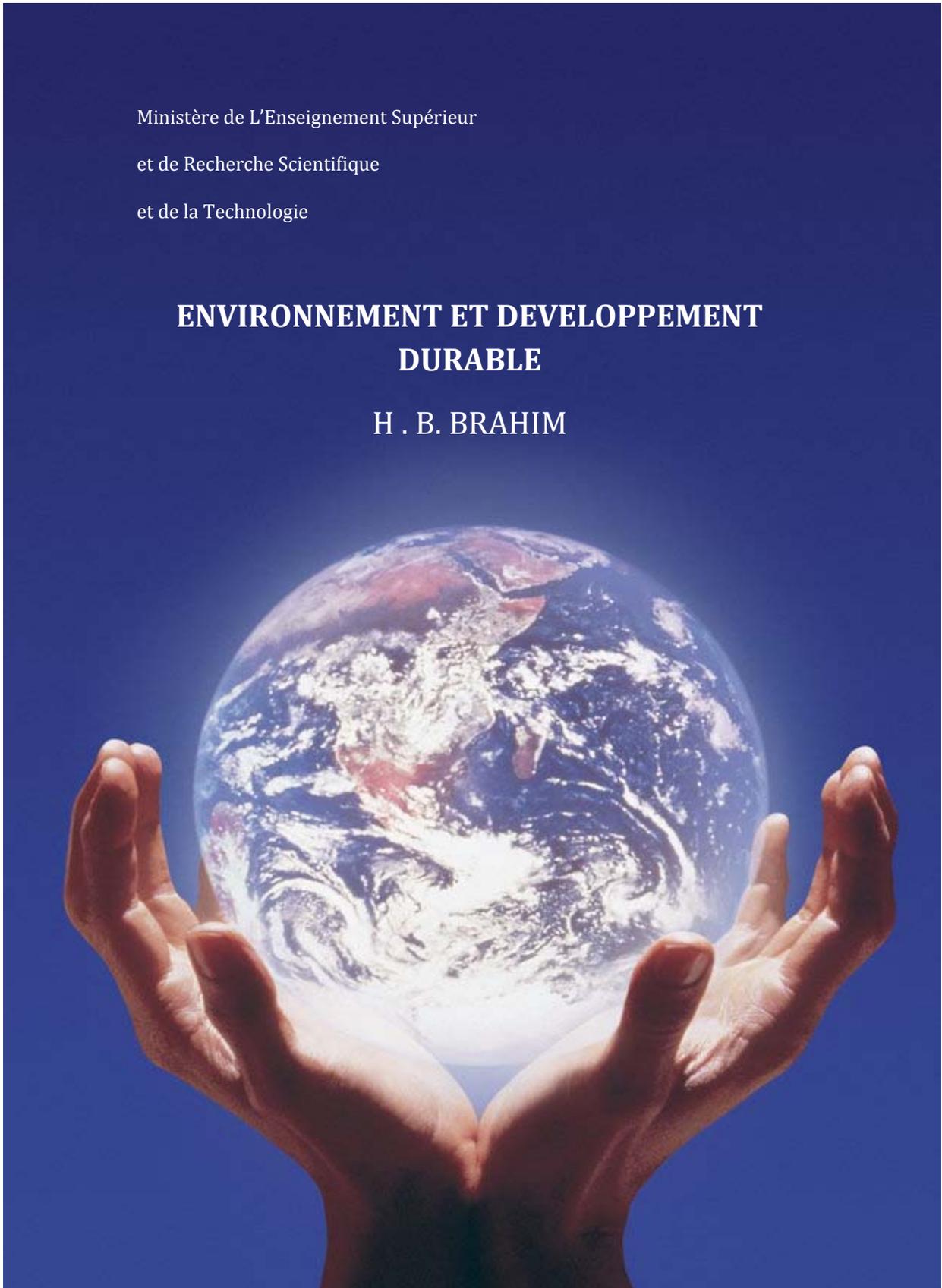


Ministère de L'Enseignement Supérieur
et de Recherche Scientifique
et de la Technologie

ENVIRONNEMENT ET DEVELOPPEMENT DURABLE

H . B. BRAHIM



DESCRIPTION MODULE

Nb d'heure	: 21h cours / 21h TD
Licence	: Licence appliquée en administration des affaires
Type	: Appliquée
Domaine de la licence	: Economie et gestion
Mention	: Administration des affaires
Parcours	: Management intégré de la Qualité, la Sécurité et l'Environnement
Semestre	: L3
Unité d'enseignement	: UE03
Pré-requis	: Culture générale

Table des matières

INTRODUCTION

Chapitre 1 : Interaction environnement - homme - démographie et notion de développement durable

I.	Comment l'homme a modifié son environnement ?	12
A.	La transition agricole	12
B.	Transition industrielle.....	13
II.	La démographie, bouc émissaire ?.....	14
III.	La notion de développement durable	15
A.	Notions de base.....	15
B.	Le développement durable:	16
C.	Le principe de précaution comme principe d'action.....	18
D.	Agir pour préserver l'environnement:.....	19
I.	Caractéristiques de la planète terre	21

Chapitre 2 : Environnement et ressources naturelles

II.	Les ressources de la planète terre	23
A.	L'eau:.....	23
B.	L'air:	23
C.	Les énergies fossiles:	24
a.	Le pétrole.....	24
b.	Le gaz naturel	24
c.	Le charbon	24
d.	L' L'uranium	25
D.	Les autres énergies	25
a.	Solaire.....	25
b.	Eolien.....	25
c.	Hydraulique	25
d.	Géothermie	26
e.	Biomasse.....	26
E.	Les éléments minerais.....	26
a.	Or.....	26
b.	Argent	27
F.	La biodiversité:	28

G. Les sols:.....	28
H. Les ressources alimentaires:	29

Chapitre 3 : Pollution et réchauffement climatique

I. Définitions.	31
A. Pollution :	31
B. Ecotoxicologie :.....	31
II. Origines des polluants et principaux éléments.	32
III. Effets de la pollution sur l’environnement.....	34
A. Effet sur l’atmosphère :.....	34
B. Effet sur le sol et sur les milieux aquatiques:.....	35
C. Effet sur la santé humaine.....	36

Chapitre 4 : Politique de préservation de l’environnement Entre défis et controverse

I. Secteur agricole, 9 milliards d’individus à nourrir... ..	38
A. Une diversification des exploitations :	40
B. Irrigation minimale mais meilleure	40
C. Plantation adaptée	40
D. Suppression du labour	41
E. Recours aux légumineuses	41
F. Investir dans les hommes.....	41
II. Industrie, produire avec moins.	41
A. Introduction de nouveaux matériaux.....	42
B. Réserve du pétrole aux usages nobles.....	42
C. Amélioration de l’efficacité énergétique	42
D. Recyclage.....	42
E. Location des produits	42
III. Déchets, valoriser plutôt que jeter.....	42
A. Incinération pour produire de l’énergie.....	43
B. Transformation en gaz et nouveaux carburants	44
C. Utilisation pour le compostage.	44
D. Recyclage maximal.	44
IV. Air et eau, enrayer la pollution.....	44
A. Arrêt des émissions de polluants à la source	45
B. Dépollution grâce à la lumière naturelle.....	45
C. Réutilisation des eaux usées traitées	45

D.	Recharge des nappes souterraines	45
V.	Les écosystèmes, préserver la biodiversité.....	46
A.	Création d’espaces protégés	46
B.	Développement des modes d’exploitation durables	46
C.	Protection des espèces.....	46
D.	Rémunération des services environnementaux.....	46
VI.	Urbanisme, repenser la ville.....	47
A.	Construction des villes plus compactes.....	47
B.	Mélange de lieux de vie, de travail et de commerce	47
C.	Construction en boucle	47
D.	Plus d’espace verts dans les quartiers.....	47
E.	Utilisation des énergies locales	47
Chapitre 5 Les mécanismes économiques, juridiques et réglementaires de préservation de l’environnement		
I.	Le rôle des pouvoirs publics dans la résolution des problèmes environnementaux	49
II.	L’option envisageable des solutions privées.....	51
III.	Les politiques environnementales actuelles	52
A.	Le principe de pollueur - payeur	53
B.	La fiscalité écologique : les écotaxes.....	53
C.	Le marché des permis d’émission négociables	55

Liste des figures

Chapitre 1 : Interaction environnement - homme - démographie et notion de développement durable

Figure I-1. Evolution de la population humaine.....	11
Figure II-1. Croissance démographique de l'humanité.....	14

Chapitre 2 : Environnement et ressources naturelles

Figure I-1 Interaction dynamiques entre éléments naturels,	21
Figure I-2. Les enveloppes de la terre	22

Chapitre 4 : Politique de préservation de l'environnement Entre défis et controverse

Figure I-1 La sous alimentation dans le monde	39
Figure I-2 Evolution du prix du blé, riz, maïs et soja 1998-2008.....	39
Figure I-3 La corrélation entre le prix du blé et celui du pétrole.....	40

Chapitre 5 Les mécanismes économiques, juridiques et réglementaires de préservation de l'environnement

Figure III-1 Système de gestion des déchets	43
Figure III-1 Le marché des permis d'émission de CO ₂	58

Liste des figures

Chapitre 3 : Pollution et réchauffement climatique

Tableau I-1 Nature et description des objectifs de l'écotoxicologie	31
Tableau II-1 Liste des polluants et leurs caractéristiques.....	33
Tableau III-1 évolution des polluants dans le temps	34

INTRODUCTION

La notion d'environnement, puis celle de développement durables sont des notions récentes, très en vogue depuis quelques dizaines d'années et font actuellement partie des expressions de la vie courante, aussi bien sur la langue que dans les écrits des gens de la communication. Ces deux notions sont introduites dans la politiques de la quasi-totalité des pays du monde et ont fini par devenir une partie intégrante de nos enseignements et ce, à partir de l'école primaire.

Problématique

L'observation courante de notre environnement écologique et les éléments qui le constituent (air, eau, terre..), nous invitent à réfléchir sur son avenir et surtout sur le capital naturel que nous léguerons aux générations futures : Des ressources hydrauliques surexploitées, de l'air pollué, des zones rurales détruites par l'envahissement de l'urbanisation, des océans et des mers polluées, des ressources minières et énergétiques maladroitement utilisées, de la faune et de la flore en voie de d'extinction... C'est malheureusement, le souvenir d'une terre agréable à vivre qui sera décrite par nos historiens et scientifiques et constituera l'unique richesse de nos générations futures.

Après la sensibilisation de l'homme à tous ces problèmes environnementaux et aux dégâts de ses activités économiques sur son environnement, le passage aux actions correctives s'est avéré nécessaire. Les actions préventives à toute éventuelle destruction de notre environnement écologique sont encore plus importantes et commencent notamment par l'enseignement de l'environnement et des actions socio-économiques, dites de développement durable.

Objectifs du cours

S'il est nécessaire d'éduquer les futures générations sur les principes de respect et de préservation de notre environnement écologique, ce cours revêt une importance majeure dans les objectifs globaux de la formation « Management de la Qualité, Sécurité

et Environnement ». En effet, dans le cadre de la mondialisation, certains critères de qualité des produits économiques sont étroitement liés aux critères de préservation de l'environnement. D'où la nécessité d'introduire les notions d'environnement pour comprendre les normes de qualité et de sécurité ainsi que les nouvelles exigences des secteurs économiques en matière de développement durable.

Les objectifs de ce cours sont :

1. Donner un aperçu historique sur l'évolution de la notion d'environnement ainsi que le rôle de l'homme dans la modification de son environnement écologique à travers l'étude des faits historiques.
2. Définir les principaux éléments qui constituent l'environnement écologique et expliquer le fonctionnement des écosystèmes. Si cette partie du cours est riche en termes techniques, elle reste néanmoins un passage obligé pour comprendre les textes scientifiques et surtout les mécanismes de régulation économiques les plus appropriés pour préserver l'environnement.
3. Présenter un bref survol des différents types de ressources, notamment des ressources énergétiques¹.
4. Expliquer la relation entre la notion de développement durable et d'environnement.
5. Présenter les différentes formes de pollution ainsi que leurs conséquences sur l'environnement.
6. Les mécanismes de régulation de l'environnement

¹ Cette partie du cours sera amplement détaillée dans le cours Entreprise et environnement écologique, dans la mesure où ce type de ressources est un intrant important dans les systèmes de production.

Chapitre 1

Interaction environnement - homme - démographie et

Notion de développement durable

L'évolution de la notion d'environnement écologique est liée à celle des primates et de l'appariation de l'espèce « Homo sapiens » ou l'homme moderne. La population des grands primates (gorilles, chimpanzés, orang-outang), occupant la terre il y a de cela 10 millions d'années, est constituée de 100.000 individus. C'étaient des êtres craintifs, mal armés par la nature, plutôt décimés à des prédateurs et se nourrissaient de plantes et de petites proies. L'homme moderne a pu, en très peu de temps, transformer la biosphère. Grâce à ses capacités cérébrales permettant les apprentissages rapides, l'adaptation aux changements environnementaux ainsi que la transmission des connaissances, l'homme est arrivé, il y a 100 mille ans, à maîtriser le feu, se chauffer, s'éclairer, éloigner ses prédateurs et à créer des groupes sociaux. Ces actions ont permis d'augmenter sa durée de vie et d'assurer son expansion démographique. La figure I-1 montre l'évolution de l'espèce humaine à travers le temps et dans le monde.

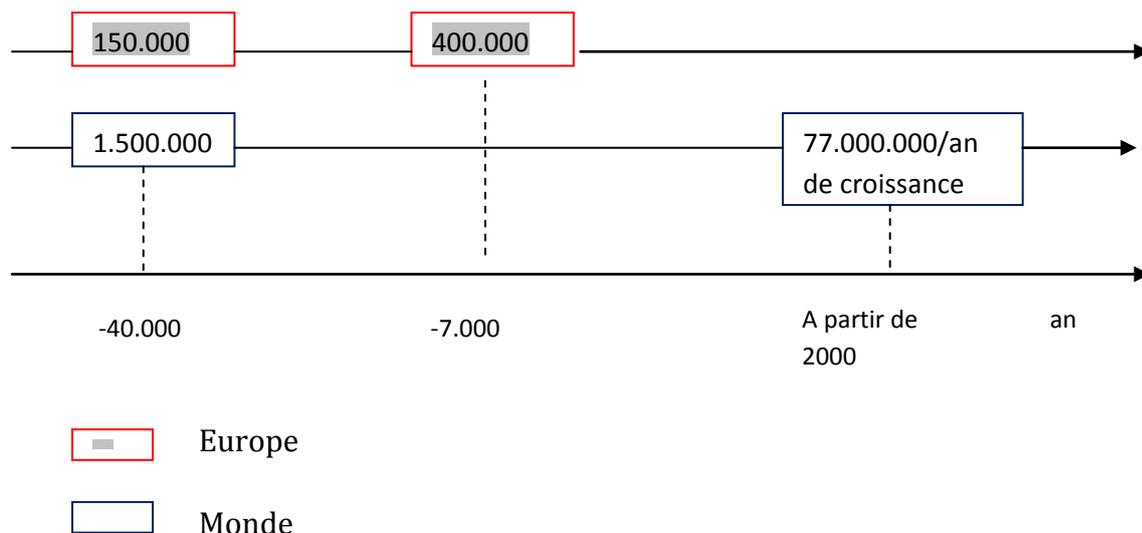


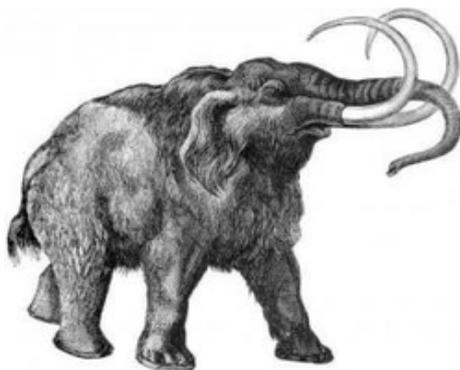
Figure I-1. Evolution de la population humaine

I. Comment l'homme a modifié son environnement ?

Après avoir domestiqué le feu, les hommes ont commencé à modifier leur environnement et ce, en favorisant la production de certains végétaux utiles, en exterminant les animaux venimeux et dangereux et en allumant des incendies pour défrâcher et ouvrir des espaces. Nous pouvons citer à titre d'exemple, les aborigènes qui ont éradiqué une grande partie de la forêt causant ainsi la raréfaction de certaines espèces animales et végétales. L'Homo sapiens a été aussi accusé de l'extinction de la mégafaune nord tempérée (mammouth, rhinocéros laineux et autres grands animaux. Figure I-2). D'autres facteurs climatiques et catastrophes naturelles ont contribué à la raréfaction de ces espèces comme les périodes de glaciations successives².

A. La transition agricole

L'agriculture et l'élevage sont apparus (indépendamment) au Moyen – orient, en Chine et en Amérique centrale, il y a de cela environ 10.000 ans. Une apparition progressive et simultanée à l'évolution de la chasse. L'activité de chasse a causé la disparition de plusieurs autres espèces animales comme le Dodo de Madagascar ou l'aurochs de Varsovie (Figure I-3). L'agriculture a connu une grande expansion, alimentée par de nouvelles découvertes alimentaires qui ont aidé à améliorer les conditions de vie et donc à prolonger la durée de vie des êtres vivants et à favoriser une croissance démographique démesurée (voir courbe de croissance démographique, Fig. II.5³).



Mammouth



Rhinocéros laineux

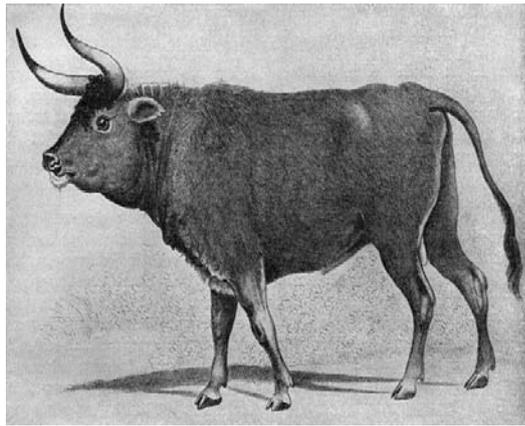
Figure I-2. Animaux éliminés pendant la période de glaciation

² Il est difficile de juger que l'homme est le seul « exterminateur » de certaines espèces animales et végétales puisqu'il est né en Afrique et c'est le seul continent qui a su garder sa faune.

³ Images à partir de wikipédia



Raphus cucullatus (Dodo)



Aurochs

Figure I-3. Certains animaux totalement éliminés par la chasse au XVIIème siècle

B. Transition industrielle

Autres que les effets de l'agriculture sur la faune et la flore, l'apparition de forge, de verrerie, de constructions navales, de tanneries,... a contribué à défraîchir les forêts et à polluer les rivières. Ceci a concerné une partie limitée de l'Europe, puis ça s'est généralisé à une grande partie du monde. La progression des effectifs de l'humanité s'est accompagnée d'un synchronisme quasi-parfait de notre entrée dans une société, dont l'activité industrielle est basée sur l'exploitation des énergies fossiles dites ressources non renouvelables⁴. Ces dernières (charbon, pétrole et gaz naturel) ont favorisé l'expansion du progrès technologique. Ces phénomènes technologiques ont amélioré la productivité agricole par la mécanisation des activités agricoles ancestrales. Les impacts d'un tel phénomène peuvent être résumés par la figure I.4.

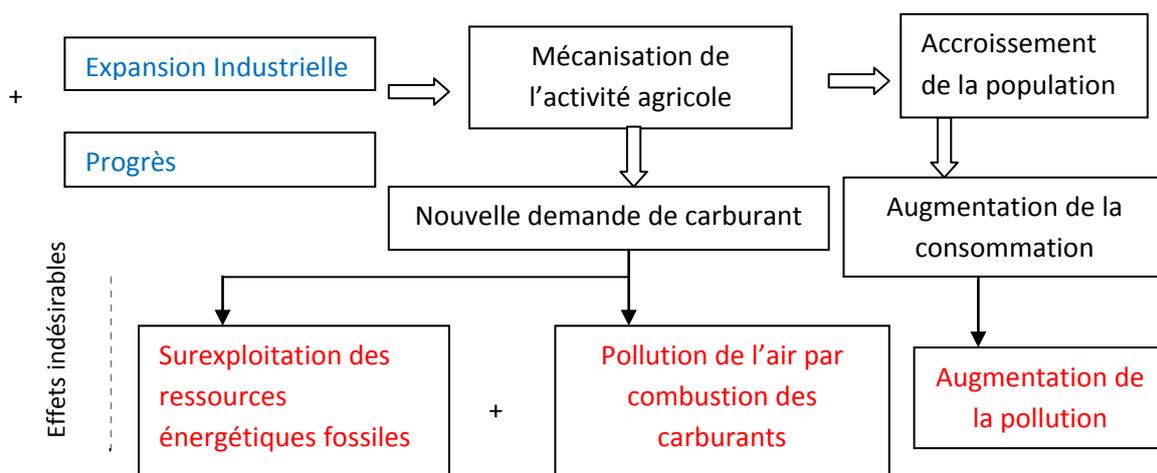


Figure I-4. Effet du progrès technique sur les activités agricoles et par conséquent sur l'environnement écologique

⁴ Voir chapitre 2

II. La démographie, bouc émissaire ?

Après une longue période de faible croissance démographique⁵, la population humaine a connu un essor considérable au XIX^{ème} et au XX^{ème}. On estime qu'elle devrait plafonner à la fin du XXI siècle aux alentours de 10 milliards d'individus (Figure II-1). Une question se pose :

La croissance démographique serait-elle responsable de la pauvreté, de l'instabilité sociale, des crises écologiques, etc. ?

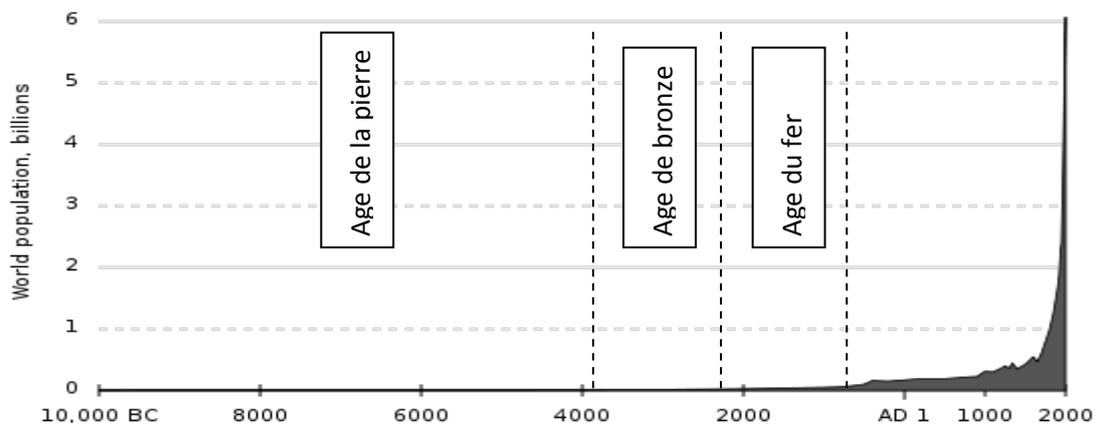


Figure II-1. Croissance démographique de l'humanité⁶

Depuis l'apparition de l'agriculture

L'expansion démographique implique plus d'individus à nourrir et donc plus d'espace à cultiver. Ce fait implique forcément une grande exploitation des ressources naturelles physique (eau, sol, etc.) ou de ressources vivantes (poissons marins, têtes bovines, ovines, etc.)

La croissance démographique est non homogène. En effet, six pays totalisent actuellement la moitié de la croissance annuelle. Il s'agit de, l'Inde, la Chine, le Pakistan, le Nigeria, le Bangladesh et L'Indonésie. Les nations développées totalisent une population stable de 1,2 milliard d'individus. Dans certains pays développés, (Japon, Allemagne, Italie, etc.) la population a même baissé.

⁵ La population européenne est passée de 2 à 23 millions d'individus entre -4000 et -2000 ans avant notre ère.

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Population_curve.svg

La problématique démographique est traitée par les politiciens avec beaucoup de réserves. En effet, réduire les naissances concerne en premier lieu les pays en développement. Elles constituent néanmoins une force de travail et une assurance sur l'avenir. Si les pays du nord accusent l'explosion démographique des pays du sud d'être une des causes majeures de la dégradation de l'environnement. Ces derniers affirment en retour que les problèmes écologiques proviennent essentiellement des modes de développement adoptés par les pays industrialisés.

Par convention, on dira que tout dépend du projet social adopté (les choix prioritaires en matière de développement économique et social), c'est ainsi que notre démographie conditionnera l'ampleur de l'impact de nos activités sur la biosphère (d'après Lévêque et Sciama, 2005).

III. La notion de développement durable

Avant de définir la notion de développement durable donnons la définition de quelques notions.

A. Notions de base

Environnement: La définition simplifiée du mot environnement correspond au cadre de vie, qu'il soit d'origine naturelle ou construit par l'homme. Il fournit de nombreuses ressources dont l'homme a besoin pour son existence et son bien-être, tout en étant simultanément une source de nuisance et d'inquiétude pour ce qui touche de près ou de loin à sa santé et à ses biens. Ceci concerne les pollutions d'origine diverses jusqu'aux cataclysmes climatiques. Autre définition de l'environnement de l'homme, annoncée dans la conférence de Stockholm sur l'environnement humain en 1972 est « l'ensemble des rapports parfois de nature conflictuelle qu'il entretient avec le milieu dans lequel il vit et qui nécessite des arbitrages au niveau de la société ».

Développement: La notion du développement, telle qu'ont développé les économistes, tire son origine des sciences du vivant (le développement d'un organisme = évolution de l'état embryonnaire vers l'état adulte). La croissance, quant à elle, correspond, à un changement quantitatif (augmentation de la richesse d'un pays par exemple). Ces deux phénomènes ne sont pas nécessairement liés. Il est possible d'observer une croissance économique sans développement réel de la société concernée et vice versa.

A la conférence de Rio en 1992, le développement a été présenté comme un ensemble de mesures techniques (utilisation des connaissances scientifiques, croissance de la productivité, identification des échanges internationaux, amélioration de la santé, éducation, réduction de la pauvreté qui implique aussi une croissance économique). Il est utile de rappeler que de nos jours, le développement économique est assimilé à la croissance et que le développement économique n'est pas nécessairement le moteur du développement humain. Pour le philosophe "Edgar Morin"

" L'idée du développement (...) suppose de façon implicite que le développement technico-économique est la locomotive qui entraîne naturellement à la suite un "développement durable" dont le modèle accompli est celui des pays réputés développés (...). Cette vision suppose que l'état actuel des sociétés occidentales constitue le but et la finalité de l'histoire humaine. Le développement durable ne fait que tempérer le développement par considération du contexte écologique, mais sans mettre en cause ses principes. Ainsi le développement, notion apparemment universaliste, constitue un instrument de colonisation des pays "sous développés", dits du sud par le nord".

Progrès: Au 18^{ième} siècle, les philosophes de l'ère de la Lumière, considèrent le progrès technique comme accompagnant de développement des connaissances scientifiques. C'était le meilleur moyen de lutter contre le froid, la misère et la faim. Il assurait ainsi le progrès économique. Ainsi donc, le progrès social, politique et moral étaient garantis par le progrès économique.

L'apogée du scientisme, connue à la fin du 19^{ième} siècle, repose sur une croyance absolue dans les capacités scientifiques à apporter les solutions à tous les problèmes de l'humanité (la science est donc vue comme le moteur du progrès). Avec le triomphe du communisme en URSS, c'est à dire au 20^{ième} siècle, la science ainsi que la technologie a été glorifiée afin d'assurer le bien être social.

Ce qui se passe actuellement est totalement différent. En effet, le temps du scientisme est en partie révolu et le culte du progrès est controversé. La facette humaine du progrès qui correspondait à celui du progrès social, politique et moral, ne découle pas forcément des avancées technologiques et scientifiques. Le monde d'aujourd'hui est plus injuste, plus violent et plus individualiste.

B. Le développement durable:

On commence par présenter l'évolution de la notion du développement durable au cours des 40 dernières années puis par définir les notions d'écologie, d'économie et de social. On présentera par la suite le principe de précaution et celui d'action et enfin, une première idée sur la façon d'agir pour préserver l'environnement.

1. Le développement durable depuis 1972:

Les dates qui ont marqué l'évolution de la notion du développement durable sont les suivantes:

1972: Le rapport de Meadows (club de Rome), ce rapport a permis de tirer une première conclusion:

"Le maintien d'un rythme de croissance économique et démographique, présente des menaces graves sur l'état de la planète et donc sur la survie de l'espèce humaine. Seul un état d'équilibre avec le maintien d'un niveau constant de la population et du capital permettrait d'éviter la catastrophe qui guette l'humanité (théorie de la croissance 0)"

1972: Première conférence internationale sur l'environnement humain à Stockholm (sous l'égide des nations unies). On a certes constaté que la croissance 0 est impossible à appliquer dans les pays en voie de développement, d'où la déclaration suivante de cette conférence:

"Rien ne justifiait un conflit entre les nations développées et l'environnement que l'appui donné à une action en faveur de l'environnement, ne devait pas servir de prétexte pour fournir le développement"

La conclusion tirée était de proposer un modèle de développement économique compatible avec l'équité sociale et la prudence écologique. Ce modèle a été nommé le modèle " écodéveloppement "

1983: Mise en place par les nations unies d'une Commission Mondiale pour L'environnement et le Développement (CMED) présidé par le premier ministre Norvégien Brundtland.

1987: Le rapport de Brundtland intitulé "notre avenir à tous". Dans ce rapport, on a désigné la pauvreté croissante au sud et la croissance économique soutenue du nord comme principales causes de la dégradation de l'environnement à l'échelle planétaire. Dans ce rapport, le terme "sustainable development" ou développement soutenable ou encore développement durable comme un développement répondant aux besoins actuels (du présent) sans pour autant compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs propres besoins.

1992: La conférence de Rio. Dans cette conférence, le développement durable correspond à la modification des modes de production. Il correspond aussi à l'évolution des pratiques de consommation et surtout à l'adoption du citoyen ainsi que de l'industriel, un comportement quotidien permettant de préserver la qualité et la diversité du cadre de vie, des ressources et de l'environnement. Le modèle de développement des sociétés occidentales n'est plus considéré comme unique et obligatoire modèle de développement (du moins en théorie). Il a été ainsi tiré la conclusion suivante: "*à une diversité de situations et de cultures, doit correspondre la diversité des formes de développement*"

Après ces dates clés, la notion du développement durable a été traitée dans plusieurs manifestations, congrès et symposium internationaux. La définition de cette notion n'est plus l'ordre du jour mais plutôt les solutions à présenter pour éviter les catastrophes possibles et préserver l'environnement.

2. L'écologie, l'économie et le social:

Ces trois éléments sont considérés comme les piliers du développement durable. La préservation de l'environnement est envisagée sur le long terme. Par contre, la satisfaction des besoins sociaux est souvent considérée à court terme. Enfin, le réalisme économique, doit être conciliés avec les deux autres éléments et surtout géré dans un cadre de globalité. La différence dans les axes temporels, ainsi que de la nature de ces pôles fait que le compromis entre les trois est difficile à trouver.

C. Le principe de précaution comme principe d'action

Le sommet de la terre à Rio (1992):

"Il ne faut pas attendre le stade des certitudes scientifiques pour commencer à prendre des mesures en vue de prévenir des risques menaçant l'environnement planétaire"

Le principe de précaution est apparu, dans le domaine de l'environnement, comme une reconnaissance de l'incertitude scientifique. Cette dernière accompagne les innovations technologiques ainsi que leurs conséquences dans le moyen et le long terme. En effet, le développement technologique à des effets indésirables et souvent imprévisibles. Citons à titre d'exemples, les effets des pesticides organochlorés, ceux des gaz à effet de serre ou ceux des OGM. Les nouvelles technologies sont par conséquent, incapables à différents degrés, de maîtriser les risques de ces nouvelles technologies.

D. Agir pour préserver l'environnement:

Pour les environnementaux, les plus radicaux, il s'agit de ne plus perturber la nature. Pour les grandes entreprises, c'est une continuation plus ou moins finie de leur développement. Pour certain, le développement est la lutte contre la pauvreté et les inégalités. Il faut reconnaître que les besoins des pauvres sont des besoins immédiats, à assouvir immédiatement. Ces besoins sont souvent incompatibles avec la gestion à LT de l'environnement. Dans les chapitres suivants, Une présentation des solutions techniques, économiques, politiques sociales serait amplement détaillée.

Chapitre 2

Environnement et ressources naturelles

Nous distinguons différents types d'environnement : environnement économique, politique, social, industriel, culturel, etc. Dans ce cours nous nous intéressons à l'environnement écologique, lié à notre planète terre où l'homme évolue.

I. Caractéristiques de la planète terre

Commençons par donner une présentation de la planète terre selon la description de professeur Gérard Mégie : « Depuis les origines, la planète Terre se comporte comme un **système interactif complexe**. Les conditions qui ont permis **l'apparition de l'Homme** résultent d'un **équilibre précaire** entre **les océans, l'atmosphère, l'énergie solaire et la biosphère**. Équilibre **dynamique** et non statique, caractérisé par les échanges permanents soumis eux-mêmes aux **variations des paramètres cosmiques**. C'est dans le rayonnement solaire que la terre puise l'énergie nécessaire aux **transformations thermodynamiques et chimiques** qui prennent naissance à sa surface ». Cette description peut être résumée par la figure 2.1.

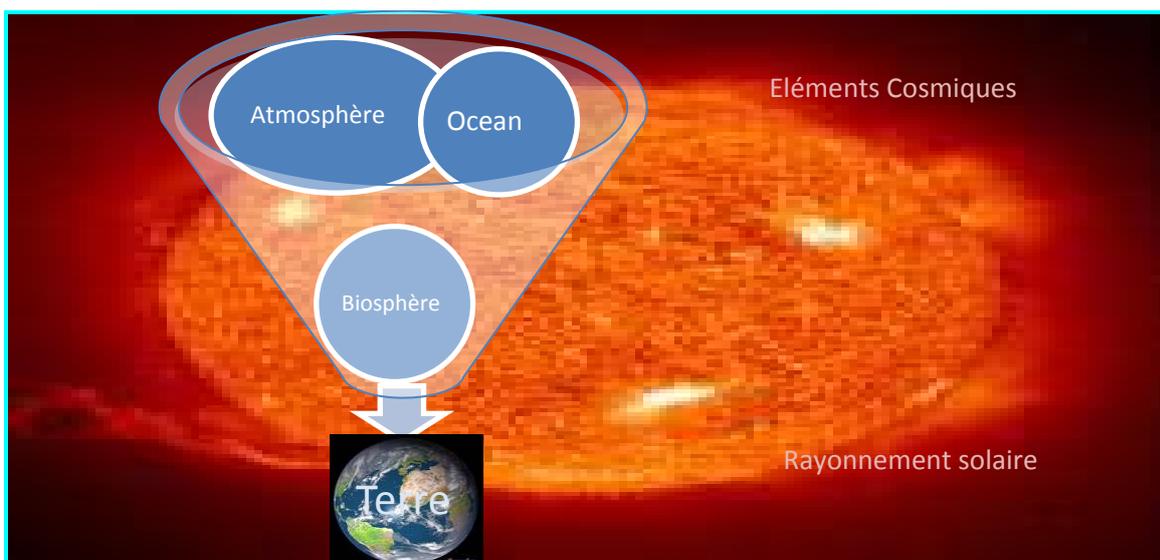


Figure I-1 Interaction dynamiques entre élément naturels,

La planète terre est la seule planète du système solaire constituée à la fois d'une biosphère (êtres vivants), d'océans et de continents. Elle est constituée de 4 enveloppes externes :

- La lithosphère, D'une épaisseur moyenne de 100km couvrant la surface de la terre
- l'hydrosphère: d'une épaisseur moyenne de 3800m. Elle est formée essentiellement par l'eau liquide des océans (+97%), des glaciers, des calottes polaires, de l'eau de l'atmosphère, du sol, des fleuves, des nappes phréatiques, etc.
- L'atmosphère : subdivisée depuis le sol en troposphère, stratosphère, mésosphère et thermosphère qui est la couche la plus élevée.
- La biosphère : ce sont les êtres vivants qui occupent une mince pellicule à l'interface entre la lithosphère et l'atmosphère.



Figure I-III-2. Les enveloppes de la terre

II. Les ressources de la planète terre

A. L'eau:

La présence de l'eau sur terre est la principale caractéristique de cette planète, qui la différencie des autres planètes et explique la notion de vie et de croissance. La quantité d'eau totale sur terre est de 1400km^3 dont 1365km^3 sont des eaux salées. Les eaux douces sont difficilement estimables. En effet, 97% sont contenues dans le sol et les couches profondes de la terre. Aussi la quantité d'eau piégée dans les calottes glaciaires est mal connue.

- a. **Usages:** 4500 km^3 sont prélevées chaque année sur la planète. L'agriculture en consomme plus de 70% contre 20% pour l'industrie (production électrique) et 10% pour l'usage domestique
- b. **Rythme de reconstitution:** L'eau est recyclée en permanence à la surface de la terre. A titre indicatif, près de 600.000km^3 d'eau s'évapore.
- c. **Stress:** L'homme prélève par an, moins de 1% d'eau recyclée.
- d. **Problématique:** La ressource est abondante mais très inégalement répartie. Sa qualité aussi diffère, limitant ainsi son usage ou exigeant des traitements onéreux pour la rendre potable ou à la limite utilisable dans certains secteurs économiques.

B. L'air:

Un autre élément spécifique à la terre et indispensable à la vie est l'air et spécialement, l'oxygène (O_2 , à hauteur de 21%).

1. **Usages:** l'air et spécifiquement l'oxygène (O_2) est indispensable au développement et au maintien de la vie sur terre, car il est à la base de la respiration des organismes vivants.
2. **Rythme de reconstitution:** La proportion de l' O_2 sur terre est considérée comme stable puisque les organismes photosynthétiques terrestres et aquatiques produisent chaque année environ $30 \times 10^{13}\text{kg}$ d' O_2 . Une quantité équivalente est aussi consommée pour la respiration des organismes vivants.

3. **Stress:** L'homme ne respire qu'une infime fraction de l'oxygène produit par les plantes alors que la combustion des énergies fossiles prélève à elle seule 4% de cette production.
4. **Problématique:** La pollution de l'air est une menace pour la santé de l'homme est ceci s'explique par les activités polluantes de l'homme (à l'ozone, aux oxydes divers, aux particules fines issues de l'industrie ou aux gaz d'échappement).

C. Les énergies fossiles:

86% des énergies primaires sont livrées par les énergies fossiles:

1. Le pétrole

- a. **Usages:** Production de chaleur et d'électricité, carburant d'automobiles, revêtement, etc.
- b. **Rythme de reconstitution:** des millions d'années.
- c. **Stress:** 42 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. **Problématique:** demande importante + répartition inégale + tensions géopolitiques.

2. Le gaz naturel

- a. **Usages:** Production de chaleur et d'électricité, carburant alternatif
- b. **Rythme de reconstitution:** des millions d'années.
- c. **Stress:** 42 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. **Problématique:** demande importante + répartition inégale + tensions géopolitiques.

3. Le charbon

- a. **Usages:** Production de chaleur et d'électricité, sidérurgie, cimenterie.
- b. **Rythme de reconstitution:** des millions d'années.
- c. **Stress:** 150 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. **Problématique:** Accélération des émissions de gaz carbonique et d'oxydes de soufre ou d'azote.

4. L'uranium

- a. **Usages:** Production d'électricité dans des réacteurs nucléaires.
- b. **Rythme de reconstitution:** Non renouvelable
- c. **Stress:** 32 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. **Problématique:** moins de 30 pays disposent de la technologie nécessaire + problèmes de gestion des déchets radioactifs.

D. Les autres énergies

Ce qu'on peut dire concernant ces énergies c'est que le potentiel dépasse la demande. Le seul point critique c'est que les technologies actuelles ne permettent d'en exploiter qu'une infime partie.

1. Solaire

- a. **Usages:** Production de chaleur et d'électricité.
- b. **Rythme de reconstitution:** flux continu
- c. **Stress:** Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)
- d. **Problématique:** Les rendements de conversion solaire en électricité sont faibles (10%) et les capteurs solaires (silicium) sont coûteux à produire. Energie intermittente.

2. Eolien

- a. **Usages:** Production d'électricité
- b. **Rythme de reconstitution:** flux continu
- c. **Stress:** Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)
- d. **Problématique:** L'électricité est produite par intermittence. La vitesse des vents, et donc la puissance fournie, peut varier considérablement au cours du temps dans une même région.

3. Hydraulique

- a. **Usages:** Production d'électricité
- b. **Rythme de reconstitution:** flux continu
- c. **Stress:** Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)

- d. **Problématique:** L'installation de barrages sur les fleuves s'accompagne d'une modification des écosystèmes, de l'inondation de terres et du déplacement des populations locales.

4. Géothermie

- a. **Usages:** Production de chaleur et d'électricité.
- b. **Rythme de reconstitution:** Non renouvelable
- c. **Stress:** Disponible tant qu'il y aura des éléments radioactifs dans la terre (plusieurs milliards d'années)
- d. **Problématique:** Hormis quelques régions, la ressource est globalement difficile d'accès, car elle nécessite des forages profonds.

5. Biomasse

- a. **Usages:** Chauffage, électricité, biocarburant.
- b. **Rythme de reconstitution:** Quelques dizaines d'années.
- c. **Stress:** Prélèvement inférieur au rythme de constitution de la réserve.
- d. **Problématique:** Principale source d'énergie domestique pour 25% des hommes, l'utilisation de bois de chauffe accélère la déforestation.

E. Les éléments minerais

Ce qu'on peut dire concernant ces énergies c'est que le potentiel dépasse la demande. Le seul point critique c'est que les technologies actuelles ne permettent d'en exploiter qu'une infime partie.

1. Or

- a. **Stock:** 150 milliards de tonnes
- b. **Localisation:** Les réserves connues sont assez dispersées à l'échelle du globe. [Afrique du sud (14%), Australie (12%) et Pérou (8%)].
- c. **Usages:** La bijouterie et la joaillerie absorbent 86% de la production.
- d. **Rythme de reconstitution:** non renouvelable.
- e. **Stress:** 17 années de réserve, au rythme actuel de production (2500 Tonnes/an).

2. Argent

- a. **Stock:** 270000 à 383000 tonnes
- b. **Localisation:** La Pologne possède 20% des réserves connues, le Mexique 14% et le Pérou 13%.
- c. **Usages:** Bijouterie et argenterie 31%, photographie, 24%, pièces et médailles, 4% autres utilisations industrielles 41%
- d. **Rythme de reconstitution:** non renouvelable.
- e. **Stress:** 13 années de réserve, au rythme actuel de production (20500 Tonnes/an).

3. Platine

- a. **Stock:** 13000 tonnes.
- b. **Localisation:** L'essentiel des réserves connues se situent en Afrique du sud, dans le complexe du Bushveld. Ce pays assure 80% de la production mondiale.
- c. **Usages:** Bijouterie et argenterie 31%, photographie 24%, pièces et médailles 4% et autres utilisations industrielles 41%.
- d. **Rythme de reconstitution:** non renouvelable.
- e. **Stress:** 56 années de réserve, au rythme actuel de production (230 Tonnes/an).

4. Fer

- a. **Stock:** 150 milliards de tonnes de minerais de fer
- b. **Localisation:** L'Ukraine renferme 20% des réserves connues, la Russie 17%, la Chine 14%, le Brésil 11% et l'Australie 11%.
- c. **Usages:** La sidérurgie en absorbe 99%.
- d. **Rythme de reconstitution:** non renouvelable.
- e. **Stress:** 79 années de réserve, au rythme actuel de production (1,9 milliard de tonnes/an).

Il existe essentiellement 8 autres éléments et minerais qui sont surexploités et non-renouvelable. Nous citons à titre d'exemple le Nickel, le Cuivre, le Plomb, le Cobalt, le Zinc, l'Aluminium, l'Etain et le Palladium.

F. La biodiversité:

Les scientifiques recensent près de 1,7 millions d'espèces sont recensées.

- a. **Usages:** La biodiversité fournit de nombreux biens et services à l'homme: approvisionnement en nourriture, eau douce et bois, stock de molécules chimiques utilisées en pharmacologie, assainissement des eaux et sols pollués, régulation des inondations et de l'érosion.
- b. **Rythme de reconstitution:** au sein des espèces, le renouvellement des individus nécessite de quelques heures (c'est le cas des micro-organismes) à quelques semaines (insectes), voire à plusieurs années (arbres). En revanche, une espèce éteinte est définitivement perdue.
- c. **Stress:** Le rythme actuel d'extinction des espèces serait de cent à mille fois supérieur à ce qu'il a été au cours des temps géologiques.
- d. **Problématique:** Destruction de l'habitat naturel, pollution (de l'eau, de l'air, des sols) ou encore du réchauffement climatique sont autant de menace pour la biodiversité. Avec pour conséquence, la perturbation des écosystèmes et des services rendus à l'homme. La forêt tropicale est aujourd'hui particulièrement menacée.

G. Les sols:

Les terres érables couvrent 1,5 milliard d'hectare

- a. **Usages:** Le sol est le support naturel de la vie animale et végétale. Abrisant plus de 80% de la biomasse vivant sur terre, il représente un milieu dynamique et vivant qui participe aussi au cycle de l'eau. Dans ce cycle, il remplit les fonctions de régulation et d'épuration. Ces sols sont exploités par l'homme pour différentes fins.
- b. **Rythme de reconstitution:** Selon les conditions climatiques, l'activité biologique et la nature de la roche sur laquelle le sol se développe, il faut de plusieurs siècles

à plusieurs milliers d'années pour qu'un sol se forme. Soit la création d'une épaisseur de sol moyenne de 0,1mm par an.

- c. **Stress:** Le rythme naturel de formation des sols est inférieur de 100 à 1000 fois des taux d'érosion actuels.
- d. **Problématique:** On observe une dégradation de la moitié des sols cultivables (soit près de 2 milliards d'hectares). Les principales causes sont: l'érosion éolienne et hydrique ainsi que l'altération chimique (acidification, salinisation). Les pratiques agricoles comme l'usage des pesticides causent aussi la dégradation des sols. Autre phénomène observé, l'inégalité dans la distribution naturelle des terres cultivables entre le nord et le sud ainsi que la présence intensive de sahara.

H. Les ressources alimentaires:

L'Asie produit près de la moitié de ces ressources. Citons quelques exemples de ressources alimentaires: le blé (2221Millions de tonne Mt), plantes sucrières (1650 Mt), légume (903Mt), tubercules (737Mt), fruit (526Mt), viande (27 Mt), poisson (141Mt).

- a. **Usages:** Alimentation de l'homme et de l'animal
- b. **Rythme de reconstitution:** variable. De la journée (œuf, lait), à la saison (céréales et fruits). voire à plusieurs années (élevage).
- c. **Stress:** Les stocks de céréales peuvent assurer une dizaine de semaines de consommation. Il faut noter que le quart des stocks de poissons est surexploité ou épuisé.
- d. **Problématique:** L'accès aux ressources est inégal. Plus de 800 millions de personnes dans le monde sont mal nourries. La pression démographique et les changements d'habitudes alimentaires, explique la croissance de la demande de ces ressources et engendre une augmentation de leur prix

Chapitre 3

Pollution et réchauffement climatique

Nous distinguons différents types de pollution, ayant plusieurs origines et différents effets.

I. Définitions.

Certains termes nécessitent d'être bien définie pour comprendre les effets de la pollution sur l'environnement et sur la santé humaine

A. Pollution :

C'est l'ensemble des rejets de composés toxiques libérés par l'homme dans le milieu récepteur (continental, océanique et atmosphérique). Certaines substances libérées sont d'origine naturelle mais présentent un danger pour les organismes et perturbent l'équilibre général de l'environnement

B. Ecotoxicologie :

Les objectifs de l'écotoxicologie sont énumérés dans le tableau I-1 :

Nature de l'objectif	Description
Descriptif et dynamique	<ul style="list-style-type: none">- Détermination des polluants- Analyse de leur circulation entre les biotopes et les communautés vivantes.- Etude des causes et des mécanismes de la pollution
D'évaluation	Permettant de résoudre les questions suivantes : <ul style="list-style-type: none">- Quelles sont les actions produites sur les peuplements végétaux et animaux propres aux divers écosystèmes ?- Quelles sont les actions produites sur les ressources naturelles biologiques ?- Quelles sont les actions produites sur le cycle des éléments dans la biosphère ?
Détermination	Détermination des effets directs et indirects sur la santé humaine et animale.

Tableau I-1 Nature et description des objectifs de l'écotoxicologie

II. Origines des polluants et principaux éléments.

Les trois causes principales de pollution sont :

- La production et la consommation des combustibles fossiles
- Les activités dues aux diverses industries chimiques
- Les activités agricoles (engrais et pesticide)

Il n'existe en fait qu'un nombre restreint de substances – inertes - introduites par l'homme dans l'environnement et n'ayant aucune action sur la biosphère. Tout élément ou composé chimique est pratiquement susceptible de devenir un polluant. On peut les classer selon différents critères (nature chimique, compartiment contaminé⁷, source d'émission et organismes cibles⁸).

Les principaux polluants sont indiqués dans le tableau II-1.

Symbole	Désignation	Description
SO ₂	Dioxyde de soufre	résulte de la combustion du charbon et des fuels
NO _x	Les n oxyde d'azote	gaz émis par les installations de combustion et les véhicules automobiles
CO	Le monoxyde de carbone	Produit essentiellement par les véhicules à moteur à explosion
CO ₂	Dioxyde de carbone	le produit naturel de toute combustion responsable en majeure partie de l'effet de serre. Le reste étant dû au méthane et aux chlorofluorocarbure
	Hydrocarbure	Résultat de la combustion incomplète des carburants dans les moteurs qui génère des vapeurs d'hydrocarbure. C'est aussi le fruit de l'utilisation de certains solvants

⁷⁷ Atmosphère, lithosphère et hydrosphère

⁸ Végétaux, animaux et hommes

HCL	Acide chlorhydrique	Il est présent dans l'atmosphère quand il y a combustion des PVC ou PCV ⁹
Poussières	Particules	Solides ou en suspension dans l'air et constituent des polluants non gazeux
O ₃	Ozone	C'est un polluant secondaire, résultant de l'action du rayonnement solaire sur les divers polluants, augmentant par conséquent la présence d'ozone dans l'air jusqu'à l'atteinte de teneurs toxiques
CH ₄	Méthane	C'est le principal composé organique volatile responsable de l'accentuation de l'effet de serre
CFC	Chlorofluorocarbure	Polluants les plus impliqués dans la dégradation de la courbe d'ozone.
	Pesticides	
	Métaux lourds	Plomb, Cadmium, Arsenic, Mercure
	Radioéléments	

Tableau II-1 Liste des polluants et leurs caractéristiques

Les polluants sont absorbés puis accumulés et concentrés dans les organismes animaux et végétaux. Il existe un indicateur qui permet de mesurer la concentration des polluants

$$F_c = \frac{\text{Concentration de polluants dans l'organisme}}{\text{Concentration de polluants dans le biotope}}$$

Il est nécessaire de définir la notion de bio-indicateurs, qui permettent d'évaluer la qualité de l'environnement :

- Les bio-indicateurs :

Ce sont des espèces végétales terrestres (exp : le lichens), ou aquatiques (exp : Algues, les moules) ainsi que des espèces animales terrestres (exp : ver de terre) qui ont une capacité de bioconcentration des éléments toxiques présents dans le milieu où ils vivent.

⁹ Polychlorovinyle , matière plastique d'usage très répandu, notamment dans les emballages alimentaires (bouteille d'eau, etc.)

Ainsi, l'analyse de ces organismes permet de déceler les pollutions les plus faibles qu'il serait difficile de mettre en évidence par l'analyse directe de la terre, de l'air ou de l'eau.

III. Effets de la pollution sur l'environnement

A. Effet sur l'atmosphère :

Les effets des polluants sur l'atmosphère sont de plus en plus évident et se matérialisent essentiellement par :

1. L'accroissement de l'effet de serre :

Commençons par définir et présenter l'effet de serre. Il s'agit d'un effet naturel, à l'origine, bénéfique à la vie humaine puisqu'il permettait à l'eau de rester dans l'état liquide et minimisait le risque de glaciation. Il s'agit des gaz contenus à l'état de trace dans l'atmosphère (vapeur d'eau, CO₂, méthane, composés sulfurés et composés azotés). L'augmentation de la concentration en Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère, due à l'activité humaine conduit à la présence d'effet de serre ADDITIONNEL. Pour évaluer la croissance rapide des (GES), il suffit d'observer la croissance actuelle des éléments qui le constituent :

	Co ₂	Méthane	Protoxyde d'azote
Unité	Ppmv ¹⁰	Ppbv	ppbv ¹¹
Avant 400.000 ans	200 - 280	400 - 700	270
2004	380	1500	310

Tableau III-1 évolution des polluants dans le temps

Source :

L'effet de serre additionnel a pour effet un réchauffement global de la planète. Depuis 1990, la planète a connu une hausse globale de sa température, passant de 0,3 à 0,7°C en 20 ans. Le groupement Intergouvernemental d'Etude du Climat GIEC (IPCC, en anglais) nous annonce une augmentation moyenne de la température allant de 1,4 à 5,8°C de la température moyenne du globe. Cette augmentation n'est pas uniforme bien au

¹⁰ Partie par million de volume

¹¹ Partie par milliard de volume

contraire, on va assister à des événements extrêmes (tempête, cyclone, canicule, sécheresse, coup de froid, etc). Le cycle de l'eau va être modifié ce qui conduira à une sécheresse accrue dans certaines zones ; inondation et crues dans d'autres.

Ils préconisent certains déséquilibres si la température augmente de 2,5° d'ici la fin de ce 21 siècle :

- Augmentation moyenne de 65cm des niveaux marins (inondation et disparition de certaines zones côtières)
- Fonte de 50% des glaciers mondiaux
- Changement dans les débits des rivières et les niveaux des lacs
- Augmentation générale des températures et des précipitations, favorisant le développement des maladies et des parasites

2. L'affaiblissement de la couche d'ozone stratosphérique :

Se trouvant à près de 90% dans la stratosphère, la couche d'ozone se trouve entre 15 et 40km d'altitude. Il s'agit d'un dérivé de l'oxygène qui joue un rôle important pour la biosphère en absorbant une partie du rayonnement solaire ultra-violet et en éliminant les courtes longueurs d'onde comprises entre 240 et 300 nanomètres. Ces rayonnements et ces ondes sont reconnus à l'origine de maladies cancérogènes et mutagènes, susceptibles de détruire les cellules vivantes. En 1985, on découvre un trou dans l'ozone d'une surface supérieure à celle des Etats Unis d'Amérique au dessus du pôle sud. Les premiers accusés dans l'apparition de ce trou sont les CFC (Chlorofluorocarbure), gaz très utilisé dans l'industrie avant 1987, remplacé par le HCFC moins nocifs. La Chine continue à produire des CFC.

B. Effet sur le sol et sur les milieux aquatiques:

L'homme, par ses fonctions biologiques, rejette des déchets organiques qui seront éliminés dans les milieux récepteurs. Ces déchets plus ou moins naturels, peuvent être toxiques dans le cas d'une grande population et d'un manque de traitements appropriés. Les activités industrielles sont beaucoup plus polluantes à cause de la consommation et de la production de produits chimiques. Les déchets évacués sont de plus en plus toxiques, leur stockage dans le milieu récepteur est nocif aussi bien pour

l'environnement que pour l'homme. Citons à titre d'exemples, l'effet du déversement d'une grande quantité cyanure dans la rivière hongroise Tisza puis dans le fleuve du Danube en mars 2000 et ce, sur des centaines de kilomètres. On peut aussi citer le cas de la fuite d'isocyanate de méthyle dans une usine de Bhopal, en Inde. Cet accident a tué 3500 personnes et en a blessé plusieurs centaines de milliers. Autres exemples d'effets nocifs des produits chimiques mais cette fois à long terme (durant plus de trois décennies) est celui du rejet de mercure d'une usine à Minamata, au Japon qui a causé la mort et les maladies neurologiques de milliers de personnes (1960).

On peut aussi citer les Polluants Organiques Persistants (POP) à qui on lie généralement le phénomène de bioconcentration. Ces substances se lient généralement à la graisse des tissus animaux et donc plus ils vieillissent plus ils sont contaminés. Ils peuvent même se concentrer dans les chaînes alimentaires et constituer une menace pour les grands prédateurs (cas d'un Ours blanc qui mangerait des poissons contaminés à l'un des POP).

Beaucoup de désastres écologiques menacent l'équilibre des systèmes et les rendent vulnérables.

C. Effet sur la santé humaine

Les premières préoccupations environnementales sont relatives aux atteintes à la santé humaine, bien plus qu'à la destruction des milieux ou la réduction de la biodiversité. Une morbidité importante (la fumée des usines, l'émission des tanneries, etc.) générée par certains processus de production est apparue avant même la révolution industrielle. De même, les déchets des villes et les égouts furent rapidement identifiés comme une source de maladies. Grâce au progrès de la médecine, la santé humaine s'est beaucoup améliorée et l'espérance de vie a augmenté. Il faut reconnaître toutefois, que plusieurs maladies infectieuses ont apparues ainsi que la propagation du cancer sous ses différentes formes. L'activité industrielle, l'émission des gaz toxiques, des déchets liquides et solides dans l'environnement expliquent l'apparition de plusieurs maladies et cancers. La recherche médicale a permis de vaincre certaines de ces maladies, d'en réduire l'effet d'autres et elle demeure incapable de résoudre d'autres cas plus compliqués. L'effet le plus tangible de la pollution sur la santé humaine est celui de l'apparition de plusieurs formes d'allergies chroniques.

Chapitre 4

Politique de préservation de l'environnement Entre défis et controverse

Dans les chapitres précédents on a montré le rôle « destructeur » de l'homme dans la modification de son environnement et on a aussi montré la nécessité d'agir rapidement, efficacement et durablement pour préserver notre environnement. L'action de l'homme sera une action à long terme et globale, touchant tous les secteurs économiques et toutes les activités des ménages.

I. Secteur agricole, 9 milliards d'individus à nourrir...

Le nombre d'hommes sur terre estimé pour l'année 2050 est de l'ordre de 9 milliards, soit un dédoublement de la population en 50 ans. Notons aussi que le nombre d'affamés dans le monde a atteint des seuils inquiétants (figure 4.1). Le prix des matières premières ne cesse de croître comme le montre la figure 4.2, rendant les défis de l'agriculture de plus en plus importants et difficiles à atteindre.

A l'échelle mondiale, les terres érables ne sont pas en pénurie (1,5 milliards d'ha, urbanisation et forêts comprises). Certes, la répartition de ces terres est inégale. Leur fertilité est aussi différente d'une zone à une autre, rendant l'autosuffisance en produits agricoles difficile à atteindre dans différentes zones du monde. Autre phénomène observé, est le passage à l'exploitation agricole inadaptée ou intensive. La terre peut devenir non productive surtout dans les zones arides (désertification). Les facteurs climatiques, vents et pluies acides, éliminent aussi la terre fertile et laissant la roche ou le sable. L'évolution technologique et scientifique en matière d'agronomie, n'a pas apportée ses fruits dans les zones où on a besoin d'un accroissement du rendement. Les variétés les plus productives nécessitent une abondance d'engrais, de pesticide et d'eau, conditions pas toujours réalisables dans les pays du sud. Elles ont aussi un effet néfaste sur les réserves en eau, déjà rares dans les pays à climat aride et semi aride et sur le sol (engrais et pesticides). Ces derniers sont pour certains, extrait de ressources fossiles à réserves limitées (le phosphate et la potasse). D'autres, comme les engrais azotés, sont

fabriqués avec d'importantes quantités de gaz naturel ; quant aux pesticides, ils proviennent de la pétrochimie et donc leurs prix sont fortement corrélés à ceux du pétrole et du gaz naturel (figure I-3)

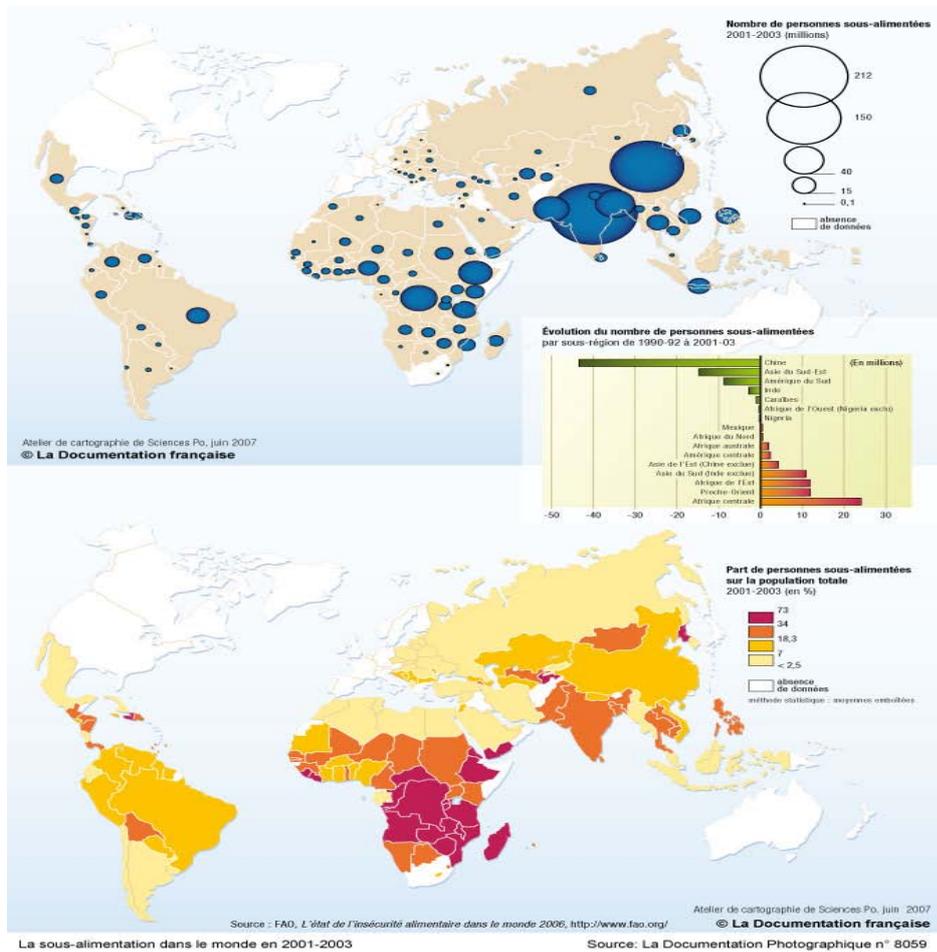


Figure I-1 La sous-alimentation dans le monde

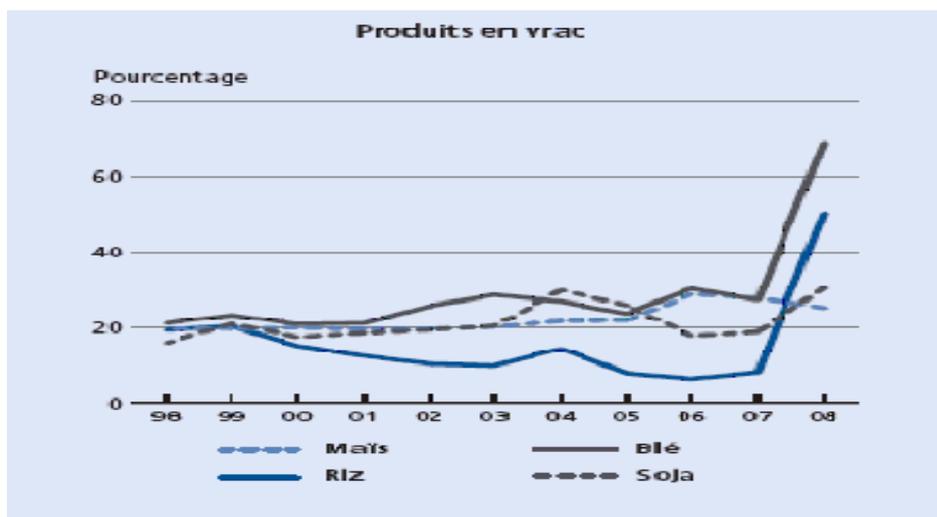


Figure I-2 Evolution du prix du blé, riz, maïs et soja 1998-2008

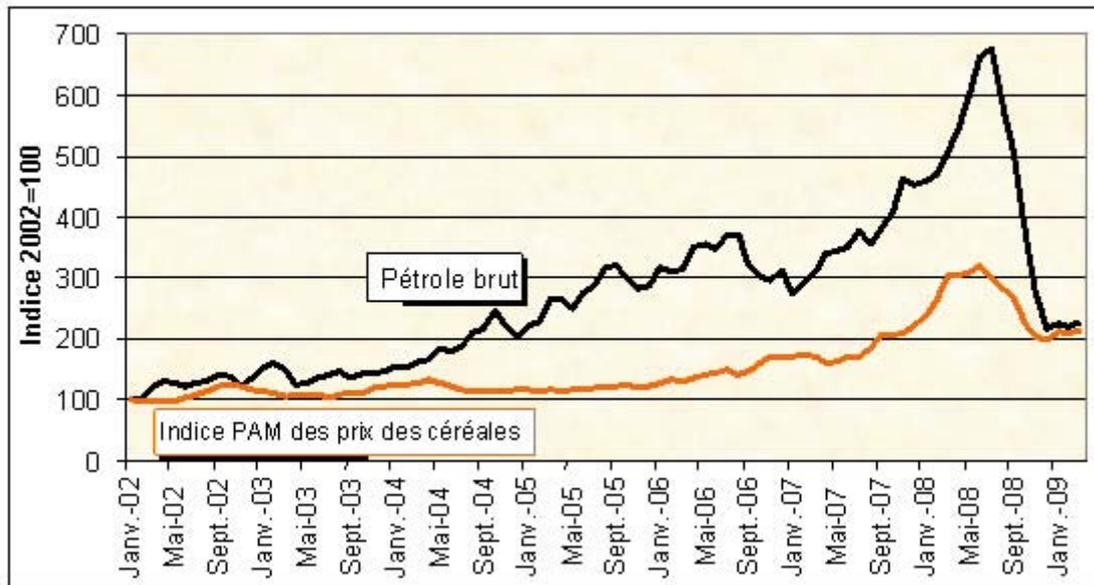


Figure I-3 La corrélation entre le prix du blé et celui du pétrole

Ce que nous observons depuis plusieurs années, c'est une certaine résistance des nuisibles aux insecticides, réduisant les rendements agricoles et augmentant le prix de ces produits et leur toxicité en conséquence. Une action rapide est nécessaire pour préserver les ressources naturelles et protéger le secteur agricole, fragilisé par une demande croissante des pays à forte densité démographiques qui ont certes de faibles rendements agricoles. Les actions peuvent se résumer en :

A. Une diversification des exploitations :

- Exploitation plus diversifiée et donc moins vulnérable aux ravageurs.
- Rotation des cultures.
- Recyclage des déchets pour créer des écosystèmes super productifs avec des plantations diversifiées (arbres et plantes annuelles= agroforêt) .

B. Irrigation minimale mais meilleure

- Systèmes d'irrigation économe, (goutte à goutte, asperseurs, etc.)
- Réutilisation des eaux usées traitées (avec contrôle de la qualité et de la production).
- Petites retenues d'eau, aux murets et aux terrasses consolidées par les arbres.

C. Plantation adaptée

- Plantes plus productives.
- Plantes plus résistantes aux sels.
- Plantes plus résistantes à l'aridité et aux ravageurs.

- Plantes plus résistante à la pollution.

D. Suppression du labour

On peut utiliser des moyens moins agressifs que le labour, comme disposer les graines dans des trous profonds ou sillons (économie d'énergie et préservation de la fertilité des terres).

E. Recours aux légumineuses

La réduction des fertilisants phosphatés est possible en produisant plus de légumineuses (luzerne, sainfoin, pois, etc.). Ces produits enrichissent considérablement le sol en azote sans recours au gaz naturel mais plutôt à l'énergie solaire

F. Investir dans les hommes

- Education et formation continue
- Octroi de crédit
- Aide sociale pour intégration

II. Industrie, produire avec moins.

Depuis quelques années, le prix de certaines matières premières connaît une envolée inégale. Citons à titre d'exemple, le prix du pétrole, du fer, du cuivre ou de l'aluminium. Comme il a été expliqué dans le chapitre 2, le prix du pétrole n'a cessé de croître à cause des enjeux géopolitiques au moyen orient et à la raréfaction anticipée de la ressource. En ce qui concerne le fer, l'industrie chinoise gourmande en ce produit a une demande très forte que l'offre a du mal à suivre. En effet, l'ouverture de nouvelles mines peut prendre de 7 à 10 ans rendant cette ressource précieuse.

Le plus alarmant, serait la pénurie anticipée des ressources fossiles. En effet, pour les produits chimiques, il existe toujours des solutions de substitution. Ajouté à cela, le fait que ces produits restent en circulation et peuvent être récupérés (cas de l'or), chose qui n'est pas possible pour l'énergie fossile. La ressource, brûlée, n'a pas de chance d'être reconstituée ou réutilisée. Une pénurie est aussi annoncée pour ces ressources fossiles, surtout pour le gaz et le pétrole.

Il est donc impensable, que l'industrie dépendrait des spéculations des producteurs ainsi que des aléas de la demande mondiale et particulièrement celle de la Chine. Plusieurs actions sont possibles :

A. Introduction de nouveaux matériaux

- Matériaux plus légers,
- Matériaux biodégradable

B. Réserve de pétrole aux usages nobles

- Engrais, solvant, plastique, nylon, résine et lubrifiants
- Voitures roulants sans pétrole

C. Amélioration de l'efficacité énergétique

- Moins de consommation de carburant (exp : usage des bicyclettes en ville).
- Appareils industriels nécessitant moins de carburant.
- Minimiser la circulation (usage des moyens informatiques pour la circulation du courrier, paiement de facture, etc.)

D. Recyclage

- Les déchets de certaines industries peuvent devenir de la matière première pour d'autres
- Recyclage interne au sein d'une même entreprise industrielle (exp : eau usée traitée puis introduite dans les chaîne de production comme eau de refroidissement, recharge des cartouches, etc).

E. Location des produits

Il s'agit de louer le produit le temps de l'usage, ce qui limite les quantités produites, réduise les coûts de production et augmente la durée de vie du produit. (produits de circulation : voiture, bicyclette, etc)

III. Déchets, valoriser plutôt que jeter.

La population mondiale collecte entre 2,5 et 4 milliards de tonnes de déchets (hors construction et démolition, mines et agriculture). Un grand nombre de décharges publiques sont arrivées à saturation et la gestion des déchets devient de plus en plus difficile. En effet, les déchets s'accumulent, les incinérateurs polluent et les recyclages sont à la traîne. Nous observons aussi, que malgré une réglementation stricte, près de la moitié des rejets de déchets dans le monde se fait en toute illégalité, surtout dans les pays en développement (PED).

En effet, plus des 70% des déchets industriels dans les pays en développement sont déversés directement déversés dans les eaux sans aucun traitement. Un taux inquiétant et menaçant l'environnement aquatique. Autres menaces, celles des importations des

déchets des pays industrialisés vers l'Afrique ou l'Asie et s'en débarrasser au moindre coût, sans traitement ni tri. La circulation des déchets dans le monde reste pour la moitié illégale.

Au niveau des pays développés, le classement des déchets selon le degré de toxicité reste encore à débattre puisqu'on peut trouver dans des déchets banals des produits toxiques. Des chiffres intrigants montrent que les pays industrialisés produisent les plus grands taux de déchets dans le monde, soit 700kg/an pour un Américain contre 540 et 120 pour un européen ou un Africain.

Un marché parallèle a vu le jour et se développe à grande vitesse est celui de la vente des déchets. Un marché porteur, surtout pour la ferraille et le papier. Il représente une meilleure alternative que l'incinération (100 €/T) et la mise en décharge (80€/T). Il s'agit là d'une forme de valorisation des déchets parmi d'autres solutions efficaces :

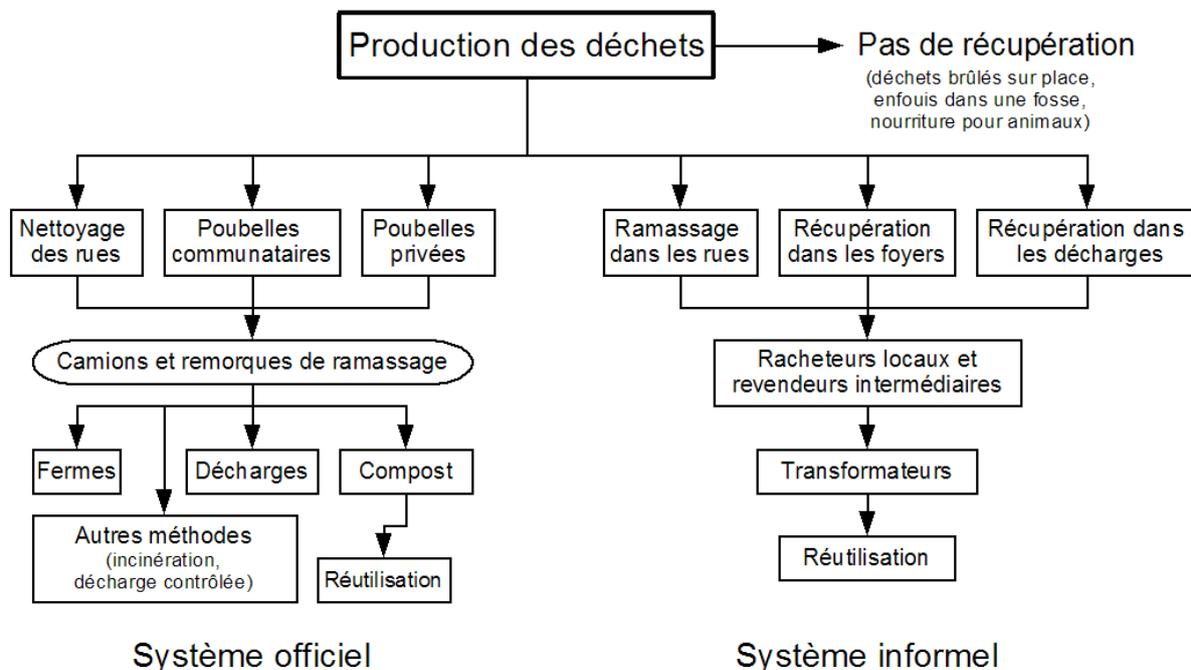


Figure III-1 Système de gestion des déchets

A. Incinération pour produire de l'énergie

Cette technique permet de réduire les déchets biodégradables en gaz. Le problème qui se pose est que la constitution des déchets à incinérer n'est pas connue d'avance pour pouvoir estimer la quantité de fioul obtenu (ordre de grandeur : 5 à 7 tonnes de déchets pour obtenir 1 tonne de fioul). Un tri convenable des déchets (recyclage du verre et des métaux qui ne brûlent pas, déchets fermentescibles humides comme les déchets de cuisine). Si on élimine aussi le papier et le carton pour le recyclage, la quantité d'énergie

produite diminue. Cette méthode a été classée très peu rentable vu les rendements en énergie et comparés à ceux rendus par d'autres techniques de recyclage, plus respectueuses de l'environnement.

B. Transformation en gaz et nouveaux carburants

Il s'agit de ne pas brûler directement les déchets mais les transformer par procédé de thermolyse en carburant plus efficace.

La technique consiste à chauffer les déchets à plus de 350 et 700° en l'absence d'oxygène. Les matières organiques se séparent ainsi, en gaz et en solide. A la fin du procédé, un produit similaire au charbon (de basse qualité) appelé « coke » est réutilisé dans les secteurs industriels comme la sidérurgie, cimenterie, centrale électrique et chaufferie, gourmands en combustibles. Ce projet est encore au stade de l'expérimentation. Autres techniques sont efficaces comme la torche à plasma¹², sont au stade de l'expérimentation et d'amélioration de l'efficacité.

C. Utilisation pour le compostage.

Il s'agit d'une forme de valorisation des déchets organiques (végétaux, déchets de cuisine, papiers, boues d'épandage des stations d'épuration) par fermentation en présence d'oxygène par des micro- et des macro-organismes (lombrics, cloportes). A la fin d'une période de 4 mois, on obtient un type de terreau riche en nutriments, pouvant servir comme engrais pour les cultures. L'expérience a bien réussi en Alexandrie, en Egypte, où on utilise le quart des déchets pour fertiliser les terres gagnées par le désert.

D. Recyclage maximal.

Augmenter le taux de recyclage de certains produits. C'est le cas des voitures actuelles dont le taux de recyclage a atteint 85%, il devrait passer à 95% pour l'année 2015. Il faudrait donc considérer cet aspect de recyclage dès la conception des éléments qui constituent le produit finaux.

IV. Air et eau, enrayer la pollution...

La pollution de l'air et de l'eau affecte sensiblement la santé humaine. Plus de 75000 cas de décès par an, causés par des maladies pulmonaires, cardio-vasculaires ou vasculaires

¹² La torche à plasma consiste à envoyer de l'air sur un arc électrique pour produire un flux thermique de plusieurs milliers de degrés Celsius, sans flamme, sous la forme d'un plasma, c'est-à-dire d'un fluide particule ionisées et d'électrons.

cérébrales sont enregistrés en Chine. Les principaux facteurs recensés sont les particules solides et liquides dans l'air, chargés de sulfates, nitrates, ammonium, composés organiques et métaux lourds. Il en est de même pour les fleuves chinois où 54% sont impropres à la consommation. Chose qui explique le taux élevé de malades des cancers digestifs. Un autre facteur est alarmant est celui du réchauffement climatique qui contribuent à la prolifération de certains polluants (Ozone). L'eau est aussi polluée par les rejets toxiques dans les milieux aquatiques. Les potentielles actions à entreprendre sont :

A. Arrêt des émissions de polluants à la source

- Conception de moteurs plus efficaces pour limiter les rejets des pots d'échappement
- Amélioration des pots catalytiques
- Renforcement de la législation concernant les matériaux produits
- Diminution de l'application de polluants à la surface du sol
- Limitation des entrées de micropolluants comme les médicaments

B. Dépollution grâce à la lumière naturelle

Cela consiste à exploiter la lumière du soleil pour dépolluer l'eau et l'air. Ce principe est possible grâce au photocatalyse¹³

C. Réutilisation des eaux usées traitées

La réutilisation des eaux usées traitées (EUT) permet de réduire les rejets dans le milieu récepteur. Plusieurs applications sont possibles. Les usages les plus fréquents sont :

- la réutilisation agricole
- Arrosage des parcours de golfe
- Arrosage des espaces verts et lavage des parcs

D. Recharge des nappes souterraines

Les EUT ainsi que les déchets nucléaires peuvent être stockés dans des nappes souterraines (à différentes profondeurs et selon le type de polluant). Les effets d'une telle action à long terme ne sont pas encore évalués après l'étape d'entrée des polluants.

¹³ Exploitation des propriétés de certains semi-conducteurs comme le dioxyde de titane qui absorbent les rayons ultraviolets et générant des radicaux libres à leur surface. Ceci permet d'oxyder les polluants (hydrocarbures, colorants ou pesticides,) et ne générer à la fin que des minéraux, du gaz carbonique et de l'eau.

V. Les écosystèmes, préserver la biodiversité.

La modification de l'environnement par l'homme ne fait que croître : grandes routes, bâtiments, usines, chantiers, etc. Les conséquences de ces actions se matérialisent par la modification des écosystèmes, la raréfaction de la faune et de la flore (16000 animaux et plantes menacés) voire, leur extinction (au cours des dernières années, on recense plus de 260 extinctions de vertébrés, soit une multiplication du rythme d'extinction par plus de 100). La disparition de certaines espèces perturbe les écosystèmes et les services rendus par ces variétés de plantes et d'animaux. Ces services se divisent en trois catégories :

- Services d'approvisionnement : nourriture, eau douce, bois, stock génétique, etc.
- Services de régulation : stabilisation du climat, régulation des inondations ou l'érosion, assainissement des eaux usées, l'air et les sols contaminés
- Services culturels : divertissement, culture, esthétique et spiritualité.

Afin de préserver les ressources naturelles de faune et de flore, il faut :

A. Création d'espaces protégés

Les espaces protégés dans le monde couvrent 11,6% du globe (antarctique compris). Une grande partie de ces espaces protégés sont dans les pays pauvres, incapables de préserver réellement ces espaces uniques par leurs caractéristiques de biodiversité.

B. Développement des modes d'exploitation durables

- Imposition de méthodes d'exploitation (pêche, chasse, sylviculture, agriculture, exploitation minière, etc.) raisonnées et protectrice
- Instauration d'une réglementation de sanction et de mécanismes d'incitation à la préservation de l'environnement écologique.

C. Protection des espèces

Il faut instaurer des conventions pour protéger les espèces végétales et animales menacées

D. Rémunération des services environnementaux

Le paiement des services environnementaux consiste à fournir une incitation directe aux propriétaires terriens à respecter l'environnement et à ne pas modifier les espaces. Il

s'agit donc d'une motivation à intégrer la dimension environnementale dans leurs décisions.

VI. Urbanisme, repenser la ville.

Partout dans le monde, les villes ne cessent de s'étaler. Citons le cas de l'Europe où plus de 75% de la population est urbaine. Il a été aussi constaté qu'en vingt ans, les superficies des zones urbaines ont augmenté, quatre fois plus vite que la population. L'étalement des zones urbaines est attrayant mais présente des inconvénients pour celui qui se déplace ainsi que pour la pollution de l'air par les véhicules. Les parcelles périurbaines sont de plus en plus envahies par les constructions de pavillons individuels. La nouvelle politique qui contribue à la préservation de l'environnement consiste en :

A. Construction des villes plus compactes

Les logements collectifs (immeubles à plusieurs étages) sont plus recommandés que les pavillons individuels pour limiter l'étalement de la ville vers les zones agricoles voisines.

B. Mélange de lieux de vie, de travail et de commerce

Pour minimiser les déplacements, il est nécessaire de concevoir des villes où se réunissent lieux de travail, de vie et de commerce.

C. Construction en boucle

Le réseau de transport collectif ne doit plus se faire sur un mode radial (les lignes convergent vers la ville) alors que celui des routes est à la fois radial et en rocade. Dans le cas contraire on favorise le déplacement par voiture et donc plus de pollution et de consommation d'énergie

D. Plus d'espace verts dans les quartiers

- Plus de végétal (toiture, bordure de rue, parking)
- Plus de jardins collectifs

E. Utilisation des énergies locales

- Chaleur à partir du soleil
- Utilisation des biogaz
- Géothermie

Chapitre 5

Les mécanismes économiques, juridiques et réglementaires de préservation de l'environnement

L'environnement est un bien public « gratuit » accessible à tout le monde. Cette « gratuité » a abouti à un gaspillage des ressources naturelles et à des changements climatiques (épuisement des matières premières, accumulation des déchets, nuisances insupportables, menaces sur la vie) compromettant les possibilités de développement durable. Etre conscient de ces faits est insuffisant, il est donc urgent que les autorités publiques interviennent en utilisant, sans a priori, tous les instruments disponibles pour préserver le milieu naturel. L'analyse économique peut accompagner les pouvoirs politiques dans leurs choix en leur proposant de nouveaux instruments.

Les instruments de l'intervention publique en matière d'environnement sont classés en deux grandes catégories : les instruments réglementaires (qui fixent des normes qui portent sur les procédés techniques ou sur les volumes d'émissions polluantes) et les instruments dits économiques (principalement les écotaxes et les marchés de permis d'émissions mais aussi les crédits d'impôts et les subventions).

I. Le rôle des pouvoirs publics dans la résolution des problèmes environnementaux

Commençons par définir la notion d'externalité :

L'externalité est la conséquence de l'action d'un agent économique sur d'autres agents sans que celle-ci soit prise en compte par le marché, sous la forme d'une compensation ou d'une rémunération grâce au système de prix. Elle peut être **positive** quand elle procure une amélioration de bien être pour un autre agent ou **négative** quand elle se traduit par la diminution de bien être pour d'autres agents (exp : La

construction d'une prison fait chuter la valeur immobilière des propriétés aux alentours). La pollution serait l'exemple type d'une externalité négative.

Pour arriver à une situation optimale (pareto-optimale), correspondant à une richesse totale (ou collective) maximale, le coût externe lié à la pollution doit être considéré par le marché, en l'occurrence par le pollueur. Cette action correspond à une internalisation des externalités. L'internalisation consiste à faire peser sur les agents économiques la totalité des coûts de leurs actions. Un des moyens d'y parvenir est de taxer les pollueurs¹⁴.

De nombreuses études ont montré que le recours aux écotaxes présentait des avantages évidents. Si on suppose que le niveau de dépollution à atteindre, par la baisse de la production génératrice d'externalités, soit une donnée exogène résultant d'une **décision politique**, l'analyse économique se focalise dans ce cas, sur le choix du moyen qui permet d'atteindre l'objectif de dépollution au moindre coût. La fiscalité écologique a pour objectif de corriger les imperfections de marché et non pas de collecter des ressources de la manière la plus neutre possible. La fiscalité se substitue donc aux normes pour faire baisser la pollution et ce, en amenant le coût privé de la production au niveau du coût social (ce dernier inclut les dommages causés aux autres agents - principe du pollueur-payeur).

L'appréciation du coût social des dommages correspondant entre autres, à l'évaluation du niveau de dépollution ainsi que l'évaluation de la réactivité des comportements aux coûts est difficile. Quoi qu'il en soit, la taxe est, dans la plupart des cas, jugée plus efficace (plus efficace car moins coûteuse que la norme d'émission).

En effet, contrairement à la norme d'émission, la taxe (par unité de pollution) laisse un choix à l'entreprise réglementée. L'entreprise se trouve face à deux choix :

- maintenir le niveau de ses émissions. Elle évite alors des dépenses d'améliorations de ses performances environnementales mais paie une taxe totale élevée. Les sommes ainsi collectées pourront financer des dépenses de préservation de l'environnement.

¹⁴ solution pigouvienne du nom de l'économiste Pigou (1932) qui a défini pour la première fois le concept d'externalité comme un défaut de marché

- choisir de réduire les émissions polluantes. Ce qui entraîne des dépenses d'amélioration de ses performances environnementales, mais diminue sa dépense fiscale.

L'écotaxe est un moyen d'inciter le pollueur à dépolluer jusqu'à ce que le coût de dépollution soit égal au montant de la taxe. Ceci implique des technologies de production dans l'entreprise plus moderne et donc moins coûteuse. La politique de dépollution par la taxe est moins coûteuse que la mise en place d'une norme quantitative uniforme. C'est d'autant plus vrai en situation d'information imparfaite. L'objectif de dépollution du décideur gouvernemental peut s'effectuer en plusieurs étapes, en modifiant à chaque fois le niveau de la taxe. S'il le niveau d'émission est trop élevé, le niveau de la taxe est augmenté. Le processus permettant d'atteindre l'objectif fixé s'effectue par tâtonnements. Les écotaxes permettent de dépasser les normes préexistantes¹⁵.

II. L'option envisageable des solutions privées

Afin de présenter cette option, nous énonçons le théorème de Coase : la « négociation bilatérale ». Il a été énoncé pour la première fois par Stigler. Il suggère que si les droits de propriété sont définis (un agent privé, que ce soit le pollueur ou le pollué, est alors propriétaire de la rivière, du lac ou de la forêt) et **si les coûts de transaction sont nuls** (l'identification des partenaires de l'accord, la rédaction du contrat, le suivi de sa bonne exécution, la mise en place d'un système de sanction en cas de défection ne doivent rien coûter) les agents, par la négociation, corrigent d'eux-mêmes les externalités pour arriver à une situation optimale. Cependant, Coase lui-même, réfute l'hypothèse des coûts de transaction nuls (il faut au moins justifier l'existence de la firme) et précise qu'« *il est nécessaire d'introduire explicitement des coûts de transaction positifs dans l'analyse économique pour étudier le monde tel qu'il existe* ». Il existe d'autres solutions privées :

¹⁵ Ainsi la taxe suédoise sur le soufre s'est traduite dès 1991 par des niveaux d'émission très inférieurs à la limite légale, jusqu'à 50 % pour les fuels

- « **Les deux entreprises au fil de l'eau** » (la polluante et la polluée) peuvent **fusionner**. La nouvelle entreprise (polluante et polluée) après fusion va opter pour un niveau de rejets égal à l'optimum de pollution.

- Le **marché de permis d'émission négociables** (solution élaborée par Dales en 1968)
Les solutions de réduction de la pollution établie dans ce contexte de marché boursier sont les suivantes :

- la réglementation administrative (norme ou taxe)
- la négociation bilatérale
- l'entreprise
- le marché

La solution choisie correspond à l'objectif de minimisation des coûts de transaction. Si le coût de la réglementation est inférieur au coût de la négociation bilatérale, au coût administratif de l'entreprise et au coût du marché, le choix le plus favorable pour la collectivité sera celui de la réglementation. Cet objectif est lié à une condition de réalisation : les bénéfices qui résultent de la mise en œuvre de la solution doivent être supérieurs aux coûts de transaction. Sinon, la meilleure option pour la collectivité est encore de ne rien faire (une issue qu'il ne faut jamais écarter d'emblée).

III. Les politiques environnementales actuelles

Basée sur les instruments économiques, les politiques environnementales actuelles reposent moins sur les instruments réglementaires comme les normes (prescrivent aux agents les comportements qu'ils doivent suivre). En effet l'utilisation des normes présente, selon Boemare et Hourcade, des effets « pervers » :

- les normes entraînent des surcoûts expliqués par la difficulté de considérer la diversité des solutions afin d'exiger des efforts de dépollution différenciés.
- les normes peuvent dans certains cas ne pas garantir la baisse des émissions totales. Un exemple cité par Vujisic (2007) est celui du « moteur plus propre ». Ce dernier est souvent plus économe, il permet de rouler davantage pour un même budget et affecte donc la compétitivité du rail (plus respectueux de l'environnement) par rapport à la route ; la solution passe par une augmentation du prix du carburant au prorata des gains d'efficacité.

- Les normes se négocient entre administrations et industries (« marchandage de la réglementation avec l'industrie »). Il est donc difficile de savoir d'avance si la norme est trop lâche ou si elle s'avère trop contraignante.
- Les normes sont susceptibles d'être manipulées. Les acteurs influents peuvent être tentés d'édicter des normes qui correspondent à leurs intérêts au détriment de certains concurrents (petites entreprises, firmes étrangères) .

Les instruments économiques offrent à chaque acteur une marge de liberté pour choisir de s'ajuster ou de payer. Ce fait, assure une répartition moins coûteuse des efforts de dépollution entre pollueurs et se révèle à la fin, plus efficace en matière de lutte contre la pollution.

A. Le principe de pollueur - payeur

Le **principe pollueur-payeur** a été développé par l'économiste libéral Arthur Cecil Pigou au début des années 1920. Il a été adopté par l'OCDE en 1972, en tant que principe économique visant la prise en charge, par le pollueur, des « coûts de mesures de prévention et de lutte contre la pollution arrêtées par les pouvoirs publics pour que l'environnement soit dans un état acceptable ». Il est à l'origine de l'internalisation des coûts de pollution par les auteurs de la pollution par le biais :

- d'instruments réglementaires (normes, interdictions, permis, zonages, quotas, restrictions d'utilisation et autres réglementations directes),
- d'instruments économiques (redevances, subventions, systèmes de consignation, création de marchés, incitations à la mise en conformité),
- d'instruments fiscaux. Appelés aussi la fiscalité verte

B. La fiscalité écologique : les écotaxes

Essayons d'analyser un cas de figure très connu, celui des « taxes énergétiques ». Elles visent à faire payer les pollueurs sans influencer directement et à court terme la quantité de pollution. Elles sont destinées dans une logique purement pigouvienne à modifier les comportements et non à percevoir des recettes. Quoiqu'il en soit les

recettes collectées, elles pourront aussi être mises au service de la sauvegarde de l'environnement à travers les subventions qui aideront à la mise en place d'une technologie plus « propre » ou qui iront directement en direction des entreprises qui décideront de diminuer leur activité polluante¹⁶

Voici quelques exemples de pays développés ayant optés pour les écotaxes :

- Au Danemark : une taxe sur l'énergie a été mise en place après les chocs pétroliers et s'applique aujourd'hui à toutes les formes d'énergie. En 1991 a été instaurée, pour contribuer à la lutte contre l'effet de serre, une taxe sur les émissions de dioxyde de carbone, fixée au départ à 13 euros la tonne de CO₂, mais avec des exemptions partielles pour les entreprises intensives en énergie. En 1995, la taxe de CO₂ est passée à 80 euros la tonne, mais les entreprises ont bénéficié en échange de réduction de charges sociales. Les écotaxes ont rapporté 320 millions d'euros à l'Etat en 2000, et ces recettes ont été affectées pour 233 millions d'euros aux réductions de charges.
- En Irlande : la taxe irlandaise sur les sacs de caisses en plastique. En 2002, une taxe de 15 centimes d'euro a été instaurée sur chaque sac distribué. En un an, la consommation de sacs a été réduite de 90%.
- Au Norvège : les taxes sur le CO₂, entrées en vigueur en 1991 ont permis de réduire les émissions des installations fixes de combustion de 21 % par an. S'agissant du double dividende¹⁷, des travaux ont montré qu'une taxe sur les émissions de CO₂, assortie de réductions de cotisations sur le travail, produirait un gain net modéré en termes d'emploi.
- En France, le projet de généralisation aux consommations intermédiaires d'énergie de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP), avancé en 1999, visait à inciter les entreprises à réduire leurs émissions polluantes. Il a rapidement buté sur le fait que tout prélèvement représentait une charge

¹⁶ Comme c'est le cas pour les centrales électriques suédoises qui sont taxées proportionnellement à leurs émissions de dioxyde d'azote, mais qui reçoivent un transfert proportionnel à leur production d'électricité. Cette ponction suivie d'une redistribution permet d'orienter véritablement les comportements

¹⁷ le bien être augmente à la fois du fait de la taxe elle-même et du fait qu'elle permet de réduire des taxes distorsives

importante sur certaines industries très intensives en énergie (sidérurgie, métallurgie non ferreuse, cimenterie, etc.) alors même que les possibilités de

- réduction des consommations d'énergie y étaient souvent très limitées.

L'objectif de réduction des consommations d'énergie entraine en conflit avec, d'une part, l'objectif d'allocation (risque de délocalisation des industries concernées) et d'autre part, avec l'objectif d'équité (certaines industries se trouvant pénalisées par rapport à d'autres moins consommatrices d'énergie). Ce projet s'est heurté à l'opposition des entreprises puis à une décision d'invalidation du conseil constitutionnel en raison de l'inégalité des contribuables devant l'impôt que cette loi aurait entraînée en raison d'un mode de calcul très complexe.

C. Le marché des permis d'émission négociables

La politique fédérale de normes d'émissions fixées et contrôlées par l'Agence de protection de l'environnement aux Etats-Unis a échoué entraînant par la suite l'apparition d'un nouveau mécanisme de régulation, à savoir, les permis d'émission négociables. En effet, dans de nombreuses régions, les normes d'émissions prescrites n'ont pas été atteintes. L'installation de nouvelles usines a alors été interdite. Une dérogation a été prévue pour les nouveaux industriels qui disposent de licences cédées par les pollueurs historiques, ces derniers réduisant leurs émissions d'autant. Cette première décision de commercialiser des permis de pollution est une forme de conciliation de la protection de l'environnement et de la croissance économique.

Par la suite cet instrument a été adopté par de nombreux pays. Le protocole de Kyoto en fait un de ses instruments privilégiés.

1. Solution privée négociée

Les solutions privées qui mettent en relation directement les pollueurs avec les pollués existent mais elles ne sont pas répandues. On peut citer l'exemple, emprunté à F. Lévêque, de la négociation entre Volvo et British Petroleum [Henry 1994] : BP décide d'adopter un pétrole moins léger et contenant plus de soufre pour diminuer ses coûts d'achat de matières premières. Mais cela entraîne des émissions plus corrosives qui endommagent les carrosseries des véhicules du constructeur parkés à proximité. Une

négociation s'engage entre les deux parties. Il est décidé que BP prendra à sa charge la réparation du préjudice subi par Volvo. La solution technique retenue est la couverture des aires de stockage des voitures. Cette solution se révèle moins coûteuse que l'installation de filtres de désulfuration à la sortie des cheminées de la raffinerie...

On le voit immédiatement, cette solution satisfaisante sur le plan local et sur le plan économique ne l'est pas du tout sur un plan écologique. La solution adoptée est totalement incomplète : une partie seulement des externalités a été internalisée. Les émissions corrosives de soufre n'ont pas été interrompues et elles continueront sans doute de générer des externalités négatives, notamment pour les générations futures.

Pour qu'elle soit totalement efficace, la solution négociée doit être complète et doit concerner toutes les parties présentes et futures victimes du préjudice. Cette solution est par conséquent très onéreuse dès lors que le nombre de parties concernées est élevé ; ce qui est généralement le cas pour les problèmes de pollution. La présence de plusieurs pollués et pollueurs renchérit : les coûts de recherche de l'information (sur la responsabilité de chaque pollueur, la hauteur des préjudices subis par chaque pollué...) préalable à la rédaction du contrat ; les coûts d'organisation de la négociation ; les coûts de contrôle des engagements contractuels, etc.

Du fait des coûts élevés de négociation, la solution privée la plus fréquente ne comporte pas de négociation avec les pollués. Elle prend la forme d'engagements de réduction des émissions pris unilatéralement par les pollueurs.

2. Le marché des permis d'émissions négociables.

Cet instrument est utilisé initialement aux Etats-Unis et avec le protocole de Kyoto , il connaît une nouvelle impulsion. Pour sa part l'Europe propose depuis 2005 l'instauration d'un système d'échange de quotas de gaz à effet de serre pour les industries intensives en énergie et les producteurs d'électricité dans l'espace économique européen. Ce marché prévu initialement pour le dioxyde de carbone¹⁸ (CO₂) devrait être élargi aux autres GES et à d'autres activités que celles initialement prévues.

¹⁸ L'instauration de permis d'émissions négociables permettra de séparer complètement l'effet incitatif du dispositif (fonction du prix de marché de la tonne de CO₂ économisée) de son effet distributif (fonction de l'allocation initiale des permis)

a. fonctionnement des marchés de permis d'émission

Au cours de chaque période, chaque participant se voit allouer une quantité de quotas d'émission qu'il peut échanger, chaque quota correspond à une unité de polluant (ex : une tonne de CO₂ ou une tonne de SO₂, dioxyde de soufre). A la fin de la période, tout participant devra détenir suffisamment de quotas pour couvrir son niveau d'émission réel. La quantité totale de quotas allouée correspond donc à la contrainte environnementale globale imposée par les pouvoirs publics. Le système d'échange permet par le simple jeu du marchandage, d'établir un prix pour le quota (ex : 25 € la tonne de CO₂). Les entreprises, compte tenu de leur technologie, dont le coût marginal de réduction des émissions est supérieur au prix de marché du quota, chercheront à acheter la quantité de quotas pour couvrir leurs émissions aux entreprises qui auront un coût de réduction des émissions inférieur au prix du quota. Ces dernières réduiront leurs émissions et bénéficieront de la vente de leurs droits jusqu'à ce que le coût marginal de réduction atteigne le prix du marché. Il est donc avantageux pour tous les acteurs d'échanger leurs droits sur ce marché. Ce mécanisme permet donc de réduire les surcoûts associés à la limitation des émissions, car on permet la mise en œuvre des réductions là où les coûts correspondants sont les plus faibles.

L'instauration de permis négociables permet, contrairement aux écotaxes, de maîtriser directement la quantité d'émission des activités concernées par le marché. L'allocation initiale des droits accordés peut se faire gratuitement ou aux enchères. Une allocation aux enchères présente l'avantage de révéler une information sur le niveau des coûts de réduction, alors que l'allocation gratuite prend en compte les caractéristiques de la situation initiale, héritée d'une histoire dans laquelle le souci environnemental était partiellement ou totalement absent.

Selon Daniel Delalande (2003), le marché de permis négociable suppose la mise en place d'un certain nombre de règles bien précises :

- Définir la nature juridique des quotas d'émission. Est-ce que ce sont des titres financiers à part entière ou relèvent-ils de la catégorie des autorisations administratives (susceptibles de circuler) délivrées par l'Etat dans le cadre de sa mission de service public (préservation de la qualité de l'air et de la santé publique) ?
- Instaurer un système de surveillance et de contrôle d'émissions. Ceci constitue une condition du bon fonctionnement du marché. La mise en place du marché suppose donc

un renforcement du contrôle des émissions, voire un contrôle continu au lieu de contrôles ponctuels. Citons l'exemple des Etats-Unis, en ce qui concerne le marché du SO_2 , l'Agence pour la protection de l'environnement comptabilise les émissions réelles et les échanges de quotas en volume. Elle vérifie que chaque centrale détient au moins autant de quotas que d'émissions réelles. La gestion des échanges financiers de quotas n'est pas de sa responsabilité, elle est laissée aux opérateurs boursiers.

- Mettre en place un système de sanctions. Celui-ci a pour objet de dissuader les entreprises de dépasser les émissions autorisées. Aux Etats-Unis, dans le cadre du marché du SO_2 , la pénalité est non libératoire. Autrement dit, pour tout excès d'émission, l'entreprise perd à la période suivante l'équivalent de quotas. Mais surtout le montant de la pénalité est dix fois le haut de la fourchette du prix constaté sur le marché.

- veiller à assurer la liquidité du marché. Aux Etats-Unis, sur le marché du SO_2 , une part des allocations des participants est retenue (2,8%) puis proposée aux enchères. Cette mise aux enchères garantit aux nouveaux entrants la possibilité d'acheter des quantités importantes de quotas.

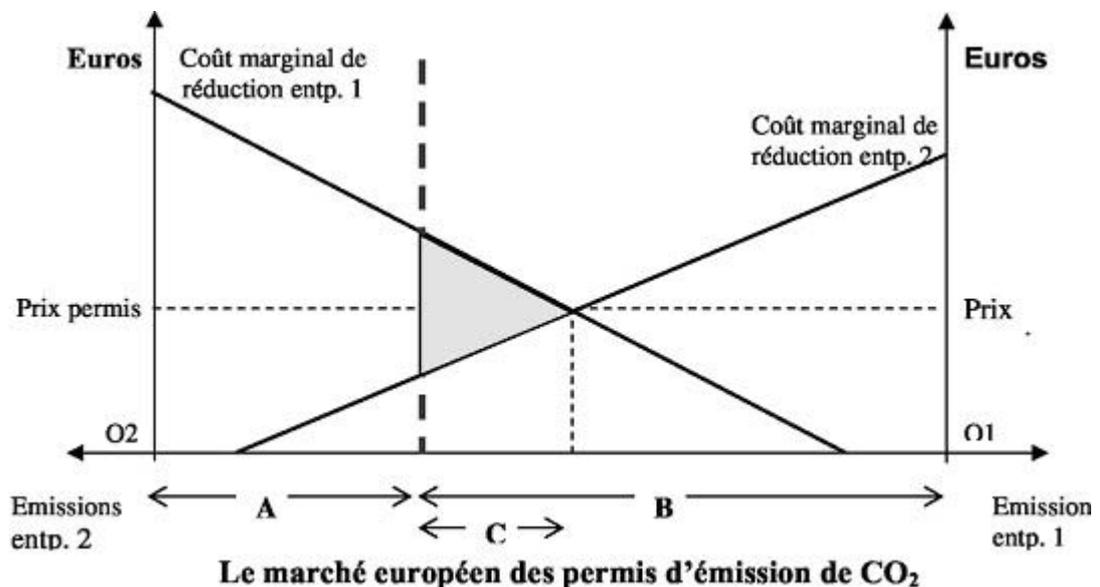


Figure III-1 Le marché des permis d'émission de CO_2

b. Le marché des permis d'émissions : le cas du protocole de Kyoto.

C'est avec le Protocole de Kyoto que les marchés de permis d'émission, appelés «marché des droits à polluer», vont être concrètement envisagés en Europe et en France dans le cadre des politiques environnementales. La création d'un marché international

de CO₂, qui devrait être opérationnel en 2008, constitue une des dispositions les plus spectaculaires du texte finalement adopté. Depuis, l'Union européenne a mis en chantier une directive organisant un marché de quotas d'émission de CO₂ s'appliquant à plusieurs secteurs industriels et concernant plusieurs milliers d'installations industrielles sur toute l'Europe, directive qui est entrée en vigueur en 2005.

Le protocole de Kyoto.

En 1992, une convention-cadre sur les changements climatiques était adoptée par 166 pays, dans le cadre du sommet mondial de Rio. En 1997, ce texte était complété par le protocole de Kyoto. Celui-ci quantifiait l'engagement de principe pris en 1992 par les pays développés de réduire leurs émissions. Au stade actuel du processus, les pays du Sud ne sont soumis à aucune contrainte du fait de la responsabilité historique des pays développés dans l'augmentation de la teneur en carbone de l'atmosphère.

Dans le cadre du protocole de Kyoto, principalement les pays développés et les pays en transition s'engageaient à réduire, sur la période 2008-2012, leurs émissions annuelles de gaz à effet de serre (GES, Six gaz sont concernés et les objectifs sont spécifiés en équivalents d'émission de CO₂) de 5,2 % en moyenne par rapport au niveau atteint en 1990. Mais pour stabiliser la température de l'atmosphère, les scientifiques considèrent qu'il faudrait réduire les émissions de GES d'au moins 50 %.

Ce protocole n'est entré en vigueur qu'en février 2005. Il prévoit donc le recours à un marché de droits d'émission de GES, où l'on déconnecte les allocations initiales (censées être équitables) et finales (modifiées par les échanges économiques). Il organise donc en quelque sorte une distribution gratuite aux gouvernements de permis d'émissions qui seront négociables sur un marché de permis. Les articles du protocole évoquant les échanges de droit sont les suivants :

. Articles 3.1 et 4. Les Pays peuvent définir une **bulle**, au sens où un groupe de pays s'engagent solidairement à respecter l'engagement quantitatif global, et se réservent donc le droit de répartir leurs engagements nationaux de façon différente. L'Union européenne a ainsi adopté une répartition intracommunautaire de l'effort...

. Article 3.13. Possibilité de mise en réserve des quotas d'émission non utilisés sur la période 2008-2012.

. Article 6. Des crédits d'émission peuvent être attachés à des projets de réduction d'émission de GES (ex, centrales solaires...) ou de plantations végétales contribuant à absorber le CO₂ (« puits de carbone »), sous certaines conditions. Les pays industrialisés

et en transition peuvent échanger ces crédits, mais peuvent aussi, sous leur responsabilité, autoriser des personnes morales à participer aux actions relatives à l'obtention et au transfert des réductions d'émission obtenues par ces projets. Ce mécanisme est baptisé **mise en œuvre conjointe**.

. Article 12. **Le mécanisme de développement propre** autorise, sous certaines conditions, Les pays industrialisés et en transition à réaliser des réductions «additionnelles» d'émissions dans les pays en développement, plutôt que sur leur territoire national. Ces crédits pourront être acquis sur la période 2000-2007 et utilisés sur la période 2008-2012.

. Article 17. **Le commerce des quotas d'émission** entre les pays industrialisés et en transition est autorisé.

Les trois dernières dispositions sont souvent regroupées sous le label mécanisme de flexibilité.

Références Indicatives

- **Autret. F et Duval. G.** 2006. « Où en est le marché du CO2 ? » Alternatives économiques.
- **Beumais O. et Chiroleu-Assouline. M.** 2002, *Économie de l'environnement*, Amphi Bréal,
- **Boemere. C et Hourcade. J-C** 2005. « Les instruments économiques au service de l'environnement, une efficacité mal comprise ». Cahiers français n° 327.
- **De Perthuis. Ch** 2006. « La finance carbone ». Revue d'économie financière ; téléchargeable de <http://doc-iep.univ-lyon2.fr/Ressources/Bases/Somrev/sommaire.html?ID=927>
- **Duval. G.** 2006. « Climat: on en parle mais on ne fait rien » Alternatives économiques ; Consultables sur <http://www.alternatives-economiques.fr/climat--on-en-parle-beaucoup---mais-on-ne-fait-presque---rien fr art 206 24236.html>
- **Gaulier. G. & Kousnetzoff. N.** 2007. La mesure des liens entre environnement et croissance, *L'économie mondiale*, coll. Repères, La Découverte.
- **Guesnerie. R.** 2003. « Kyoto et l'économie de l'effet de serre » rapport du CAE. Téléchargeable de <http://www.cae.gouv.fr/spip.php?article90>
- **Guesnerie. R.** 2005. « Pourquoi un marché de permis d'émissions ? Le cas du protocole de Kyoto » Cahiers français.
- **Jurgensen. Ph.** 2009, *L'économie verte*, Odile Jacob
- **Lévêque. Ch et Sciama. Y.** 2005. « Développement durable ». DUNOD. 226p.
- **Lévêque. F.** 2004. « Economie de la réglementation » La découverte.
- **Lipietz. A., Bureau. D., Hourcade. J-Ch., Godart. O. et Henry. Cl.** 1998 « Fiscalité de l'environnement » rapport du CAE. téléchargeable de <http://www.cae.gouv.fr/spip.php?article15>
- **Petit. O.** 2004. *Entreprises et environnement. Rapport à la commission des comptes et de l'économie de l'environnement*. Ministère de l'écologie et du développement durable. La documentation française. Consultables sur <http://developpementdurable.revues.org/index1236.html>
- **Rotillon. G.** 2005. *L'économie des ressources naturelles*, Repères La Découverte.
- **Vallée. A.** 2002. *L'économie de l'environnement*, Points Le Seuil .

Site utiles

<http://www.environnement-annuaire.net/>

<http://www.environnement.nat.tn/actualite/maj%20140509.pdf>

<http://www.environnement.nat.tn/structures.htm>

<http://www.fao.org/docrep/v9974f/v9974f04.htm>

<http://www.coeur-vert.com/>

<http://www.vivreplus-construction.fr/developpement-durable/les-enjeux-dans-le-batiment>

<http://www2.cnrs.fr/presse/journal/2883.htm>

http://www.canalu.tv/canalu/producteurs/universite_rennes_2_crea_cim/dossier_programmes/biodiversite_comment_gerer_notre_interaction_avec_l_ecosysteme