carbonique (CO²), environ 20 milliards de tonnes par an. La loi de concentration de CO² dans l'atmosphère est également exponentielle (le taux d'accroissement moyen étant de 0,2%).

En vertu des lois de la thermodynamique, la majeure partie de l'énergie utilisée par l'homme est restituée au milieu ambiant sous forme de chaleur. Venant d'une source d'énergie autre que le rayonnement solaire, cette chaleur réchauffe l'atmosphère soit directement, soit par l'intermédiaire des fluides de refroidissement (généralement l'eau¹⁵). L'énergie nucléaire engendrerait, quant à elle, un autre type de polluant : les déchets radioactifs. L'anhydride carbonique, l'énergie thermique et les déchets radioactifs ne constituent que trois des éléments perturbateurs que l'homme introduit dans son environnement à un rythme exponentiel.

c. Les phénomènes de croissance à l'intérieur du système global

Les 5 grandeurs fondamentales (population, investissements, nourriture, ressources naturelles et non renouvelables, pollution) sont liées les unes aux autres par un réseau de relations et de boucles. Ainsi la population plafonne si la nourriture manque, augmenter la production de denrées alimentaires demande des investissements, la croissance des investissements implique l'utilisation de ressources naturelles, l'utilisation de ressources naturelles engendre des déchets polluants et la pollution interfère à la fois avec l'expansion démographique et la production alimentaire. Les auteurs du rapport se sont intéressés aux modes généraux de comportement du système population-investissements. Par modes de comportement, ils entendent « *les tendances aux variations des niveaux (population, pollution...) en fonction du temps. Une fonction peut croître, décroître, demeurer constante, osciller ou présenter successivement plusieurs de ces divers caractéristiques* » (1972, p 201). L'objectif est alors de déterminer lequel des modes de comportement est le plus caractéristique du système global lorsque l'on se rapproche des limites ultimes de la croissance.

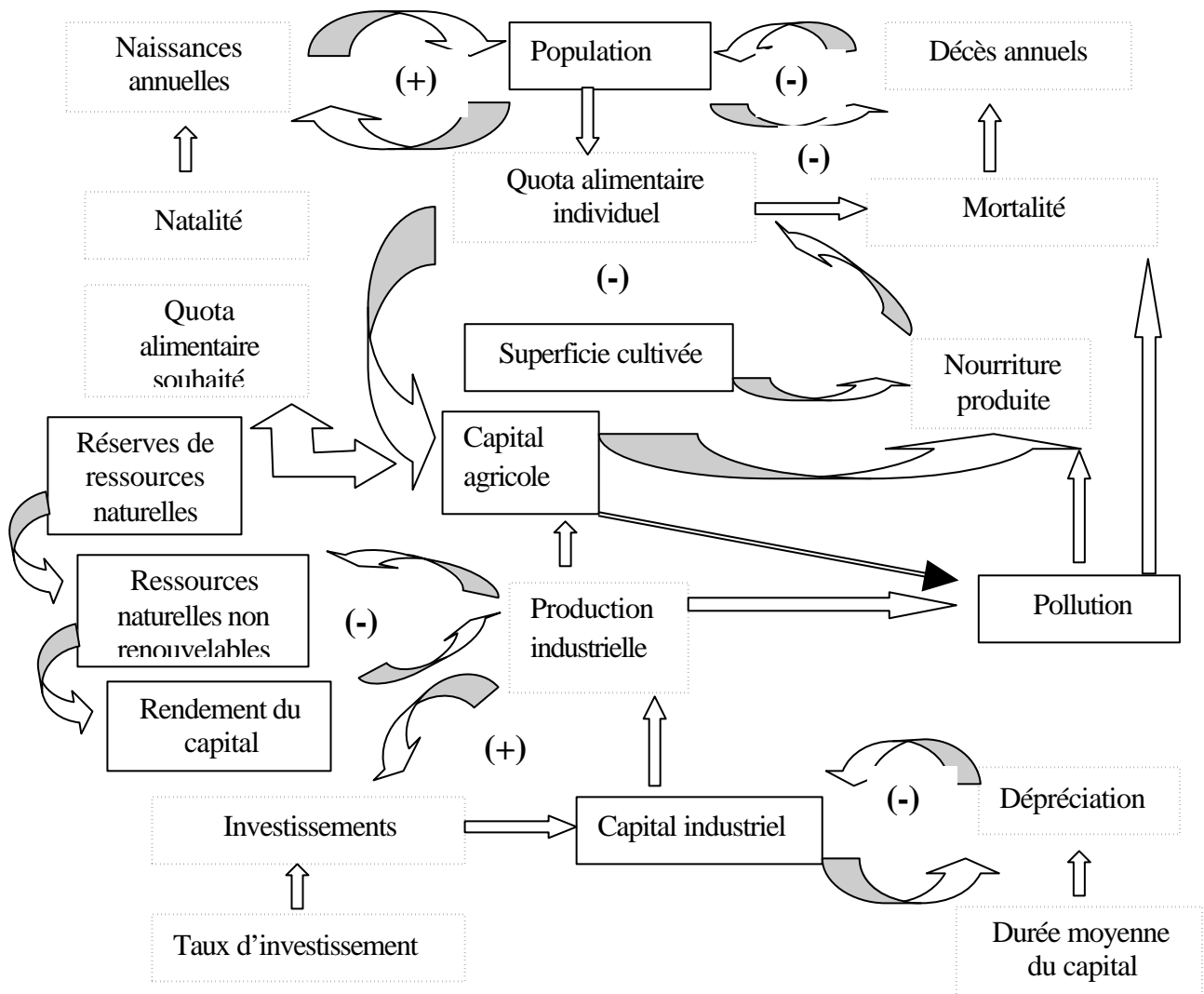
- Le réseau des boucles

De nombreuses interactions se produisent entre la population et les investissements. Une partie de la production industrielle est constituée par des matériels, matériaux ou produits utilisés à des fins agricoles : tracteurs, canaux ou conduites d'irrigation... Le montant des capitaux investis dans l'agriculture et la superficie des terres cultivées ont une influence marquante sur la quantité de nourriture produite. Le quota alimentaire individuel (quotient de la masse globale de nourriture produite par le chiffre de la population) agit sur le taux de mortalité. Les activités industrielles et agricoles peuvent toutes deux être cause de pollution (dans l'agriculture, il s'agit des polluants tels que les résidus de pesticides, DDT, engrais, dépôts salins résultant d'une irrigation inadéquate). La pollution peut avoir un effet direct sur la mortalité et aussi un effet indirect en ce sens qu'elle diminue la production agricole.

La figure suivante insiste sur plusieurs boucles importantes. Selon l'hypothèse *Ceteris Paribus*, un accroissement de la population entraînerait une diminution de la ration alimentaire individuelle moyenne, un accroissement du taux de mortalité et, en valeur absolue, du nombre des décès à l'intérieur de cette population, et pourrait conduire à une diminution de la population (boucle négative). Selon les auteurs du rapport, une autre boucle négative tend à contrebalancer les effets de la première : « *Si la ration individuelle tombe en deçà de la valeur souhaitée par la population, on aura tendance à accroître la fraction des investissements consacrés à l'agriculture, de sorte que la production agricole et par la suite la ration alimentaire individuelle pourront croître* ». (1972, p 208).

¹⁵ Cette eau de refroidissement est généralement rejetée dans les rivières, on parle alors de pollution thermique.

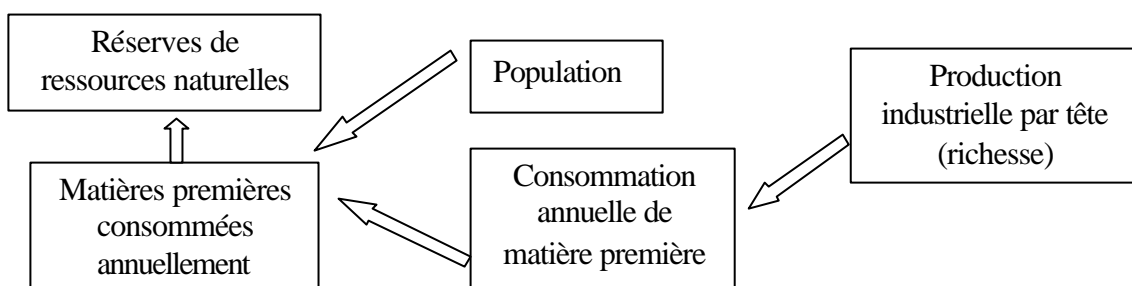
Figure 7 : Boucles régissant la population, le capital, la production agricole et la pollution



- Les hypothèses du modèle

Les auteurs du rapport Meadows ont cherché à évaluer les conséquences des variations de la population et des capacités de production sur différentes variables, en l'occurrence la consommation par tête de ressources naturelles. Il est possible de calculer la quantité de ressources naturelles consommées chaque année en multipliant le chiffre de la population par la consommation moyenne de chaque individu. Cette consommation moyenne n'est naturellement pas une constante. Au fur et à mesure qu'une population s'enrichit, elle a tendance à consommer davantage par personne et par an.

Figure 8 : Les ressources naturelles



La relation entre la richesse (production industrielle par tête) et la demande de matières premières (consommation par individu) serait exprimée par une courbe non linéaire. L'historique de la consommation de l'acier et du cuivre aux Etats Unis semblerait confirmer le sens de cette relation. Au fur et à mesure que s'accroissait le revenu individuel moyen, la courbe de consommation s'élevait dans les deux cas, d'abord rapidement, puis lentement. Le palier final vers lequel tend la courbe signifierait que l'américain moyen aurait atteint le seuil de saturation de biens matériels. Les augmentations ultérieures de revenus seront toutefois de moins en moins consacrées aux biens de consommation de ce type, mais de plus en plus aux services lesquels consomment moins de ressources naturelles.

d. Les conclusions du rapport

Pour les auteurs du rapport, l'hypothèse du « *statut-quo* » (maintien des tendances constatées), le système global tendrait inéluctablement vers une surchauffe suivie d'un effondrement. **La cause de cet effondrement est la disparition de matières premières.** A partir du moment où les investissements nécessaires pour maintenir un certain niveau de production ne peuvent plus compenser la dépréciation du capital, tout le système de la production industrielle s'effondre et entraîne l'effondrement des activités agricoles et des services dépendant de la production industrielle. Pendant un certain temps, la situation est extrêmement dramatique, car la population, compte tenu du temps de réponse relativement long, continue à croître. Un réajustement progressif, mais vraisemblablement à un niveau plus bas ne pourra se produire qu'après une période de recrudescence de la mortalité par suite de carence alimentaire et de détérioration des conditions d'hygiène et de prophylaxie : « *Cela nous permet d'affirmer avec une quasi-certitude que, au cas où aucun changement n'interviendrait dans notre système actuel, l'expansion démographique et l'expansion économique s'arrêteraient au plus tard au cours du siècle prochain (avant l'an 2100, précisera le rapport)* » (1972, p 232).

Le système s'effondre par suite d'une pénurie de matières premières. Qu'advierait-il si le stock des matières premières avait été sous-évalué ? les auteurs du rapport sont formels : **c'est le niveau de la pollution qui serait la cause essentielle de l'arrêt de la croissance.** Le taux de mortalité monte rapidement sous l'action conjointe des polluants et du manque de nourriture. A la même époque, les ressources s'épuisent dangereusement, bien que les réserves initiales aient été doublées, tout simplement parce que quelques années supplémentaires de consommation suivant une loi exponentielle ont été suffisantes pour accélérer leur disparition : « *L'avenir de notre monde sera-t-il caractérisé par une croissance exponentielle suivie d'un effondrement ? Si nous nous contentons de l'hypothèse selon laquelle rien ne sera changé à la politique actuelle, cela deviendra une certitude* » (1972, p 234).

A la logique explosive du rapport Meadows, les économistes opposèrent la prétendue vertu stabilisatrice des lois de l'offre et la demande. L'article de **Robert Solow** (1974), *The economics of Resources of the Resources of Economics*, **réaffirme le rôle central du système des prix de marché.** Les ressources naturelles furent assimilées à du capital dans les théories de la croissance. Il a suffi de raisonner à partir d'une traditionnelle fonction de production macroéconomique censée exprimer les contraintes technologiques auxquelles est soumise l'économie : les ressources naturelles y sont considérées comme un facteur de production, une sorte de capital naturel, qui prend place à côté du capital conventionnel et du travail. **Une des dimensions essentielles de la discussion portant sur la poursuite de la croissance résidera dans le progrès technique et les possibilités de substitution entre facteurs de production macroéconomiques :** si l'élasticité de substitution par rapport au prix est forte, l'épuisement de certaines ressources naturelles sera un événement parmi d'autres et non une catastrophe.

Dès lors, dans un système de prix conventionnel, la substitution entre les facteurs de production et le progrès technique permettront de maintenir la productivité de l'appareil de production et assureront une croissance « durable » malgré l'épuisement inéluctable de certaines ressources naturelles. Les générations futures disposeront certes de moins de capital naturel, mais en contrepartie recevront en héritage un volume de capital créé par l'homme (capital technique, capital humain), beaucoup plus important, ce qui leur permettra de maintenir leur niveau de vie.

En plus de l'efficacité, les auteurs néoclassiques, tel que Solow (1974) entendent garantir l'équité intergénérationnelle. Il suffit pour cela (d'après la règle d'Hartwick, 1977) que toutes les rentes issues de la gestion intertemporelle optimale de l'épuisement des ressources naturelles soient investies dans du capital reproductible qui doit se substituer aux ressources naturelles utilisées dans la production. Ainsi, l'idée qu'à long terme l'économie tend naturellement vers un sentier de croissance équilibrée s'est trouvée réaffirmée au milieu des années 70 face aux tenants de la croissance zéro.

3. La déforestation : une illustration de l'épuisement des ressources naturelles

Depuis plus de trente ans, les experts se focalisent sur les forêts naturelles¹⁶ et s'alarment du déclin que rien ne semble enrayer (disparition au rythme de 16 millions d'hectares par an¹⁷). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'essentiel de la déforestation (15 millions d'hectares par an) se produit sous les tropiques, dans les pays en développement. L'attention des occidentaux reste focalisée sur l'Amazonie (déforestation au rythme de 1.9 millions d'hectares par an entre 1995 et 2000). Toutefois, une analyse en termes relatifs, révèle que c'est en Afrique que le déboisement a été le plus important. La pauvreté, la croissance démographique et la corruption sont les causes principales du phénomène.

Pour le combattre, le débat international s'est focalisé sur la lutte contre l'exploitation forestière illégale et l'établissement de régimes de certification permettant d'apporter aux consommateurs des preuves de la « durabilité » des conditions d'exploitation du bois utilisé. Cependant, comme le rappelle Marie-Claude Smouts¹⁸ (2002, p 53), «Le commerce Nord-Sud ne concerne qu'une faible partie du bois abattu dans les forêts tropicales et la déforestation est intimement liée aux multiples déséquilibres qui se développent au sein même des sociétés du Sud, aussi les approches centrées sur le commerce international du bois ne peuvent suffire à résoudre le problème. L'exploitation forestière illégale est souvent montré du doigt. Cependant les chiffres les plus divers circulent : 50% du bois prélevé dans l'Extrême-Orient Russe, en Indonésie, en Amazonie. Des pourcentages encore plus importants sont donnés pour le Cambodge (90%) ou pour la Birmanie (80%). Ces activités illégales sont difficiles à apprécier : il faut d'une part les détecter, puis ensuite les mesurer. En outre, leur définition elle-même pose problème : dans des pays où la législation est fluctuante et mal connue, désigner des activités comme activités illégales « *celles qui enfreignent les lois nationales ou sous-nationales* » n'a pas de grande signification. Pour beaucoup, l'illégalité trouve sa source dans la destruction politique et sociale des pays et dans une corruption généralisée. Elle est favorisée également par l'explosion de la demande de bois, en particulier sur les marchés asiatiques.

¹⁶ On oppose les forêts naturelles composées d'arbres « indigènes » aux plantations réalisées par l'homme.

¹⁷ L'hypothèse selon laquelle les forêts tropicales auront pratiquement disparu d'ici cinquante ans, ne serait donc plus irréaliste. Les conséquences pourraient alors être désastreuses : érosion des sols, inondations, modifications locales et imprévisibles de la pluviométrie, recrudescence des incendies (une forêt détruite laisse des résidus particulièrement inflammables), la disparition des fonctions de puits et de réservoir de carbone, diminution de la diversité biologique (plus de la moitié des espèces vivantes dans la forêt tropicale disparaîtrait).

¹⁸ Directeur de recherche au CERI/CNRS.

Les unités de transformation locales, surdimensionnées, excèdent parfois largement la capacité de la forêt¹⁹ à produire de la ressource de façon durable : c'est ce qui se passe en particulier en Indonésie, Côte d'Ivoire ... Les remèdes proposés pour lutter contre la déforestation ne manquent pas. **La mise en place de filières responsables permettant de suivre le cheminement du bois** – du prélèvement à la transformation, jusqu'à l'exportation et au débarquement – **est présentée par les ONG de défense de l'environnement comme une solution contre le commerce illicite et pour une gestion forestière durable.** L'idée est de pousser les acquéreurs à n'acheter que du bois certifié comme provenant d'une exploitation forestière légale et durable, et d'obliger les entreprises à se lancer dans l'aménagement forestier durable pour conserver leurs parts de marché.

Le mécanisme soulève cependant quelques difficultés pratiques. La plus importante est de s'entendre sur le choix de ce que les spécialistes appellent *principes, critères, indicateurs* (PCI), c'est à dire les règles caractérisant une gestion forestière durable, et les moyens d'en contrôler l'application. La complexité des enjeux forestiers et l'hétérogénéité des forêts font qu'il existe de nombreuses définitions concurrentes et qu'il est très difficile de s'entendre sur des PCI communs.

Trois systèmes principaux sont aujourd'hui en présence :

- Le système européen²⁰ (Programme européen de forêts certifiées ou Pan European Forest Certification : PEFC) a été lancé le 30 janvier 1999 à Paris. Il concerne plus spécifiquement la gestion durable des forêts tempérées et boréales. Il retient un nombre considérable de PCI et met l'accent sur les fonctions écologiques de la forêt, plus particulièrement sur la préservation de la biodiversité. Ce système - certifiant des forêts européennes qui ne sont pas menacées par la déforestation - n'a cependant pas d'incidence directe sur les mécanismes de la déforestation qui sévissent dans les zones intertropicales.

- Le second système est en cours d'élaboration sous l'égide de l'Organisation Africaine du bois (OAB) et de l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT) : il retient un nombre relativement peu élevé de PCI et donne une grande importance aux procédures à mettre en place pour garantir l'application des politiques forestières, ainsi qu'à l'implication de populations locales. Ces systèmes « régionalisés » présentent l'avantage d'être fondés sur une vision commune de la durabilité adaptée aux situations locales. Mais les ONG leur reprochent d'être établis et gérés par les industriels, et surtout, sous prétexte d'adaptation au contexte local, de favoriser une multiplication des éco-labels qui enlèvent de la crédibilité et de la visibilité à la démarche.

- Les grandes associations de défense de l'environnement (WWF, Greenpeace, Les Amis de la Terre...) militent pour un organisme mondial qu'ils ont constitué ensemble : le Forest Stewardship Council (FSC). Le label que délivre le FSC a vocation à s'appliquer à tous les types de forêts (tempérées, boréales, tropicales). Il bénéficie de l'antériorité (c'est le plus connu et le plus ancien) et couvre la plus grande surface forestière. Ce système propose des principes et des critères généraux, applicables partout, et toute une batterie d'indicateurs dont l'application doit être discutée au plan local. Son avantage est de fixer une sorte de minimum écologique et social à respecter dans tous les cas et de poser une exigence d'équité entre les parties prenantes. L'inconvénient est que ces PCI sont si larges et généraux qu'ils sont difficilement contrôlables. En outre, leur mise en œuvre est si difficile et si coûteuse qu'elle favorise le bois provenant des zones tempérées et les grandes firmes internationales capables de procéder à des investissements lourds

¹⁹ Le monde comprend 3 900 millions d'hectares de forêts, dont 95% sont des forêts naturelles et 5% des plantations forestières. Rappelons que la définition d'une forêt est en perpétuelle évolution. Elle est même devenue de plus en plus politique. Plus les pays déboisent, plus ils insistent pour élargir cette définition, afin de masquer l'étendue de leurs pertes réelles : on inclut de nouvelles espèces (l'hévéa), on réduit la taille des arbres (7 à 5 m). De plus, bien que les images satellites permettent d'obtenir des données de plus en plus fines, la nature exacte des espaces forestiers cartographiés n'est toujours pas connue.

²⁰ <http://www.pefc.org>

dans la gestion forestière aux Etats-Unis, dans les pays scandinaves, en Angleterre, en Pologne, au détriment des entreprises locales. De fait, en novembre 2001, seulement 24 millions des 3 900 millions d'hectares de la forêt mondiale étaient certifiés selon les normes FSC (87% de cette surface se trouvait dans les pays tempérés).

Une bataille importante se déroule actuellement autour de la reconnaissance mutuelle des différents systèmes de certification. L'enjeu en est la distribution future du pouvoir entre ONG, entreprises et Etats, dans le processus de certification, avec à la clé, des conséquences économiques non négligeables. Quelle qu'en soit l'issue, la certification ne résoudra pas tous les problèmes de déforestation, car ceux-ci ne sont que partiellement liés au commerce international. La majeure partie du bois abattu dans les forêts tropicales est en effet abandonné ou utilisé sur place, comme bois de chauffage. Une faible partie seulement est exportée, de l'ordre de 16% à 19%. Et la majeure partie de ce qui est commercialisé part pour l'Asie en développement, vers des marchés jusqu'ici peu sensibles aux arguments éthiques et écologiques.

IV. ECOLOGIE ET ECONOMIE : DEVELOPPEMENT DURABLE

Opposées dans les faits, étymologiquement très proches, les relations qu'entretiennent l'économie (la règle ou l'administration de la maison) et l'écologie (le discours ou la science de la maison), sont complexes et ambiguës à la fois.

- Selon Karl Polanyi (1944) et Louis Dumont (1971), l'histoire de la discipline économique est animée par la volonté de quitter les champs du politique et de la morale dans lesquels elle plonge ses racines pour accéder à un domaine et à l'expression d'une logique propre (reconnaissance du bien fondé de l'enrichissement individuel et collectif, étude d'une institution : le marché). Du côté de l'écologie, celle-ci serait d'abord apparue sous la forme d'un discours scientifique traitant de l'interaction du vivant avec son milieu naturel. Ce ne serait qu'ensuite que l'écologie serait aussi devenue une idéologie (discours philosophique et politique) qui s'opposerait à l'exclusivité de l'ordre et de la rationalité économique, au développement anarchique de la société industrielle et à l'extension du modèle occidental à l'ensemble de la planète.

- Selon l'économiste René Passet (1979), l'économie met en œuvre des activités d'appropriation et de transformation de la nature (extraction d'énergie et de matière première, rejets d'effluents et de déchets). L'acte économique (production, consommation) a nécessairement une dimension écologique ; l'économiste ne peut faire autrement que d'avoir un discours sur la nature. Dans cette optique : une nouvelle théorie « économie écologique » contribuerait à la finition et à la modification du rapport des sociétés occidentales à la nature

Depuis les années 1990, les questions d'économie et d'écologie sont désormais inextricablement liées dans la définition et la mise en œuvre de ce que l'on désigne aujourd'hui sous le terme « **développement durable** ». Selon Lester Brown (1992, p XIX), qui fait écho aux principes opérationnels proposés par Herman Daly (1990), il faut entendre par là un développement « *qui reposerait sur une utilisation modérée des ressources non renouvelables, un usage des ressources renouvelables respectant leur capacité de reproduction et une stricte limitation des rejets et déchets à ce qui peut être recyclé par les processus naturels.* » Compte tenu de ces contraintes, le développement durable appelle de profonds changements dans nos sociétés, en particulier en ce qui concerne leurs modes de production et de consommation. Dans notre souci d'apporter une dimension théorique au débat, nous présenterons dans un premier temps, deux

courants de pensée qui ont réfléchi à la question du développement durable²¹. Le premier courant de pensée se range sous la bannière de l'écologie industrielle (Frosch, Gallopoulos 1989 ; Erkman 1998). Le second courant de pensée, regroupe un certain nombre d'auteurs, comme Illich (1973, 1975), Gorz (1978, 1988) ou Georgescu-Roegen (1978, 1993), que l'on range dans les rangs de l'écologie politique ou dans ceux la bioéconomie. Dans un second temps, nous évoquerons le thème du développement durable en le replaçant dans le contexte des différents sommets de la terre (juin 1992 à août 2002). Défini par le rapport Brundtland (1987), le développement durable est « *un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». D'abord présenté comme une tentative pour concilier croissance et développement économique, il insiste aujourd'hui sur l'existence d'un nouveau modèle de gouvernance générant à la fois des perspectives économiques, sociales et écologiques. En s'étendant à de nombreux domaines - on parle d'agriculture durable, de gestion forestière durable -, le développement durable s'inscrit davantage dans le contexte de la durée plutôt que celui de l'effet de mode !

A. Aux origines du développement durable

En insistant sur le fait que le développement durable pouvait trouver ses origines dans deux modèles alternatifs, celui de l'écologie industrielle et celui de l'écologie politique, nous serons amenés : 1° à présenter les points communs de ces deux approches, pour l'essentiel une ouverture aux enseignements de la science écologique et l'accent mis sur la nécessité de résoudre la crise environnementale ; 2° à étudier leurs divergences, si ces deux courants de pensée travaillent tous deux à la décroissance, les stratégies respectives qu'ils entendent mettre en œuvre sont radicalement différentes.

1. Les enseignements de l'écologie

L'écologie politique et l'écologie industrielle présentent un certain nombre de points communs. On peut y observer la même volonté affichée de vouloir changer le cours des choses, de rejeter les modèles analytiques standards dans le domaine économique et, comme l'écrit Erkman (1994), de porter un « *regard nouveau* » sur les activités économiques. Le recours à d'autres savoirs – à la thermodynamique et à la science écologique notamment – et à une démarche pluridisciplinaire y est un autre aspect de cette culture commune aux deux démarches. Cela leur permet de mettre l'accent sur les dimensions biophysiques de l'activité économique. C'est à partir de cette grille de lecture qu'elles ont toutes deux la volonté de réduire l'impact écologique des activités économiques.

a. Un point de vue biophysique sur le système économique

Qu'ils se qualifient de « politique » ou d'« industrielle », les deux courants considérés entendent trouver un certain nombre d'enseignements dans l'écologie, cette « *science carrefour* »²² qui étudie les rapports et les processus qui rattachent les êtres vivants à leur environnement. Le biologiste et écologiste Barry Commoner (1971) a été l'un des premiers à tenter de vulgariser certaines connaissances de la science écologique pour répondre à la crise de l'environnement qu'il décrivait par ailleurs. Ainsi, dans son ouvrage le plus connu, *The Closing Circle*, à la suite de la présentation

²¹ Cette partie renvoie à l'article de Dannequin F., Diemer A., Petit R., Vivien F-D (2000), La nature comme modèle ? écologie industrielle et développement durable, *Cahier du CERAS*, « *Nature, Culture et Economie* », n° 38, mai, Université de Reims, pp. 63 – 75.

²² Jean-Paul Deléage (1991, p 297) note que « (...) l'écologie conserve une spécificité, qui l'apparente d'ailleurs plus à la géographie qu'à toute autre science : placée au carrefour de savoirs sur la nature comme la biologie et les sciences de la planète, et de sciences humaines comme l'ethnologie ou l'économie, l'écologie est nécessairement polydisciplinaire. »

de la Biosphère et des grands cycles biogéochimiques qui l'animent, Commoner édicte un certain nombre de principes.

La première loi de l'écologie stipule que «*Toutes les parties du complexe vital sont interdépendantes*». Les systèmes écologiques sont des systèmes dynamiques qui évoluent grâce à l'interaction de nombreux éléments abiotiques et biotiques qui forment respectivement le biotope et la biocénose, cette dernière étant elle-même formée par un ensemble d'espèces associées en un réseau trophique. Ainsi, nous explique Commoner (1971), en tout système naturel, ce qui est rejeté comme déchet par un organisme est utilisé comme nourriture par un autre organisme. Pour comprendre la logique et les modes de régulation de ces structures complexes, il importe donc de développer une approche en termes de systèmes, qui s'appuie sur des principes cybernétiques, c'est-à-dire des boucles de rétroaction, positives ou négatives (voir le rapport Meadows).

La deuxième loi de l'écologie enseigne que «*La matière circule et se retrouve toujours en quelque lieu*». Il est ici question des cycles biogéochimiques et des éléments (carbone, azote, phosphore, soufre, etc.) qui traversent les systèmes écologiques, passant de l'environnement aux organismes vivants et des organismes à l'environnement. La matière et l'énergie ne sont ni créées ni détruites, les êtres vivants ne peuvent que les transformer. Cela veut dire, entre autres, que l'introduction de nouvelles substances dans les écosystèmes – le DDT, par exemple - aura nécessairement des conséquences sur l'organisation de ceux-ci, lesquelles sont rarement contrôlables et désirables.

La troisième loi de l'écologie précise enfin que «*La nature en sait plus long*», autrement dit, les hommes doivent user de beaucoup de précaution et de prudence avec ce qu'ils rejettent dans la nature.

Penser l'économie dans la suite de l'évolution de la vie est aussi un des objectifs de Nicholas Georgescu-Roegen (1966), un des premiers économistes contemporains à mettre l'accent sur l'importance des enseignements de la thermodynamique – tout particulièrement de son second principe - et de la biologie pour la science économique. Selon lui, même si la fonction de production néoclassique, représentation analytique standard, présente la production comme une relation technique entre des intrants et des extrants, elle ne décrit finalement aucune réalité physique. Rompant avec celle-ci, Georgescu-Roegen va mettre en avant la notion de «processus», à savoir une transformation contrôlée de la nature qui se déroule dans un certain contexte organisationnel. Sous son aspect biophysique, la production économique est une transformation de «basse entropie» en «haute entropie», et ce tant du point de vue de l'énergie que de la matière. Georgescu-Roegen dénonce ainsi l'idée selon laquelle les seules limites naturelles que rencontrerait le développement industriel résident dans l'énergie disponible pour le système de production. Pour bien marquer l'importance de cet aspect, il entendait faire de l'entropie matérielle la quatrième loi de la thermodynamique.

On trouve des idées très proches chez Robert Ayres et Allen Kneese (1969) et Allen Kneese, Robert Ayres et Ralph D'Arge (1970) qui ont développé les études des bilans matières en économie. C'est le premier principe de la thermodynamique – celui de la conservation de l'énergie – qui sert de guide à ce type d'approche. Selon ces auteurs, dans une économie fermée où il n'y a pas d'accumulation nette (sous forme d'usine, d'équipements, d'immeubles, etc.), la masse de rejets et de déchets de toute sorte produits par le système économique équivaut approximativement à la masse d'énergie et de matière utilisées par ce même système.

L'écologie industrielle s'inspire de ces mêmes conceptions et principes. Le mot d'ordre de ce courant de pensée est que, désormais, il convient que les modèles de l'organisme et de l'écosystème inspirent les chercheurs, les ingénieurs et les entrepreneurs. Il lui importe de promouvoir une approche holistique, «intégrée», des systèmes industriels, lesquels, comme les systèmes

écologiques, sont traversés de flux énergétiques et matériels. Suren Erkman (1998, p 22) résume ce point de vue : « *Le substrat biophysique du système industriel, c'est-à-dire la totalité des flux et des stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, constitue le domaine d'étude de l'écologie industrielle, par opposition aux visions usuelles, qui considèrent l'économie essentiellement en termes d'unités de valeur immatérielle.* »

b. La problématique environnementale et la question du développement durable

Dans cette optique biophysique, les répercussions sur l'environnement - ce que les économistes désignent habituellement comme des externalités - ne peuvent être considérées que comme des conséquences normales de l'activité économique. Ivan Illich (1975) et Allen Kneese *et al.* (1970) avaient déjà respectivement mis en exergue ce point important. On retrouve cette conception chez les tenants de l'écologie industrielle : « *le point essentiel dans la perspective de l'écologie industrielle, écrit ainsi Suren Erkman (1998, p 55), réside dans le fait que les principaux flux de substances toxiques ne résultent pas d'accidents spectaculaires, mais d'activités de routine : industries, agriculture, occupations urbaines, consommations de produits divers.* »

Si les modifications de l'environnement sont inévitables, les différentes activités et les diverses techniques de production n'ont pas pour autant les mêmes impacts. Pour Commoner (1971, p 17), comme pour d'autres écologistes²³, les problèmes d'environnement contemporains trouvent d'abord leur origine dans des « *erreurs de la technologie productive et des arrière-plans scientifiques.* » Au-delà de l'énergie nucléaire, ce sont les industries chimiques qui sont mises en cause. L'important, pour nombre d'écologistes²⁴, est de souligner que c'est à la réussite de certains développements et solutions techniques de l'industrie - et non à leur échec - que l'on doit des dégradations et des destructions de la nature. Dès lors, selon Commoner (1971, p 282), il convient de se sortir de ce faux pas technologique : « *les technologies actuelles, écrit-il, devraient être entièrement remodelées et transformées pour s'adapter, dans toute la mesure du possible, aux nécessités écologiques ; et dans l'industrie, l'agriculture et les transports, la plupart des entreprises actuelles devraient être réorganisées en fonction de ces nouveaux objectifs.* » Sur le fond, cette proposition, comme le soulignent Dara O'Rourke *et al.* (1996) apparaît très proche du message général qu'essaient de faire passer les tenants de l'écologie industrielle.

Le thème du « **développement durable** » ne va apparaître qu'au tournant des années 80, mais cet objectif est déjà annoncé par la littérature écologiste. Commoner (1969) se demande : quelle terre laisserons-nous à nos enfants ? Schumacher (1973, p 33) recommande d'« *étudier l'économie du durable* », c'est-à-dire la poursuite à longue échéance d'une croissance qui ne peut être illimitée. En ce qui concerne Georgescu-Roegen (1978, p 374), même si, quand elle se sera répandue, il dira ne pas aimer l'expression *sustainable development* (Georgescu-Roegen, 1993), il n'en dénonce pas moins le fait que la définition de l'économie politique traditionnelle ne précise pas qu'elle « *considère l'administration des ressources rares seulement pendant l'horizon économique d'une génération.* ». A l'inverse, il entend définir un « **programme bioéconomique** » qui concerne l'affectation des ressources dans l'intérêt, non pas d'une seule génération, mais de toutes les

²³ Le « *problème de la production* » est le titre du premier chapitre de *Small is beautiful*. Schumacher (1973, p 29) y écrit notamment : « *la croissance économique qui, considérée du point de vue de l'économie, de la physique, de la chimie et de la technologie, n'a pas de limite perceptible, doit nécessairement aboutir à une impasse du point de vue des sciences de l'environnement.* »

Schumacher (1973, p 18-19) précise : « *En d'autres termes, les changements opérés au cours des vingt-cinq dernières années dans le domaine industriel, aussi bien en quantité qu'en qualité, ont fait naître une situation entièrement nouvelle, situation qui ne résulte pas de nos échecs, mais de ce que nous prenions pour nos plus grandes réussites. Ce phénomène s'est produit si soudainement que nous avons à peine remarqué que nous épuisions totalement, et vite, une certaine forme de bien irremplaçable, les marges de tolérance que la nature, dans sa bienveillance, nous a toujours fournies.* »

génération. L'idée de soutenabilité est aujourd'hui clairement affichée par les tenants de l'écologie industrielle [Ayres (1993), Graedel (1996)]. Il s'agit, pour reprendre le sous-titre de l'ouvrage de Suren Erkman (1998), de «*mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle.*» L'écologie industrielle se présente comme une approche soucieuse de donner un contenu opérationnel à la notion de développement durable.

2. Des stratégies divergentes pour un développement durable

La connaissance des enseignements de la science écologique conduit à ne plus pouvoir considérer la croissance économique en dehors de la dynamique des systèmes écologiques. On sait désormais que, compte tenu du formidable développement de ses capacités techniques et de ses activités, l'homme, comme l'écrivait le père de la science de la Biosphère, Vladimir Vernadsky (1924, p 344), est devenu un véritable «*agent géologique*». Ce bouleversement des flux biogéochimiques est un des principaux aspects de la crise environnementale que traversent les sociétés industrielles.

Pour y répondre, l'écologie politique et l'écologie industrielle appellent à rompre avec le système productiviste. Ivan Illich (1973) ou Suren Erkman (1998) soulignent ainsi la nécessité de dissocier l'accroissement du bien-être des sociétés, d'une part, et l'accroissement de la production et des consommations énergétiques et matérielles, d'autre part. Toutefois la façon de mettre en oeuvre cette «*décroissance*» diverge fortement quand on considère les stratégies avancées respectivement par l'écologie industrielle et l'écologie politique.

a. Les défis techniques de l'écologie industrielle

Depuis son origine, la thermodynamique a toujours travaillé à rapprocher et comparer les systèmes techniques et les systèmes vivants. Elle a appris aux hommes à concevoir la machine (à vapeur, en particulier) comme un organisme et l'organisme comme une machine. La même opération de pensée s'est déroulée avec le développement de l'écologie systémique. On en veut pour preuve qu'un vaisseau spatial construit pour un long périple sidéral est, pour l'écologue Eugene Odum (1971, p 10), un très bon exemple d'écosystème. Rien de très étonnant donc à vouloir aujourd'hui «*envisager le système industriel comme un cas particulier d'écosystème*» (Erkman, 1998, p 9), ainsi que le recommandent les partisans de l'écologie industrielle.

- Le premier temps de cette démarche analogique est descriptif. L'écologie industrielle entend considérer tout processus de production dans sa totalité, avec tous ses intrants et ses extrants, qu'ils soient de nature énergétique ou matérielle. On retrouve là l'esprit des analyses en termes de bilans matières développées par Ayres, Kneese (1969), et Kneese, Ayres et D'Arge (1970) qui appelaient à l'élaboration d'une théorie des résidus, des déchets, de leur production et de leur circulation, une théorie des «*maux*» (*bads*) symétrique de la théorie de l'échange des «*biens*» (*goods*) qui existe déjà, permettant, d'une part, de rendre compatible le fonctionnement du système industriel avec celui de la biosphère et, d'autre part, de limiter les gaspillages. La métaphore aidant, et compte tenu des transformations, tant qualitatives que quantitatives, qui s'opèrent durant la production, les auteurs vont s'efforcer d'étudier ce qu'ils désignent comme le «**métabolisme industriel**» (Ayres, 1989) des différents systèmes étudiés (usine, agrosystème, ville, etc.). C'est un système de comptabilité biophysique, aussi bien en termes de stocks que de flux, qui doit ainsi être mis sur pieds.

- Le deuxième temps de la démarche est prescriptif. L'idée affichée par les tenants de l'écologie industrielle est de trouver des modèles dans la nature et de les copier. Ainsi, Frosch et Gallopoulos (1989, p106) avancent qu'un «*écosystème industriel*» devrait, tant que faire se peut, fonctionner comme un écosystème biologique. Chez certains auteurs, cet impératif prend même la forme d'une nouvelle étape, d'un nouveau stade d'évolution des systèmes industriels, pourrait-on dire, identique

à celui qu'a connue la vie. A l'image de ce que l'on sait de l'évolution des systèmes vivants, l'industrie se doit de passer d'un stade juvénile à un âge de la maturité. Dans la pratique, il s'agit d'en finir avec un système industriel essentiellement « extractiviste » et de développer davantage le bouclage des flux et le recyclage des matières et éléments qui traversent le système économique ou qui sont créés par le processus de production des biens et des services. Les industriels doivent procéder à une optimisation des consommations énergétiques et matérielles, à une minimisation des déchets et à la réutilisation des rejets pour servir de matière première à d'autres processus de production et à d'autres activités économiques. La « symbiose de Kalundborg », située au Danemark, est l'exemple qui sert généralement à illustrer cette nécessaire interdépendance et le bouclage des flux entre plusieurs processus de production mis en œuvre par différentes entreprises. Frosch (1995, p 149) la décrit comme un « *écosystème industriel modèle* ». L'idée est de s'efforcer ne pas créer des déchets à la source plutôt que de devoir les traiter et les éliminer ensuite. Pour autant, les objectifs purement économiques (le profit) ne sont pas perdus de vue. Erkman (1998, p 33) rappelle que « *le fait d'optimiser l'ensemble des flux de matière et d'énergie devrait se traduire tôt ou tard par une performance et une compétitivité accrue.* »

Illustration : Kalundborg et l'écologie industrielle

Kalundborg est une petite ville industrielle située à une centaine de kilomètres à l'ouest de Copenhague. Dans les années 1950, s'y installent une raffinerie de pétrole et une centrale électrique. Comme toutes les centrales, celle-ci produit des quantités impressionnantes d'eau chaude, mais cette eau n'est pas rejetée dans l'environnement : elle entre dans un processus de "cogénération", c'est-à-dire de réutilisation en vue d'assurer le chauffage de divers usagers – une idée qui tend à s'imposer aujourd'hui, mais qui passait pour très avant-gardiste à l'époque. Puis d'autres partenaires industriels s'installent à Kalundborg et prennent l'habitude d'échanger entre eux les déchets de leurs activités, au point que les responsables de la zone industrielle finissent par réaliser qu'une véritable symbiose s'est instaurée entre les divers usines du site. Celles-ci sont aujourd'hui au nombre de cinq, reliées entre elles, sur quelques centaines de mètres, par un dense réseau de pipelines permettant les échanges. Au centre du dispositif, la plus grande centrale électrique du Danemark, alimentée au charbon et qui emploie 600 personnes. Tout près, la plus grande raffinerie de pétrole danoise, avec ses 250 employés. Puis à proximité, une usine de biotechnologie, l'une des principales productrices mondiales d'enzymes industrielles et de médicaments obtenus par transgénèse bactérienne, notamment l'insuline : 1.200 personnes y travaillent. A quelques centaines de mètres, une société suédoise produit des panneaux de construction en gypse; elle compte 175 collaborateurs. Enfin, tout naturellement, la ville de Kalundborg est entièrement chauffée par la vapeur fournie par la centrale électrique. Ce système de partenariat croisé fonctionne sur le modèle de la nature : rien ne se perd, tout se transforme. Les échanges d'eau et de vapeur constituent l'élément central de la symbiose industrielle de Kalundborg. On dénombre dix-neuf flux d'échanges entre les partenaires. La raffinerie fournit de l'eau usée pour refroidir la centrale électrique qui vend à son tour de la vapeur à ladite raffinerie, à la ville de Kalundborg, mais aussi à l'entreprise de biotechnologie pour fonctionnement des fermenteurs; elle vend aussi de la vapeur à l'usine de panneaux de construction et de l'eau chaude à une ferme d'aquaculture qui élève près de là des turbots. Soucieuse de désulfurer ses émissions gazeuses – l'une des principales causes de la pollution de l'aire en milieu industriel – la centrale a mis en service en 1990 une installation de désulfuration. Les gaz de combustion barbotent, avant d'être rejetés, dans un lait de chaux, ce qui donne du gypse, aussitôt transporté par camions jusqu'à l'entreprise voisine où il sert de matière première à la fabrication de panneaux de construction. Du coup, cette société a cessé d'importer du gypse naturel, jusqu'alors en provenance d'Espagne, réduisant du même coup ses charges de transport. Le bilan chiffré de cette étonnante symbiose industrielle ... (profit annuel résultant de l'économie des ressources et de la vente des déchets) ... est évalué à 10 millions de dollars." Ce fameux exemple de symbiose, concernant des déchets industriels et non ménagers, prouve avec éclat les potentialités de recyclage et de valorisation existantes tant pour des matières volatiles (gaz) que solides. Il est clair qu'une pareille mise en œuvre nécessite presque un changement d'état d'esprit qui, sans remettre en cause le principe de la rentabilité financière – gage de viabilité à long terme de toute activité économique – bouleverse néanmoins l'ordre des priorités qu'une entreprise se fixe habituellement : l'analyse d'impact environnemental, l'appel à candidature pour la recherche de partenaires intéressés par des échanges de matières deviendraient des éléments au moins aussi importants que le coût de la main-d'œuvre ou que la rémunération de l'actionnaire. De tels partenariats supposent d'agir à long terme, ce qui est souvent contradictoire avec les stratégies industrielles à courte vue. Tel est le défi du Corporate Social Responsibility (CSR = responsabilité sociale de l'entreprise) !

Extrait de l'ouvrage de Jean-Marie Pelt (2000), *La Terre en héritage*, éditions Fayard.

Dans l'ensemble, les modifications organisationnelles du système économique qui sont prônées par l'écologie industrielle concernent les processus et les sites de production. Ce sont les entreprises qui, à l'aide du progrès technique, vont modifier leurs normes de production, en ayant recours au recyclage et à la « dématérialisation » de certains produits. Certes, certains auteurs sont bien conscients que les attitudes du public doivent changer en matière de consommation mais, pour l'essentiel, ainsi que l'écrivent Frosch et Gallopoulos (1989:114), cela doit se traduire par des efforts accrus de la part des consommateurs en matière de ramassage et de tri sélectif des déchets ménagers. De son côté, dans la société post-industrielle qu'il entrevoit, Suren Erkman (1998:129) entend bien que l'utilisateur de service doit, à terme, remplacer le travailleur-consommateur. Mais les analyses menées en ce sens tournent vite court. Ainsi, c'est de manière fort symptomatique, nous semble-t-il, que le même Erkman (1998:64), quand il s'interroge au sujet de l'écocompatibilité de la production de jus d'orange, note que « L'autre option, peu vraisemblable, supposerait une baisse de la consommation de jus d'orange... » Nous allons voir que c'est précisément dans cette direction que certains penseurs de l'écologie politique ont développé leurs réflexions.

b. L'écologie politique et l'auto-limitation des besoins

La bioéconomie développée par Nicholas Georgescu-Roegen, est une des sources d'inspiration de l'écologie industrielle. Pour résumer les conclusions auxquelles son analyse bio-entropique l'a mené, on pourrait faire écho au *Halte à la croissance* du rapport Meadows (1972) ou à l'ouvrage *Demain la décroissance* édité par Jacques Grinevald et Ivo Rens (1995)

Pour organiser celle-ci, Georgescu-Roegen (1975, p 132) nous dit que « *L'innovation technique a certainement un rôle à jouer dans ce sens. Mais il est grand temps pour nous de ne plus mettre l'accent exclusivement – comme tous les programmes l'ont fait jusqu'ici – sur l'accroissement de l'offre. La demande peut aussi jouer un rôle et même, en dernière analyse, un rôle plus grand et plus efficace.* » Quelques années plus tard, il insistera à nouveau sur ce point. Georgescu-Roegen (1978, p 376) écrira alors : « *Le plus simple et aussi le plus ancien principe économique veut que, dans toute situation où les ressources deviennent de plus en plus rares, une sage politique consiste à agir en premier lieu sur la demande.* » Plus précisément, à la lecture de son « **programme bioéconomique minimal** », on comprend que Nicholas Georgescu-Roegen (1975) en appelle à une réduction de la consommation marchande des individus par le rejet des gadgets, de la mode et des objets inutiles.

Cette idée rejoint celle de certains penseurs de l'écologie politique, tels Ivan Illich (1973, 1975) ou André Gorz (1988, 1991), qui mettent en avant la nécessité de repenser la notion de besoin et de réfléchir à l'élaboration d'une norme du « suffisant ». Cette auto-limitation des besoins des consommateurs doit se faire à partir d'un certain nombre de renoncements, et non de sacrifices, note André Gorz (1991). Illich et Gorz en appellent ainsi à la découverte d'une « *austérité joyeuse* », entendons un modèle de société où les besoins sont réduits, mais où la vie sociale est plus riche parce que plus conviviale. Cette recherche sur le libre épanouissement des individus oblige aussi à considérer de manière critique les liens qui unissent le productivisme et le travail, lequel, ne l'oublions pas, est le mode de socialisation le plus important de la société industrielle. Beaucoup de biens et de services, comme le note André Gorz (1988, p 64), sont « *compensatoires* ». D'une part, la consommation d'objets, lorsqu'ils sont superflus ou contiennent un élément de luxe, va symboliser l'évasion de l'acheteur de l'univers strict de la rationalité économique. D'autre part, nous explique Gorz (1991, p 169), « *plus vous consacrez du temps au travail rémunéré, plus vous avez tendance à consommer des marchandises, mais aussi des services marchands, car le temps ou les forces vous manquent pour faire des choses par et pour vous-même.* » Dès lors, selon les penseurs de l'écologie politique, pour rompre avec cette logique – qui n'est autre que celle du capital – et pour que s'opère une libération dans la sphère de la consommation, il faut introduire du

choix dans le travail des individus²⁵. Il faut que le niveau des besoins et le niveau des efforts à consentir dans le domaine du travail soient proportionnés et déterminés conjointement. De manière générale, il s'agit de redéfinir les frontières de la sphère de la rationalité économique et des échanges marchands. Les activités économiques doivent décroître, selon Gorz (1991), tandis que les activités non régies par le rendement et le gain doivent se développer.

B. Le développement durable : un nouveau modèle de gouvernance

La notion de développement durable fait l'objet depuis près d'une vingtaine d'années d'un vif débat au sein de la communauté scientifique, économique et politique. Initié lors du 1^{er} Sommet de la Terre en juin 1992, le développement durable, *sustainable development* en anglais, a pris une nouvelle dimension lors du sommet mondial de Johannesburg qui s'est déroulé en août 2002. Signe de ce succès, le gouvernement français a rebaptisé son ministère de l'environnement, ministère de l'écologie et du développement durable. Le développement durable, défini dans le cadre du Rapport Brundtland (1987), est «*un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs*».

Si le développement durable a souvent été présenté comme une tentative pour concilier croissance et développement économique, il insiste aujourd'hui sur l'existence d'un nouveau modèle de gouvernance générant à la fois des perspectives économiques, sociales et écologiques. En s'étendant à de nombreux domaines - on parle d'agriculture durable, de gestion forestière durable -, le développement durable s'inscrit davantage dans le contexte de la durée plutôt que celui de l'effet de mode !

1. Le développement durable, une tentative pour concilier croissance et développement

a. De la mesure de la croissance et du développement...

Le taux de croissance du Produit Intérieur Brut par tête est un agrégat quantitatif et monétaire servant à mesurer la croissance économique. Durant les années 80, cet indicateur a été critiqué par de nombreux auteurs dont le prix Nobel Amartya Sen. L'IDH (indice de développement humain) est ainsi apparu comme un moyen d'intégrer des indicateurs qualitatifs à des indicateurs quantitatifs : c'est ainsi que le taux de scolarisation des enfants, le taux de natalité... ont pris une place importante dans l'analyse - notamment transversale (Barro) de la croissance. La notion de développement a été ainsi associée à la notion de croissance. Les travaux de François Perroux, illustrent cette relation en rappelant que le développement économique est «*la combinaison des changements mentaux et sociaux d'une population qui la rendent apte croître cumulativement et durablement, son produit réel global*». Le taux de croissance du PIB se trouve ainsi lié à des transformations qualitatives de la société dans les domaines économiques (production, consommation de masse), sociaux (taux de scolarisation, santé publique...), démographiques (pyramide des âges, taux de natalité...) et écologiques (épuisement des ressources naturelles, pollution...).

²⁵ On retrouve aussi cette idée dans le programme bioéconomique minimal de Georgescu-Roegen (1975, p 134) : « (...) il nous faut nous guérir nous-mêmes de ce que j'ai appelé le « cyclodrome du rasoir électrique » qui consiste à se raser plus vite afin d'avoir plus de temps pour travailler à un appareil qui rase plus vite encore, et ainsi de suite à l'infini. Ce changement conduira à un émondage considérable des professions qui ont piégé l'homme dans le vide de cette régression infinie. Nous devons nous faire à l'idée que toute existence digne d'être vécue a comme préalable indispensable un temps suffisant de loisir utilisé de manière intelligente. »

b. ... au concept de développement durable

La notion de développement durable a repris à son compte l'ensemble de ces transformations. Elle repose ainsi sur trois piliers : *un pilier économique*, le développement durable ne doit pas compromettre le progrès économique en limitant l'initiative et l'innovation ; *un pilier social*, le progrès économique doit être accompagné d'un progrès social appréhendé par la qualité des services de santé, de logement... ; et *un pilier écologique*, la préservation et la valorisation des milieux naturels devient une nécessité pour l'avenir. Si la question de l'environnement et des ressources naturelles a toujours intéressé au plus haut point les économistes, elle est également restée longtemps rattachée aux travaux sur la croissance. Dans le cas des ressources naturelles, Hotelling introduira une relation entre le taux d'extraction du minerai, le prix de vente de ce dernier et la structure de marché (monopole, concurrence). Dans le cas de l'économie de l'environnement, les économistes classiques introduiront la fonction de production à deux facteurs (capital et travail ; la terre et les ressources naturelles, considérées comme abondants n'apparaissent plus dans cette fonction) ; les économistes orthodoxes s'appuieront sur la notion d'effets externes (exemple de la pollution). De son côté, Solow insistera sur la relation de substituabilité entre les facteurs de production (amenant à remplacer le facteur coûteux, ici le prix des matières premières par un facteur moins coûteux.

La notion de développement durable fait donc suite à un long débat qui consistait à internaliser ou externaliser l'environnement : l'épuisement des ressources naturelles (rapport Meadows, milieu des années 70) et la responsabilisation des actes humains (problèmes écologiques des années 80-90, effet de serre, déforestation) sont venus modifier notre perception du progrès économique et social. Le développement durable leur a associé une condition supplémentaire : la satisfaction des besoins présents ne doit pas se faire au détriment des besoins futurs ; en d'autres termes, la croissance et le développement économique doivent respecter un équilibre inter-générationnel.

c. Un concept qui recouvre cependant de larges dimensions

Le développement durable rappelle qu'à long terme, il n'y aura pas de développement possible s'il n'est pas économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement tolérable. Il se trouve donc à la confluence de considérations sociales, économiques, environnementales débouchant sur des engagements politiques, éthiques et philosophiques forts : importance de l'écologie (le processus de développement doit se faire à un rythme compatible avec celui de l'évolution du milieu naturel) ; la notion de citoyenneté (ensemble des devoirs et des obligations, donc des responsabilités de celui qui habite dans la cité) ; de commerce équitable, (commerce alternatif à la mondialisation des échanges et qui vise à rémunérer davantage les petits producteurs des pays en développement), d'éthique (ensemble de valeurs morales reconnues par tous, codes de conduite volontaires), de charte de développement durable (ensemble de mesures - réunies au sein d'un document écrit - que les différents signataires s'engagent à respecter), le principe de précaution (principe qui vise, dès qu'un risque existe, à prendre les mesures qui s'imposent en vue de protéger la population, l'environnement ...)

2. Le développement durable, un nouveau modèle de gouvernance ?

Le développement durable est devenu un enjeu pour tous les acteurs de la scène économique. Il fait parti des débats internationaux relatifs à la protection et la préservation de l'environnement, et est intégré de plus en plus dans les stratégies d'entreprises. L'opinion publique, les marchés financiers, les pouvoirs publics font d'ailleurs de plus en plus pression sur les entreprises afin qu'elles communiquent sur leurs engagements en matière de développement durable.

Au-delà de ces clichés, il convient cependant d'ajouter que ce nouveau modèle de gouvernance insiste notamment sur le constat que les autorités internationales, les pouvoirs publics, les entreprises et la société civile vont devoir travailler main dans la main afin de réconcilier trois mondes longtemps opposés : l'économie, le social et l'écologie.

a. Un nouveau modèle de gouvernance à l'échelon mondial

Suite à la conférence de Rio, la plupart des Etats se sont engagés à **élaborer une stratégie nationale de développement durable**. Le développement durable impose des changements structurels en profondeur. Il faut rééquilibrer les pouvoirs entre les priorités économiques et les impératifs sociaux et écologiques. Ceci passe par :

- L'instauration d'une nouvelle pratique des décisions gouvernementales. Les décisions politiques sont encore trop souvent calculées à court terme, pour répondre à des intérêts économiques particuliers sans tenir compte de l'impact à long terme pour l'ensemble de la population.

- Le rééquilibrage des forces économiques entre les pays du Sud et du Nord. Les pays en voie de développement sont trop endettés et freinés dans leurs échanges commerciaux pour consacrer l'énergie et les moyens suffisants à l'éducation, la santé et la protection de l'environnement. L'annulation de la dette extérieure publique du Tiers-Monde, l'application d'une taxe de type Tobin sur les mouvements financiers et l'abandon des politiques d'ajustement structurels font partie des projets de développement durable.

- La création d'une institution internationale chargée de faire respecter les obligations souscrites par les Etats. À l'instar de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) qui gère les échanges commerciaux, il faudrait une Organisation Mondiale de l'Environnement pour gérer les problèmes écologiques. On peut citer ici le projet « *Global Compact* » de Kofi Annan, secrétaire de l'Organisation des Nations Unis. Il s'agit de réunir un maximum d'Etats et d'acteurs économiques s'engageant à respecter une liste de 9 principes de bonne conduite : respects des Droits de l'Homme ; interdiction du travail forcé et du travail des enfants ; développement d'une politique d'environnement ; recherche de techniques moins polluantes...

- Une implication de tous les groupes socio-économiques. La réalisation effective des objectifs du développement durable, ne peut aboutir que si l'ensemble des acteurs de la société agit en commun : les entreprises privées, publiques, les associations, les ONG, les syndicats et les citoyens. C'est ainsi que IKEA, BP et Carrefour travaillent avec les ONG pour la préservation de la population proche des sites industriels et de la biodiversité.

Lors du Sommet de Rio, en juin 1992, les Etats présents (182) ont adopté **l'Agenda 21, c'est-à-dire un programme de 2 500 actions** à mettre en œuvre au niveau international.

b. Les entreprises, au cœur du dispositif

Le développement durable traduit la responsabilité à la fois économique, sociale et environnementale des entreprises. Ces dernières doivent ainsi s'engager publiquement à respecter des codes de bonne conduite édités de manière interne (Monoprix a mis en place en 2000 une charte de développement durable, a contribué au lancement des produits alimentaires « Max Havelaar » issus du commerce équitable) ou par les organismes certificateurs (Afnor en France), les pouvoirs publics (Charte de l'environnement en France), les ONG, les organismes internationaux (la Commission Européenne a édité en 2001 un livre vert sur la responsabilité sociale des entreprises) ou les marchés financiers..

La communication est importante, toutefois elle pose le problème de la récupération opportuniste, comment faire en effet la différence entre un acte altruiste de mécénat et une politique intéressée de sponsoring ? Par ailleurs, ces conduites vertueuses sont souvent dictées par le souci de ne pas se mettre les consommateurs à dos

c. La pression de l'environnement

Les ONG relayés par l'opinion publique s'engagent de plus en plus en faveur du développement durable. Le collectif «*De l'éthique sur l'étiquette*» a ainsi poussé plusieurs entreprises à adopter un code de conduite et à accepter un contrôle indépendant (il diffuse chaque année un carnet de notes permettant de comparer les avancées des différentes enseignes en matière de responsabilité sociale. Il soutient également la mise en place de relations commerciales plus justes avec les pays en développement. Le commerce équitable traduit la responsabilité morale du citoyen vis à vis des petits producteurs des pays en développement (prix de vente plus élevé afin de permettre une meilleure rémunération des producteurs). Il fait également figure d'alternative à la mondialisation et au développement des inégalités économiques et sociales. Le développement durable a également généré l'apparition d'agences de notation sociale, des fonds éthiques et des investissements socialement responsables (ISR : les produits financiers doivent être investis dans des entreprises reconnues comme éthiquement responsables). Les sociétés sont évaluées en fonction de leur efficacité économique et financière, mais également à partir de critères environnementaux (prévention des risques industriels ; recherche de solutions aux problèmes de pollution) et sociaux (respect des normes sociales, ISO 8000 relatives aux conditions de travail ; non-discrimination raciale, refus d'investir dans les pays non respectueux de la démocratie

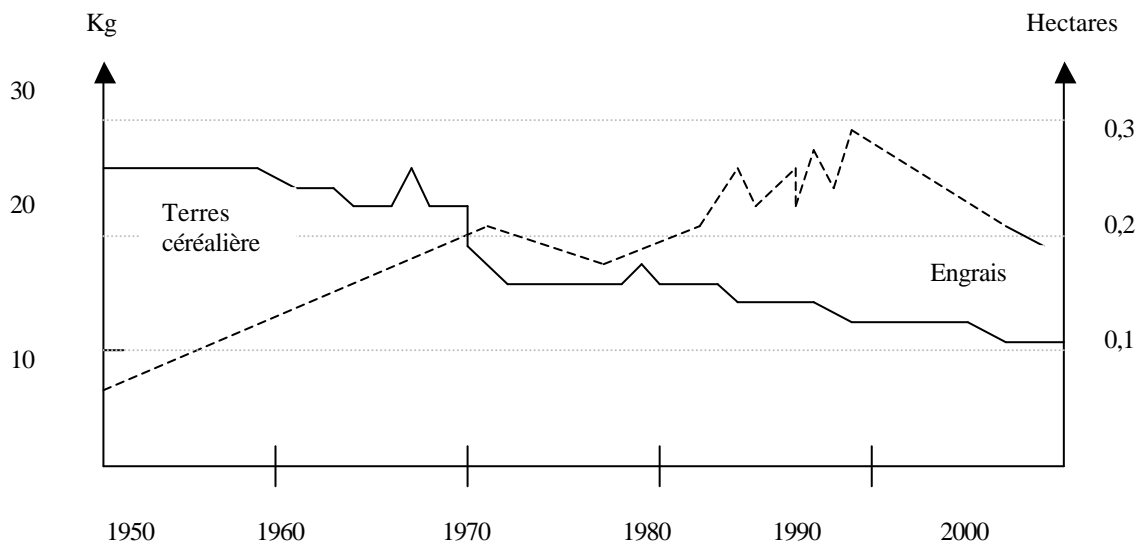
Les pouvoirs publics ont enfin intégré la dimension du développement durable dans une série de lois et de décrets. La loi sur les Nouvelles Régulations Economiques (NRE) du 15 mai 2001 obligent les sociétés cotées à préciser dans les rapports annuels, un volet social et environnemental. La loi du 19 février 2001 sur l'épargne salariale prévoit que les gérants tiennent compte de considérations sociales, environnementales ou éthiques dans leurs choix de placements.

3. Du développement durable à l'agriculture durable

Depuis la conférence de Rio et malgré les difficultés enregistrées en 1997 lors du sommet de la Terre de New-York, la notion de développement durable a poursuivi son chemin. De par l'importance des impacts agricoles sur l'environnement, le débat a bientôt gagné ce secteur. La prise en compte des impératifs gouvernementaux a tout d'abord été laborieuse. Cependant, dès 1978, Jacques Poly (directeur de l'INRA) se déclarait en faveur d'une agriculture «plus économe et plus autonome». Mais la mise en place dans le cadre européen, en 1985, des premières mesures agro-environnementales n'a pas été suivie d'effet en France. Alors qu'en Grande Bretagne, en Allemagne et aux Pays Bas, on mettait rapidement en place des outils nouveaux.

C'est seulement en 1989, que la France mit en place les premières expérimentations, l'impulsion décisive étant la réforme de la Politique Agricole Commune en 1992-1993. Longtemps réticents à toute remise en cause, les professionnels ont commencé à reconnaître que le modèle de développement suivi depuis trente ans posait de réels problèmes. Des initiatives commencèrent à remettre en cause les modèles de développement antérieurs. Pour citer quelques exemples, les mesures en faveur de l'extensification des systèmes de production, les actions de développement local ou même l'agriculture biologique (on parle également «*d'agriculture raisonnée*») ont anticipé cette évolution.

Figure 9 : Consommation mondiale d'engrais et de surfaces plantées en céréales par habitant



Source : L'Etat de la Planète, 2001.

Sous l'influence du Ministère de l'Agriculture, un travail pionnier de réflexion fût mis en place dans le cadre des PDD (Plans de Développement Durable). Ce travail a impliqué les organismes professionnels, la recherche et surtout un millier d'agriculteurs répartis dans 60 régions agricoles. Cette expérimentation a permis de forger un certain nombre d'indicateurs de durabilité et de méthode de diagnostic (diagnostic du territoire, agro-environnemental, d'exploitation...). La réussite de ces PDD a donné naissance à l'idée de Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE) récemment voté (remplacé depuis 2003, par les CAD : Contrat d'Agriculture Durable).

Se dessine donc progressivement une agriculture durable, c'est à dire une agriculture qui se veut : novatrice et performante pour ceux qui la pratiquent, écologiquement saine pour les ressources naturelles et la santé des consommateurs, socialement équitable dans l'attribution des droits à produire, des moyens de production, des aides publiques ainsi que dans les échanges internationaux. Elle se veut également autonome et économe. Cette plus grande autonomie induit une dépendance moindre aux contraintes extérieures et aux fluctuations du marché. L'agriculteur maîtrise mieux son activité, il peut ainsi penser à plus long terme. Quant à l'aspect économe, il s'agit de moyens mis en œuvre pour produire. L'agriculture durable ne recherche pas le rendement à tout prix mais s'attache plutôt à limiter les charges nécessaires à la production. La recherche de la qualité prévaut sur la quantité. La priorité va donc à la valeur ajoutée. L'économie se retrouve également au niveau des capitaux nécessaires à la production. L'utilisation de cahiers des charges est fréquent. Qu'ils soient nationaux ou plus localisés, ces cahiers des charges guident les pratiques et tirent la production vers la qualité et le respect de l'environnement. L'agriculture durable touche l'ensemble des filières de production. Les exploitations travaillent souvent en réseau ou en partenariat avec des organismes scientifiques, techniques et économiques.

4. La gestion forestière durable

La notion de gestion forestière durable a été précisée, continent par continent, lors de différentes conférences qui se sont tenues durant la première moitié des années 90 et qui ont donné naissance à différents processus : Helsinki pour l'Europe ; Montréal pour l'Amérique du Nord et Tarapoto pour l'Amérique Latine. Initié à Strasbourg en 1990, institué lors de la conférence d'Helsinki en 1993 et

finalisé à Lisbonne en 1998, le processus européen de gestion forestière durable définit six grands critères :

- maintien des **capacités de production biologique**,
- maintien du **bon état sanitaire**,
- satisfaction de la **fonction de production de bois**
- respect de la **biodiversité**,
- protection du **sol** et des **eaux**,
- fourniture des diverses "**aménités**" (accueil, paysage, ...).

La gestion forestière durable²⁶ - rattachée au programme européen de forêts certifiées - repose sur un mécanisme de certification qui fixe les règles d'exploitation forestière.

a. La certification

La certification est une procédure dont le but est de garantir aux utilisateurs et aux consommateurs que les produits ou les services dont ils sont acquéreurs sont conformes à une série de règles ou de normes fixées préalablement. En termes simples, la certification garantit que "*le producteur fait ce qu'il dit et dit ce qu'il fait*". La certification s'est largement répandue depuis plusieurs décennies dans tous les secteurs de l'économie. L'Organisation Internationale de Normalisation, plus connue sous son sigle anglais ISO (pour International Standard Organisation) définit au niveau mondial des normes et des méthodes communes de la certification. Ce sigle est d'ailleurs celui des normes de qualité les plus utilisées pour le fonctionnement des sites de production (ISO 9000) et pour leur impact sur l'environnement (ISO 14 000).

La certification PEFC²⁷ s'inscrit dans la démarche de normalisation ISO. La certification PEFC, réalisée selon les règles de l'art communes à tous les secteurs d'activités, apporte ainsi une garantie totale de sérieux aux consommateurs et aux acteurs de la filière bois. La certification PEFC est délivrée en France par des organismes certificateurs indépendant dûment accrédités par un organisme officiel : le COFRAC, le Comité Français d'Accréditation qui vérifie en toute impartialité la compétence de ces organismes certificateurs. Véritable "*gendarme de la certification*", le COFRAC offre ainsi aux entreprises, mais aussi aux consommateurs et aux pouvoirs publics, une réelle garantie de confiance dans les contrôles effectués par les organismes accrédités. Seuls des organismes certificateurs indépendants dont les compétences sont reconnues par le COFRAC sont habilités à décerner la certification PEFC aux entités chargées de certifier les forêts dans chaque région ainsi qu'aux entreprises qui transforment le bois récolté dans ces forêts. Avec PEFC, la certification de la gestion forestière durable est une méthode de normalisation reconnue par tous.

b. Les principales règles

Il faut distinguer deux niveaux : la certification et la gestion forestière durable

- L'Organisation Internationale de normalisation (ISO) fixe les règles. Pour que sa certification soit indiscutable et équitable, PEFC a choisi de se soumettre aux règles de la certification définies au plan mondial par ISO. À ce niveau, il n'y a pas d'adaptation possible. Les règles de vérification et les méthodes de contrôle sont les mêmes pour tous afin de garantir sérieux et impartialité.

²⁶ voir le site (<http://www.pefc.france.org>) pour plus d'informations.

²⁷ PEFC est une marque déposée qui appartient collectivement au Conseil Pan Européen de Certification Forestière (PEFCC). Les associations nationales PEFC en sont les dépositaires. Le logo PEFC a fait sa première apparition en France au début de l'année 2003 sur les produits bois issus de forêts certifiées. Il sera bientôt visible dans la plupart des lieux de distribution et de commerce du bois. Le logo PEFC atteste que le bois des produits marqués a été récolté dans des forêts dont les propriétaires se sont engagés à respecter les règles de la gestion forestière durable. Il garantit également que les industriels qui les ont transformés ont satisfait aux obligations de la chaîne de contrôle PEFC.

PEFC a choisi de se conformer à ces règles et exige : 1° la certification ISO 9000 ou ISO 14000 pour les deux principaux organismes impliqués dans la gestion des forêts : l'Office national des forêts et le Centre régional de la propriété forestière ; 2° le contrôle de toutes ses procédures par des organismes certificateurs indépendants accrédités par le COFRAC.

- Toutes les forêts du monde ne sont pas identiques, toutes les forêts du monde ne subissent pas les mêmes menaces, la situation économique et sociale de tous les pays du monde ne sont pas comparables. Il ne peut donc y avoir une seule et même définition des règles de la gestion forestière durable au niveau mondial. Des règles de gestion forestière durables ne peuvent être pertinentes que si elles sont définies en relation avec des contextes géographiques et socio-économiques précis. C'est pourquoi PEFC limite son champ de compétences à l'Europe et a fait sien le principe de subsidiarité. Celui-ci permet de préciser les règles en fonction des situations locales. Ce système permet à la fois de définir des règles pertinentes et réalistes et de garantir une équité de traitement à tous les acteurs de la filière forêt-bois travaillant dans des contextes comparables. PEFC ne saurait introduire des distorsions de concurrence. L'essentiel étant que les objectifs et les règles soient, en toute transparence, connus de tous. Parce que pour PEFC seule la transparence peut garantir la confiance, tous les documents PEFC (règles, listes d'adhérents, charte d'engagement...) sont à la disposition du public.

PEFC association européenne a fait sien le principe de subsidiarité. Permettant ainsi à chaque échelon géographique pertinent de définir et de préciser les règles de la gestion durable forestière en fonction des situations locales.

Au Niveau européen, Le conseil pan européen des forêts certifiées (PEFCC) a fixé les grandes lignes directrices de la gestion forestière durable applicables dans les pays européens dans le cadre du processus d'Helsinki. Le PEFCC veille également à assurer la cohérence entre les règles définies aux échelons nationaux. Le PEFCC met ainsi en pratique le principe de la reconnaissance mutuelle entre les certifications des différentes entités nationales. Le conseil pan européen des forêts certifiées est formé de trois collèges : producteurs, transformateurs, Consommateurs, associations environnementales et associations d'usagers.

Au niveau national, chaque pays a une association nationale composée de trois collèges, producteurs, transformateurs, consommateurs et qui est chargé de définir un référentiel de principes et de recommandations. Le référentiel français a fait l'objet d'un profond et long travail de concertation qui s'est étalé sur plus d'une année. Le référentiel national de la gestion forestière durable est applicable à l'ensemble de la forêt française. Ce document précise pour les six critères de la gestion forestière durable des normes minimales que chaque entité régionale sera tenue de respecter. Les entités régionales ont la possibilité de préciser ou de rendre les règles plus sévères si elle le désire en fonction de leur situation locale. Le référentiel national prévoit également les règles de non-conformité et les modalités qui peuvent aboutir à la radiation d'un adhérent PEFC qui ne respecterait pas les règles de PEFC France.

Le référentiel national constitue donc une base d'engagement minimum. Le référentiel est défini pour une durée de 5 ans. À l'issue de cette période, les membres de PEFC France procéderont à une évaluation et à une comparaison des politiques régionales. La logique du système de certification PEFC est d'installer une dynamique de progrès continu. À l'issue de la première période de PEFC, l'ensemble des trois collèges décideront après concertation et sur la base de l'expérience acquise dans les régions, s'il y a lieu de renforcer les principes et recommandations du référentiel national. Bref, de relever le niveau des engagements minimaux.

Au niveau régional, Vingt associations régionales PEFC ont été ou sont en cours de constitution. Chaque association régionale est formée de trois collèges : producteur, transformateur,

consommateurs. Les associations locales membre de France Nature Environnement (FNE) notamment appartiennent au troisième collège. L'association régionale a pour première mission de préciser, renforcer et adapter, les règles de la gestion forestière durable qui s'appliquent dans chaque région. Les règles régionales débouchent sur la rédaction de chartes d'engagement pour la gestion forestière durable que les différents acteurs adhérents (propriétaires, entreprises d'exploitations forestières...) s'engagent à respecter. Outre le respect de pratiques de gestion forestière durable (conservation d'arbres morts, limitation de surface de coupe rase...), les adhérents s'engagent également à s'informer et à se former, notamment en matière de connaissance de la biodiversité. En cela, la certification PEFC se veut un processus d'amélioration continue des pratiques. Pour être efficace et répondre à ses ambitions, la gestion forestière durable se doit de se généraliser le plus largement possible. Une gestion forestière durable isolée dans quelques forêts pilotes n'aurait guère de sens pour le devenir de la forêt et de la planète. Dans le cadre de la concertation et de la recherche du meilleur équilibre entre toutes les fonctions de la forêt, l'objectif de PEFC est d'augmenter graduellement le niveau d'exigence de la gestion forestière durable. Favorisant le décloisonnement des savoirs entre les différents spécialistes de la forêt, PEFC mise sur l'intelligence collective des hommes et des femmes de la filière forêt bois. La gestion forestière durable ne saurait se décréter, c'est au contraire un processus qui se construit.

BIBLIOGRAPHIE

- Barde J.P (1997), Environnement : les instruments économiques sont-ils efficaces ?, *L'observateur de l'OCDE*, n° 204, février-mars.
- Beaumais O., Chiroleu-Assouline M. (2001), *Economie de l'environnement*, Bréal
- Bonnieux F., Rainelli P., *Catastrophe écologique et dommages économiques*, Economica, 1991
- Brown J.L (1992), *Le Défi Planétaire*, Sang de la Terre.
- Cahiers français (2002), Enjeux et politiques de l'environnement, *La documentation française*, jan-fev, n° 306.
- Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales (1996), *Economie de l'environnement*, n°39-40.
- Club de Rome, (1972), *Le rapport Meadows : Halte à la croissance*, trad française, Fayard.
- Dannequin F., Diemer A., Petit R., Vivien F-D (2000), La nature comme modèle ? écologie industrielle et développement durable, *Cahier du CERAS*, «Nature, Culture et Economie », n° 38, mai, Université de Reims, pp. 63 - 75
- Conseil d'Analyse Économique (1998), *La Documentation Française*.
- Faucheux S., Noël J-F, (1995), *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, A. Colin.
- Smouts M-C (2002), Comment arrêter le massacre ? *Alternatives économiques*, n° 207, pp. 52-55.
- Lescuyer G. (2002), Vers un système mondial de principes-critères-indicateurs pour la gestion forestière, Bois et Forêts, n° 272, 2^{ème} trimestre, CIRAD, pp. 108-109.
- Pelt J.M (2000), *La Terre en héritage*, éditions Fayard
- Tietenberg T.H (1990), Economic Instruments for Environmental Regulation, *Oxford Economic Review Policy*, vol 6, n°1.
- Vivien F.-D (1994), *Economie et écologie*, Repères n° 158, La Découverte.