



Faculté
Eco-Gestion
Clermont-Fd

Master « Economie et développement international » 1^{ère} année

ECONOMIE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT

Chapitre I. Introduction

P. Combes Motel
Cerdi – CNRS – Clermont Université

Sommaire

Economie des ressources naturelles et de l'environnement

Chapitre I. Introduction : la spécificité de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles

- A. POPULATION, CROISSANCE, RN ET ENVIRONNEMENT
- B. APPROCHE SYSTEMIQUE DE L'ACTIVITE HUMAINE.
- C. PRINCIPES DE LA THERMODYNAMIQUE.
- D. LA VALORISATION DE L'ENVIRONNEMENT ET ECONOMIE ECOLOGIQUE.
- E. LES PROBLEMES CONTEMPORAINS DE L'ENVIRONNEMENT ET LES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES
- F. ROLE DE L'ECONOMIE, DISTINCTION ECONOMIE DE L'ENVIRONNEMENT ET ECONOMIE DES RESSOURCES NATURELLES.

Annexe Introduction

Table des illustrations

Définition 1. La transition démographique	3
Définition 2. La biosphère.....	7
Définition 3. L'économie écologique.....	15
Définition 4. La production dans la comptabilité nationale	18
Définition 5. Ressource naturelle épuisable	18
Encadré 1. La croissance est un phénomène récent	2
Encadré 2. Effondrement des sociétés et dégradation de l'environnement : un suicide écologique ?.....	5
Encadré 3. Les balances matières.....	9
Encadré 4. Les principes de la thermodynamique et l'économie	11
Encadré 5. La décroissance plutôt que l'état stationnaire	13
Encadré 6. Pourquoi donner une valeur à l'écosystème ?	14
Encadré 7. Une représentation erronée du processus économique.....	18
Figure 1. Croissance économique régionale.....	1
Figure 2. La transition démographique	3
Figure 3. Malthus : le revenu par tête tend vers le niveau de subsistance	4
Figure 4. Evolution de la population occidentale et d'origine occidentale	5
Figure 5. Evolution de la croissance démographique, 1950-2006	6
Figure 6. Population mondiale par régions, 1950-2050	6
Figure 7. Production d'énergie dans la chaîne alimentaire. Le cas d'une rivière de Silver Spring (Floride)	7
Figure 8. La dégradation de l'énergie dans un bilan-énergie	8
Figure 9. Les balances matières	9
Figure 10. Le métabolisme industriel.....	10
Figure 11. Des ressources à faible entropie transformées en déchets à forte entropie	12
Figure 12. Des ressources à faible entropie et un développement durable.....	12
Figure 13. Evolution de l'indicateur de progrès véritable et du PIB par tête aux EU	13
Figure 14. Valeur des écosystèmes dans le monde	14

Figure 15. Nombre des décès prématurés imputables à l'exposition à l'ozone dans les zones urbaines en 2000 et 2030.....	16
Figure 16. Evolution de la production de déchets dans les pays de l'OCDE	17
Figure 17. Evolution des dépenses de protection de l'environnement par domaine en France.....	17
Figure 18. Ressources naturelles épuisables, renouvelables et environnementales	18
Figure 19. Schéma simplifié du fonctionnement de la biosphère.....	20
Figure 20. Bilan-matière	21
Tableau 1. Population mondiale par régions	7
Tableau 2. Signalétique des problèmes environnementaux utilisée par l'OCDE à l'horizon 2030.....	15
Tableau 3. Dépense de protection de l'environnement en France par agent « responsable »	18
Tableau 4. Tableau Entrées-Sorties physique de l'écosystème – flux de carbone (PgC) sans intervention humaine	19
Tableau 5. Construction de l'indicateur de progrès véritable des EU	22
Tableau 6. Evolution de l'importance relative des dépenses de protection de l'environnement en France	24
Tableau 7. Exemples de ressources naturelles	24

Bibliographie

- André, C. & JP. Platteau, 1998 “Land relations under unbearable stress: Rwanda caught in the Malthusian trap” *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 34, pp. 1-47.
- Ayres, RU. & AV. Kneese, 1969 “Production, Consumption, and Externalities” *The American Economic Review*, vol. 59, n° 3, June, pp. 282-297
- Ayres, RU. 2001 “Resources, scarcity, growth, and the environment” mimeo. Disponible en ligne : <http://ec.europa.eu/environment/enveco/waste/ayres.pdf>
- Bonnieux, F. & B. Desaignes, 1998 *Economie et politiques de l'environnement*, Dalloz. Précis, Sciences Economiques.
- Boulding, KE. 1966 *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, in *Environmental Quality in a Growing Economy*, Jarrett, H. (ed.), Baltimore, John Hopkins Press. Extraits disponibles en ligne : <http://dieoff.org/page160.htm>
- Boutaud, A. & N. Gondran, 2009 *L'empreinte écologique*, La Découverte. Repères #527.
- Cantlon, JE. & HE. Koenig, 1999 “Sustainable ecological economies” *Ecological Economics*, vol. 31 Issue 1, October, pp. 107–121
- Conrad, JM. 1999 *Resource Economics*, Cambridge University Press.
- Costanza, R. & HE. Daly, 1987 “Toward an ecological economics” *Ecological Modelling*, vol. 38, September, pp. 1-7.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, RV., Paruelo, J., Raskin, RG., Sutton, P., van den Belt, M. 1997 “The value of the world's ecosystem services and natural capital” *Nature*, vol. 387, n° 6630, 15 May, pp 253-260.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, RV., Paruelo, J., Raskin, RG., Sutton, P., van den Belt, M. 1998 “The value of ecosystem services and natural capital: putting the issues in perspective” *Ecological Economics*, vol. 25, pp 67-72.
- Costanza, R., J. Cumberland, HE. Daly, R. Goodland, & R. Norgaard, 1997 *An introduction to ecological economics*, St. Lucie Press.
- Daly, H.E. 2003 “Ecological Economics: The Concept of Scale and Its Relation to Allocation, Distribution, and Uneconomic Growth” CANSEE, October 16-19, Jasper, Alberta, Canada. Disponible en ligne:

Diamond, J. 2005, 2006 *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard. Trad. Française A. Botz et JL. Fidel. Essais.

Gadrey, J. & F. Jany-Catrice 2005 *Les nouveaux indicateurs de richesse*, La Découverte. Repères, Thèses et débats. #404.

Georgescu-Roegen, N. 1975 "Energy and Economic Myths" *Southern Economic Journal*, vol. 41, n° 3, January, pp. 347-381.

Georgescu-Roegen, N. 1979, 1995 *La décroissance. Entropie, écologie, économie*. 2^{ème} édition. Edition électronique:

http://classiques.uqac.ca/contemporains/georgescu_roegen_nicolas/dcroissance/la_decroissance.pdf

Goldin, I. & L. Alan Winters (editors), 1995 *The Economics of Sustainable Development*, Cambridge University Press. CEPR and OECD

Griffon, M. 2006 *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte*, Odile Jacob. Sciences.

Grinevald, J. 2002 « Biodiversité et biosphère » *L'Etat de la planète Magazine*, n° 1, janvier – février. Disponible en ligne : http://www.delaplanete.org/IMG/pdf/pdf_biodiversite.pdf

IFEN, 2007 *L'économie de l'environnement en 2005. Rapport de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement*, Les Synthèses. Disponible en ligne : <http://www.ifen.fr/ifen/missions/la-commission-des-comptes.html>

IFEN, 2008 « La France face à ses objectifs environnementaux européens » *Le 4 pages*, juin. Document disponible en ligne : <http://www.ifen.fr/uploads/media/de124.pdf>

Kratena, K. 2004 " 'Ecological value added' in an integrated ecosystem–economy model—an indicator for sustainability" *Ecological Economics*, vol. 48, pp. 189-200.

Leefers, LA. & GB. Castillo, 1998 "Bridging the gap between economics and ecology" *Conservation Ecology* [online] vol. 2, n° 2, p. 19. Available from the Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss2/art19/>

Maddison, A. 2005 *Growth and Interaction in the World Economy. The Roots of Modernity*, The AEI Press. Disponible en ligne: <http://www.ggdc.net/maddison/>

Malthus, TR. 1798, 1992 *Essai sur le Principe de population*, Flammarion.

Martin, J-Y. (éd.), 2002 *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations*, IRD Editions.

Odum, HT. 1974 "Energy, Ecology and Economics". Disponible en ligne: http://www.mnforsustain.org/energy_ecology_economics_odum_ht_1973.htm

OCDE, 2008 *Indicateurs clés de l'environnement*, Direction de l'Environnement de l'OCDE, France.

OECD, 2008 "Health and the Environment" *Policy Brief*, February. Disponible en ligne: <http://www.oecd.org/dataoecd/38/18/40396531.pdf>

Population Reference Bureau, 2004 « Transitions in World Population » in *Population Bulletin*, vol. 59, n°1, march. Disponible en ligne: <http://www.prb.org/pdf04/transitionsinworldpop.pdf>

Sahlins, MD. 1976 *Age de Pierre, âge d'abondance. L'économie des sociétés primitives*, Gallimard. Bibliothèque des sciences humaines. Traduction de *Stone Age Economics*

Sweeney, JL. 1992 "Economic Theory of Depletable Resources. An Introduction" in *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, chapter 17, vol. 13, A. V. Kneese & J. L. Sweeney (ed.), North Holland. Mimeo disponible en ligne:

Talberth, J., C. Cobb & N. Slattery, 2006 "The Genuine Progress Indicator 2006. A Tool for Sustainable Development. Redefining Progress". Disponible en ligne.

Tietenberg, T. 2006 *Environmental and Natural Resource Economics*, Pearson Education, 8th edition.

van den Bergh, J. 2000 "Themes, Approaches, and Differences with Environmental Economics" Tinbergen Institute Discussion Paper, TI 2000-080/3. Disponible en ligne: <http://www.tinbergen.nl/discussionpapers/00080.pdf>

Vernadsky, VI., 1926 *La biosphère*, texte original en Russe.

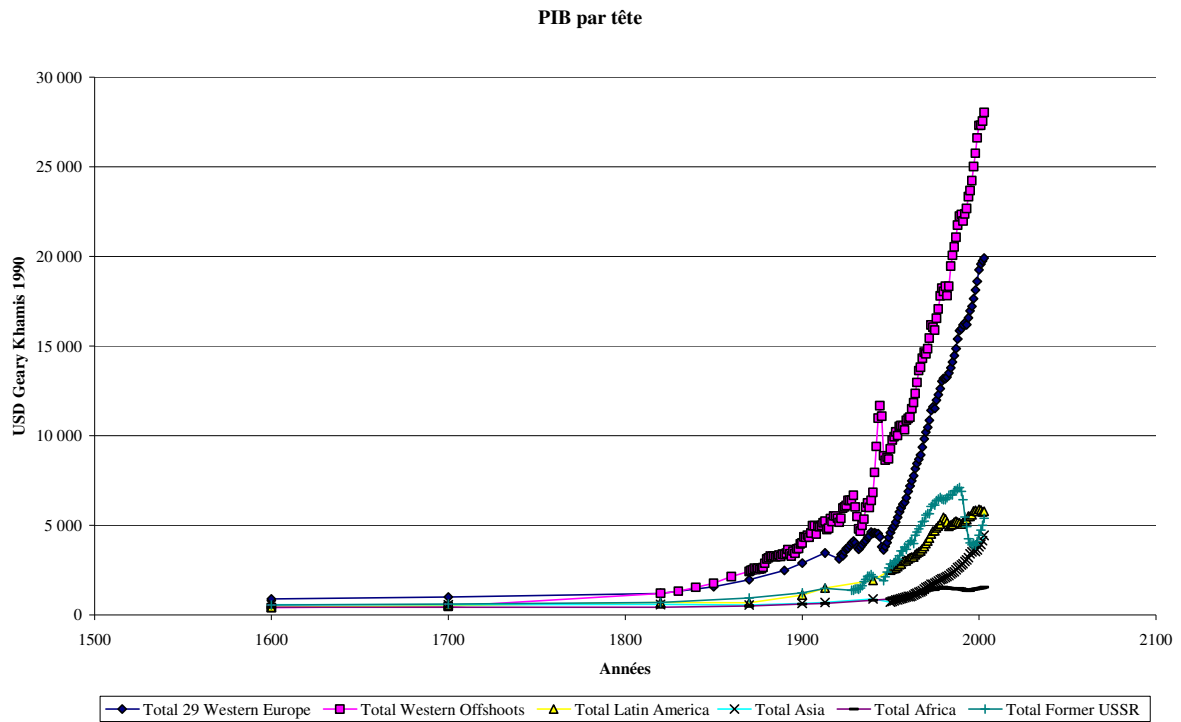
Wendling; C. 2008 « Les instruments économiques au service des politiques environnementales » *Economie et prévision*, numéro spécial *Économie expérimentale, outil d'aide à la décision*, n° 182, 2008/1, pp. 147-54.

Zhang, ZX. 2008 "Asian energy and environmental policy: Promoting growth while preserving the environment" *Energy Policy*, in press

Chapitre I. Introduction : la spécificité de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles

A. Population, Croissance, RN et environnement

Figure 1. Croissance économique régionale



Source : Maddison, A. 2008

Encadré 1. La croissance est un phénomène récent

“Over the past millennium, world population rose 23-fold, per capita income 14-fold, and GDP more than 300-fold. This contrasts sharply with the preceding millennium, when world population grew by only a sixth, with no advance in per-capita income. From 1000 to 1820, growth was predominantly extensive. Most of the GDP increase went to accommodate a fourfold increase in population. The advance in per-capita income was a slow crawl—the world average increased only by half over a period of eight centuries.

In the year 1000, the average infant could expect to live about twenty-four years [...]. A third would die in the first year of life. Hunger and epidemic disease would ravage the survivors. By 1820, life expectancy had risen to thirty-six years in the West, with no improvement elsewhere.

After 1820, world development became much more dynamic. By 2001, income per head had risen ninefold, population nearly sixfold. Per-capita income rose by 1.2 percent a year, twenty-four times as fast as in 1000–1820. Population grew about 1 percent a year, six times as fast as in 1000–1820. Life expectancy increased to seventy-nine years in the West and sixty-four in the rest of the world.

Within the capitalist epoch (the period from 1820 onward), the pace of advance has been uneven. One can distinguish five distinct phases:

1. The ‘golden age,’ 1950–73, when world per capita income grew nearly 3 percent a year, was by far the best.
2. Our age, from 1973 onward (henceforth characterized as the neo-liberal order), is second best.
3. The old “liberal order” (1870–1913) was third best, only marginally slower in terms of per capita income growth.
4. In 1913–50, growth was well below potential because of two world wars and the intervening collapse of world trade, capital markets, and migration.
5. The slowest growth was registered in the initial phase of capitalist development (1820–70), when significant growth momentum was largely confined to European countries, Western offshoots, and Latin America.”

Source: Maddison, A. 2005

Définition 1. La transition démographique

La transition démographique est un processus décrivant la dynamique d'une population dont l'accroissement évolue sous l'effet d'abord d'une baisse rapide de la mortalité suivie par une baisse de la natalité. Ce processus traduit l'impact de variables telles que le revenu ou l'éducation sur la fertilité des individus. La plupart des continents ont connu une transition démographique, l'Afrique étant celui où elle est la plus tardive.

D'après Griffon, M. 2006

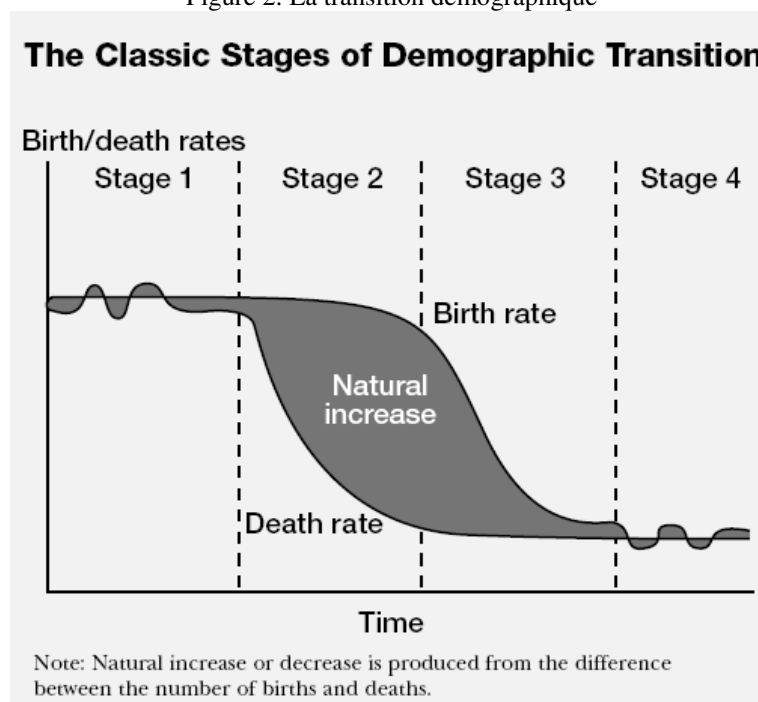
“The notion that a society's population growth progresses in three stages is well known. In Phase I, called the premodern phase, fertility is unchecked by economic or other considerations. However, mortality – especially among the old and the young – does respond directly to economic conditions. Life expectancy is low on average and fluctuates widely as land, food and clean water scarcities lead to famines and epidemics. Mortality fluctuates more than fertility. The population of a premodern society rises to the point where living standards are low enough to equilibrate the high birth rate with an equally high death rate. Phase II has two parts. In the first, the death rate drops quickly but the birth rate stays constant or even rises. The drop in the death rate is due to productivity growth (mainly in agriculture) that removes the economy from the brink of starvation and, perhaps more important, to technical advances in public health and medical care. These factors reduce deaths but do not directly alter reproductive behaviour or birth rates. Indeed, since more women survive to the end of their reproductive years, fertility may even increase. The wedge between birth and death rates leads to a rapid rise in the population, especially at the low end of the age profile. Additionally life expectancy, life expectancy doubles. The net result is a rapid expansion of population and a built-in population momentum. The latter stems from the natural rise in the average birth rate as the bulge of population in its prereproductive years, reaches its fertile phase. This raises the share of the population in its fertile years, so even with no change in fertility per women the average birth rate rises.

During the latter part of phase II, fertility declines faster than mortality, so population growth begins to stabilise. The fertility decline is driven largely by socioeconomic factors such as rising levels of education, real income and life expectancy levels as well as higher female labour force participation rates.

Phase III is marked by a stable population at a high living standard, which is supported by low birth and death rates, and a high life expectancy at birth. Fertility fluctuates more than mortality.”

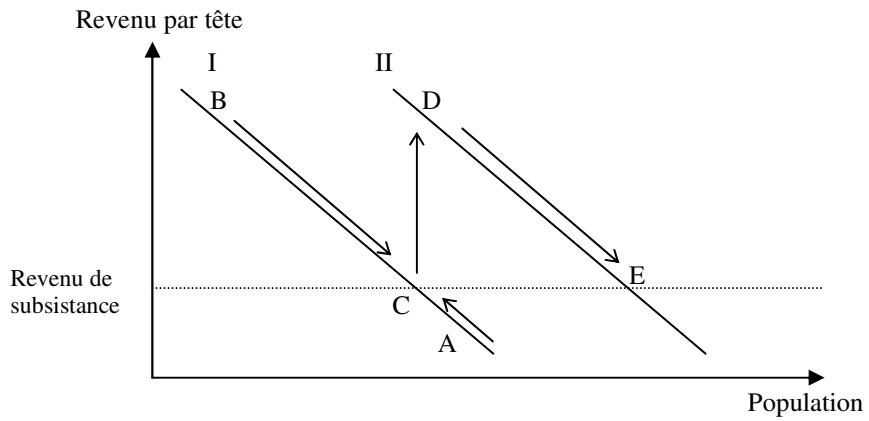
Source: Baldwin, R. Chapitre 2 in Goldin, I. & L. Alan Winters (editors), 1995

Figure 2. La transition démographique



Source: Population Reference Bureau, 2004

Figure 3. Malthus : le revenu par tête tend vers le niveau de subsistance



Note. La décroissance du revenu par tête par rapport à la population repose sur l'hypothèse de rendements d'échelle décroissants.

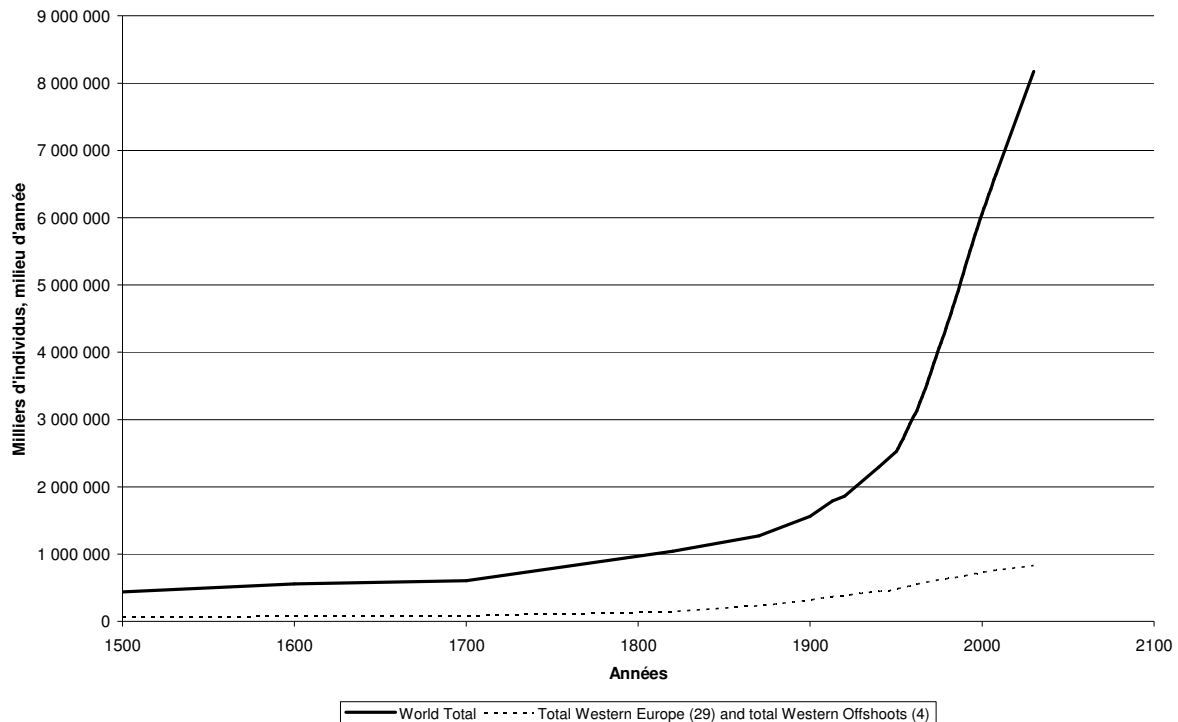
Encadré 2. Effondrement des sociétés et dégradation de l'environnement : un suicide écologique ?

« Les ruines monumentales que [les] sociétés anciennes ont laissées derrière elles exercent un attrait romantique. Enfants, nous nous émerveillons la première fois que nous les découvrons grâce à des photographies ; adultes, nous sommes nombreux à nous y rendre en vacances. Leur beauté, souvent spectaculaire, sinon obsédante, impressionne par le mystère qu'elles soulèvent : leurs dimensions témoignent de la richesse et du pouvoir que détenaient leurs bâtisseurs qui, tel Shelley, eussent pu s'exclamer : 'Contemplez mes œuvres, ô Puissants, et désespérez !' Pourtant ces bâtisseurs ont disparu, abandonnant ces énormes structures qu'ils avaient eu tant de peine à ériger. Comment une société autrefois si puissante peut-elle finir par disparaître ? On ne laisse de s'interroger sur le sort de ses citoyens, partis ailleurs, mais pour quelle raison, ou morts sur place, mais était-ce avec violence ? En réalité, une question revient de manière lancinante : notre propre société prospère est-elle menacée du même sort ultime, en sorte qu'un jour des touristes médusés admireront les débris rouillés des gratte-ciel new-yorkais comme aujourd'hui nous contemplons les ruines des cités mayas englouties dans la jungle ?

On a longtemps soupçonné que nombre de ces abandons mystérieux avaient été causés par des problèmes écologiques : les habitants avaient détruit, sans le savoir, les ressources naturelles dont dépendait leur société. Cette hypothèse – écocide – a été confirmée par des découvertes réalisées au cours des dernières décennies par les archéologues, des climatologues, des historiens, des paléontologues et des palynologues (scientifiques analysant les pollens). Les processus par lesquels les sociétés anciennes ont causé leur propre perte en endommageant leur environnement sont au nombre de huit, dont l'importance relative varie selon les cas : la déforestation et la restructuration de l'habitat ; les problèmes liés au sol (érosion, salinisation, perte de fertilité) ; la gestion de l'eau ; la chasse excessive ; les conséquences de l'introduction d'espèces allogènes parmi les espèces autochtones ; la croissance démographique et l'augmentation de l'impact humain par habitant. »

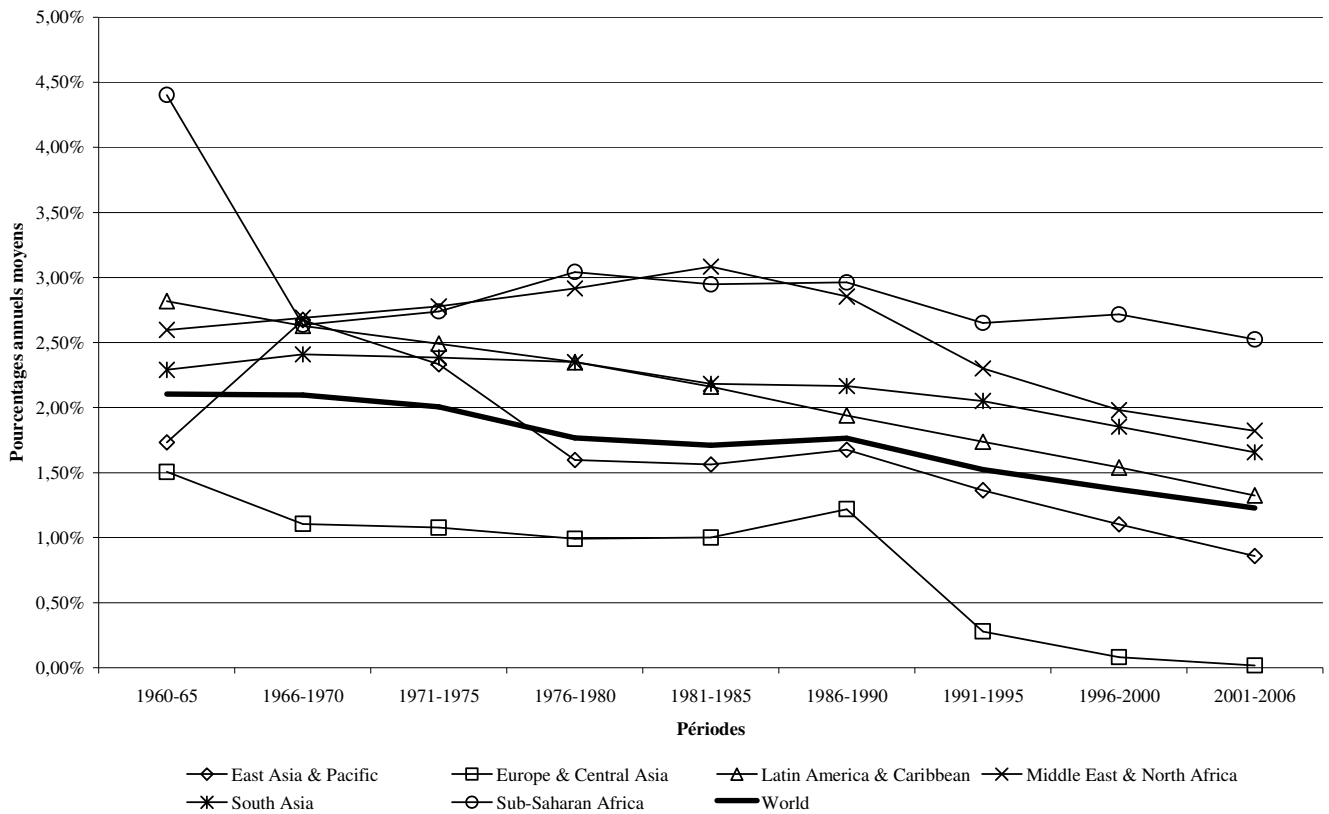
Source : Diamond, J. 2005, 2006, pp. 16-17

Figure 4. Evolution de la population occidentale et d'origine occidentale



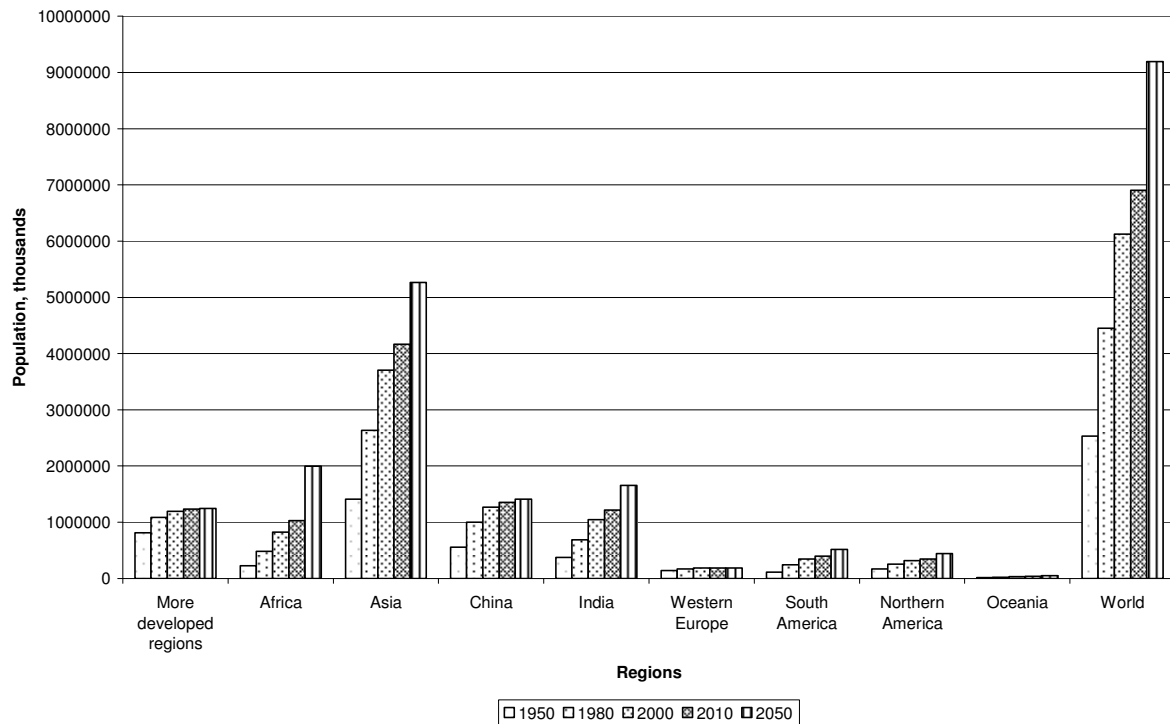
Source : Maddison, A. 2008 <http://www.ggd.net/maddison/>

Figure 5. Evolution de la croissance démographique, 1950-2006



Source : World Bank Indicators.

Figure 6. Population mondiale par régions, 1950-2050



Source: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects: The 2005 Revision, <http://esa.un.org/unpp> Consulté le 18 septembre 2008

Tableau 1. Population mondiale par régions

	1950	1980	2000	2010	2050
More developed regions	32%	24%	19%	18%	14%
Africa	9%	11%	13%	15%	22%
Asia	56%	59%	60%	60%	57%
China	22%	22%	21%	20%	15%
India	15%	15%	17%	18%	18%
Western Europe	6%	4%	3%	3%	2%
South America	4%	5%	6%	6%	6%
Northern America	7%	6%	5%	5%	5%
Oceania	1%	1%	1%	1%	1%
World percentages	100%	100%	100%	100%	100%
World billions	2535,093	4451,47	6124,123	6906,558	9191,287

Source: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2006 Revision and World Urbanization Prospects: The 2005 Revision, <http://esa.un.org/unpp> Consulté le 18 septembre 2008

Définition 2. La biosphère

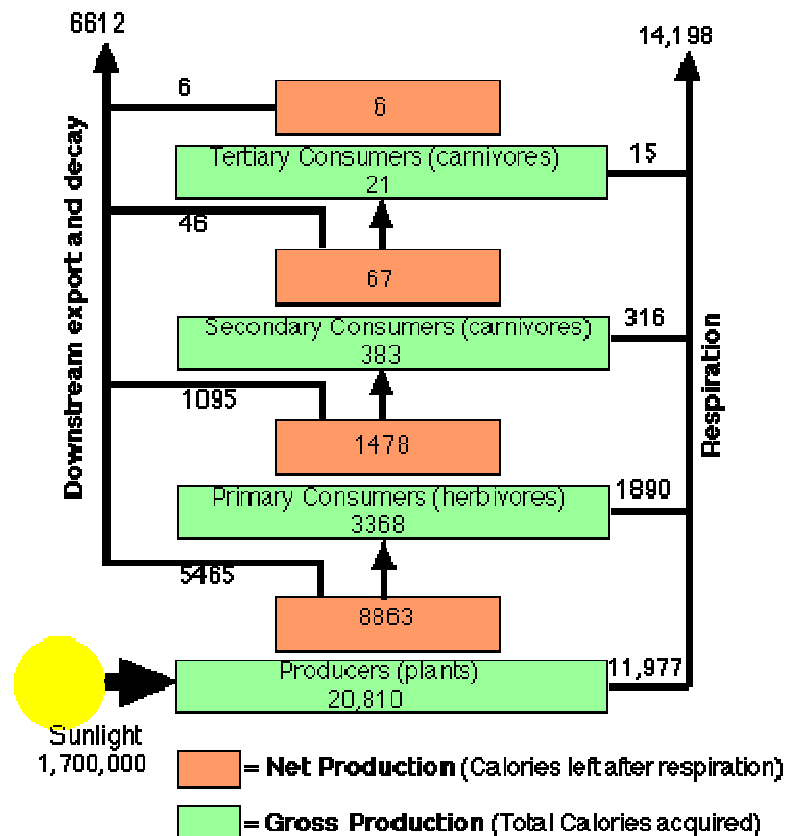
« [...] la Biosphère est le système écologique global intégrant tous les êtres vivants et les relations qu'ils tissent entre eux, avec les éléments chimiques de la lithosphère (les roches), de l'hydrosphère (l'eau) et de l'atmosphère (l'air), dans un métabolisme global qui transforme sans cesse la surface de la Terre. »

Source : Grinevald, J. 2002

“As ecosystems developed, their constituent species populations gathered resources from, and dispersed residuals and products into the atmosphere, hydrosphere, and surface layers of the geosphere at rates and over durations sufficient to substantially change their composition and structure, thus forming the biosphere”

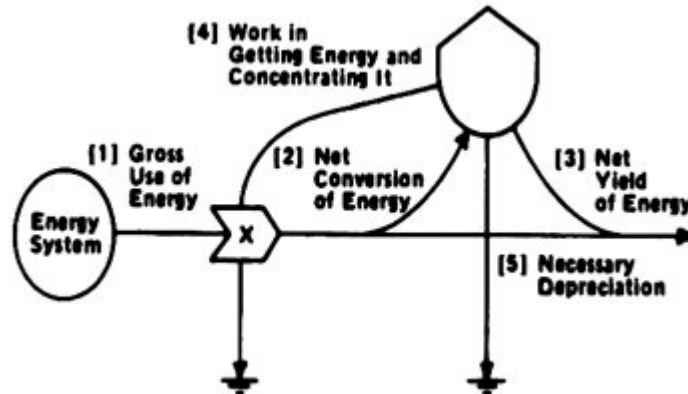
Source: Cantlon, JE. & HE. Koenig, 1999, p. 109. Pour plus de développement sur l'histoire du concept dont l'acceptation moderne date de Vernadsky, VI., 1926, voir : <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=1066>

Figure 7. Production d'énergie dans la chaîne alimentaire. Le cas d'une rivière de Silver Spring (Floride)



Source : <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/F/FoodChains.html> Unité de mesure: kcal/m²/an. A chaque niveau trophique, la production nette d'énergie est seulement une fraction de la production brute car les être vivants ont besoin d'énergie pour survivre. Les animaux enregistrent une plus grande perte que les producteurs ce qui s'explique par leur plus grande activité. La production nette d'énergie est elle-même dissipée par la disparition de l'être vivant (decay littéralement pourriture). Le taux de conversion d'un niveau trophique (par exemple 1478/ 8863) à l'autre est en moyenne de 10%.

Figure 8. La dégradation de l'énergie dans un bilan-énergie



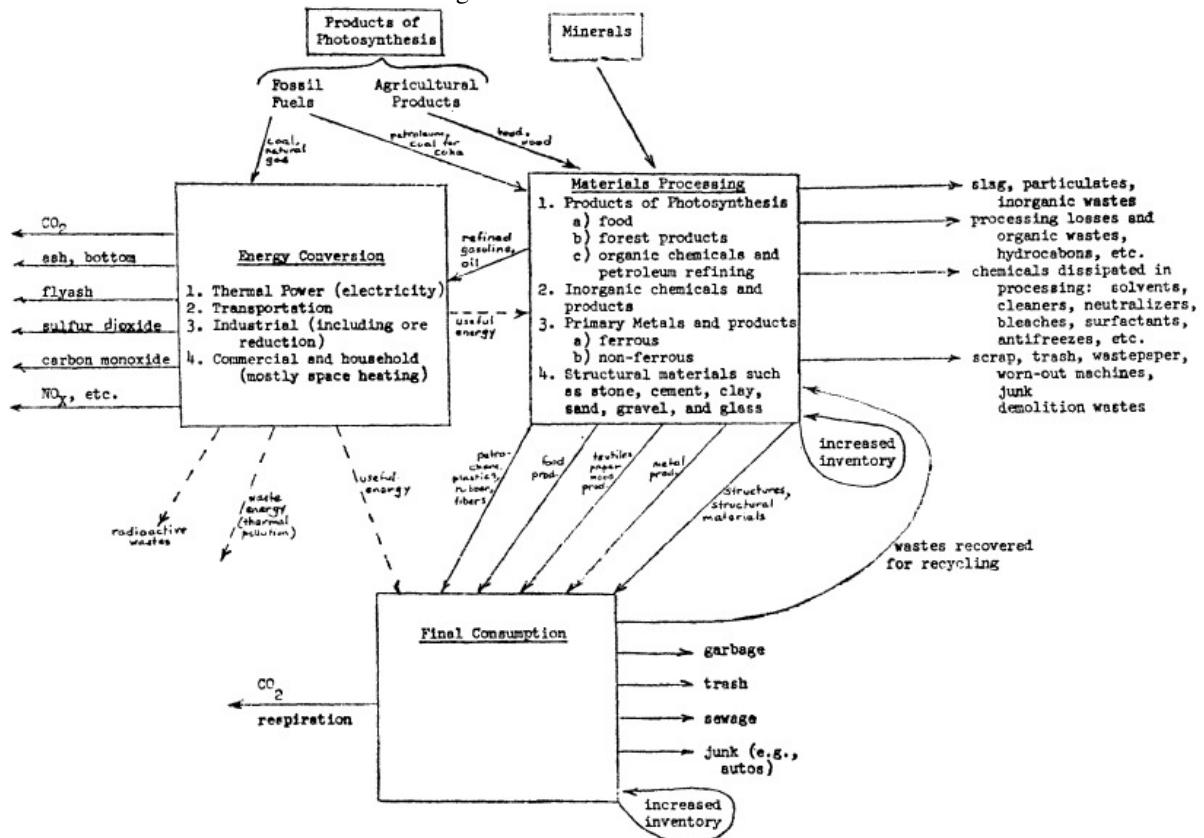
Source : Odum, HT. 1974. Bilan-énergie illustrant les lois énergétiques et la différence entre la production brute et nette de flux énergétiques

Encadré 3. Les balances matières

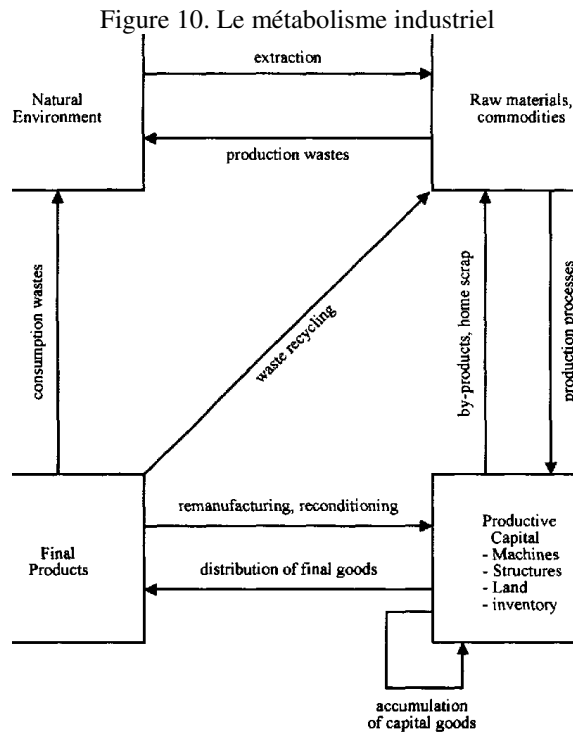
“The inputs to the system are fuels, foods, and raw materials which are partly converted into final goods and partly become waste residuals. Except for increases in inventory, final goods also ultimately enter the waste stream. Thus goods which are ‘consumed’ really only render certain services. Their material substance remains in existence and must either be reused or discharged to the ambient environment. In an economy which is closed (no imports or exports) and where there is no net accumulation of stocks (plant, equipment, inventories, consumer durables, or residential buildings), the amount of residuals inserted into the natural environment must be approximately equal to the weight of basic fuels, food, and raw materials entering the processing and production system, plus oxygen taken from the atmosphere. This result, while obvious upon reflection, leads to the, at first rather surprising, corollary that residuals disposal involves a greater tonnage of materials than basic materials processing, although many of the residuals, being gaseous, require no physical ‘handling’.”

Source: Ayres, RU. & AV. Kneese, 1969, pp. 284-285

Figure 9. Les balances matières



Source : Ayres, RU. & AV. Kneese, 1969, p. 285. Voir traduction française en Annexe.



Encadré 4. Les principes de la thermodynamique et l'économie

“Thermodynamics grew out of a memoir by a French engineer, Nicolas Sadi Carnot, on the efficiency of heat engines (1824). Among the first facts it brought to light is that man can use only a particular form of energy. Energy thus came to be divided into available or free energy, which can be transformed into work, and unavailable or bound energy, which cannot be so transformed. Clearly, the division of energy according to this criterion is an anthropomorphic distinction like no other in science.

The distinction is another concept specific to thermodynamics, namely, to entropy. This concept is so involved that one specialist judged that ‘it is not easily understood even by physicists’. But for our immediate purpose we may be satisfied with the simple definition of entropy as an index of the amount of unavailable energy in a given thermodynamic system at a given moment of its evolution.

Energy, regardless of quality, is subject to a strict conservation law, the First Law of Thermodynamics, which is formally identical to the conservation of mechanical energy [...]. And since work is one of the multiple forms of energy, this law exposes the myth of perpetual motion of the first kind. It does not, however, take account of the distinction between available and unavailable energy; by itself the law does not preclude the possibility that an amount of work should be transformed into heat and this heat reconverted into the initial amount of work. The First Law of Thermodynamics thus allows any process to take place both forward and backward, so that everything is again just as it was at first, with no trace left by the happening. With only that law we are still in mechanics, not in the domain of actual phenomena, which certainly includes the economic process.

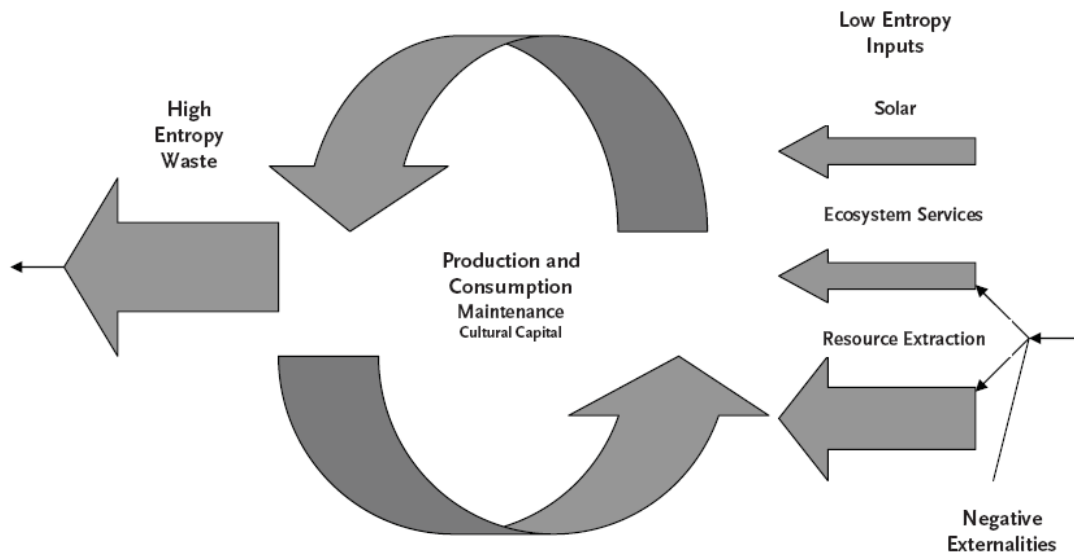
The irreducible opposition between mechanics and thermodynamics stems from the Second Law, the Entropy Law. The oldest of its multiple formulations is also the most transparent for the non specialist: ‘Heat flows by itself only from the hotter to the colder body, never in reverse.’ A more involved but equivalent formulation is that the entropy of a closed system continuously (and irrevocably) increases toward a maximum; i.e., the available energy is continuously transformed into unavailable energy until it disappears completely.

In broad lines, the story is relatively simple: *All kinds of energy are gradually transformed into heat and heat becomes so dissipated in the end that man can no longer use it [...]*

Perhaps no other law occupies a position in science as singular as that of the Entropy Law. It is the only natural law which recognizes that even the material universe is subject to an irreversible qualitative change, to an evolutionary process. This fact led some natural scientists and philosophers to suspect an affinity between that law and life phenomena. By now, few would deny that the *economy* of any life process is governed, not by the laws of mechanics, but by the Entropy Law. The economic process, like any other life process, is irreversible (and irrevocably so); hence, it cannot be explained in mechanical terms alone. It is thermodynamics, through the Entropy Law, that recognizes the qualitative distinction which economists should have made from the outset between the inputs of valuable resources (low entropy) and the hal outputs of valueless waste (high entropy). The paradox suggested by this thought, namely, that all the economic process does is to transform valuable matter and energy into waste, is easily and instructively resolved. It compels us to recognize that the real output of the economic process (or of any life process, for that matter) is not the *material* flow of waste, but the still mysterious *immaterial flux* of the enjoyment of life.”

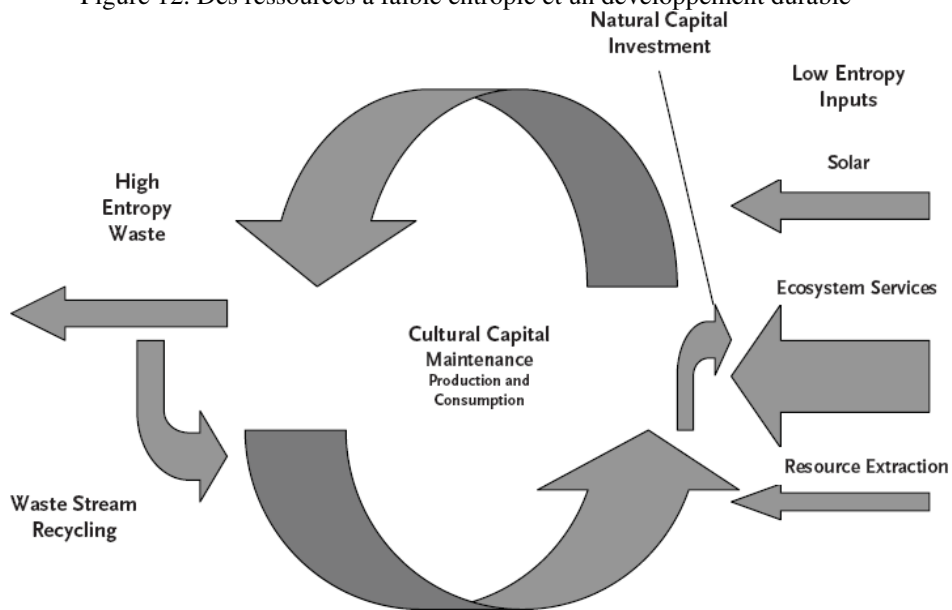
Source: Georgescu-Roegen, N. 1975, p. 351-353

Figure 11. Des ressources à faible entropie transformées en déchets à forte entropie



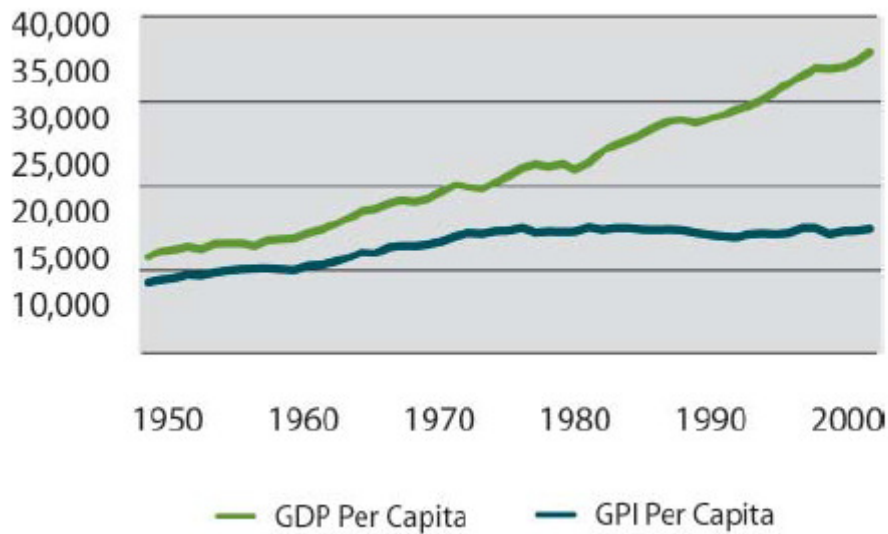
Source : Talberth, J., C. Cobb & N. Slattery, 2006

Figure 12. Des ressources à faible entropie et un développement durable



Source : Talberth, J., C. Cobb & N. Slattery, 2006

Figure 13. Evolution de l'indicateur de progrès véritable et du PIB par tête aux EU



Source : Talberth, J., C. Cobb & N. Slattery, 2006. Les 2 indicateurs sont mesurés en USD constants de 2000.

Encadré 5. La décroissance plutôt que l'état stationnaire

« Dans la lignée de l'aspiration de Mill visant à permettre au-peuple de consacrer davantage de temps aux activités intellectuelles, on affirme que, dans un état stationnaire, les gens n'auront pas à effectuer de travail supplémentaire pour accumuler du capital, ce qui, compte tenu de ce que j'ai dit dans les derniers paragraphes, n'est pas tout à fait exact. « Le piétinement l'entassement le coudoisement et l'encombrement » des individus cessera (Mill 1965, p. 754). Toutefois, l'histoire offre de multiples exemples - tel le Moyen Âge - de sociétés quasi stationnaires où les arts et les sciences étaient pratiquement stagnants. Dans un état stationnaire aussi, les gens peuvent être occupés à longueur de journées dans les champs et les boutiques. Quel que soit l'état croissant ou non, le temps disponible pour le progrès intellectuel dépend de l'intensité de la pression de la population sur les ressources. Là gît le principal point faible de la vision de Mill. Preuve en soit - comme Daly l'admet explicitement - que ses écrits n'offrent aucune base pour déterminer, ne fût-ce qu'en principe, les niveaux optimaux de la population et du capital. Cela met en évidence un point important quoique inaperçu jusqu'ici, à savoir que *la conclusion nécessaire des arguments avancés en faveur de cette perspective consiste à remplacer l'état stationnaire par un état de décroissance.* »

Source : Georgescu-Roegen, N. 1979, 1995, p. 90

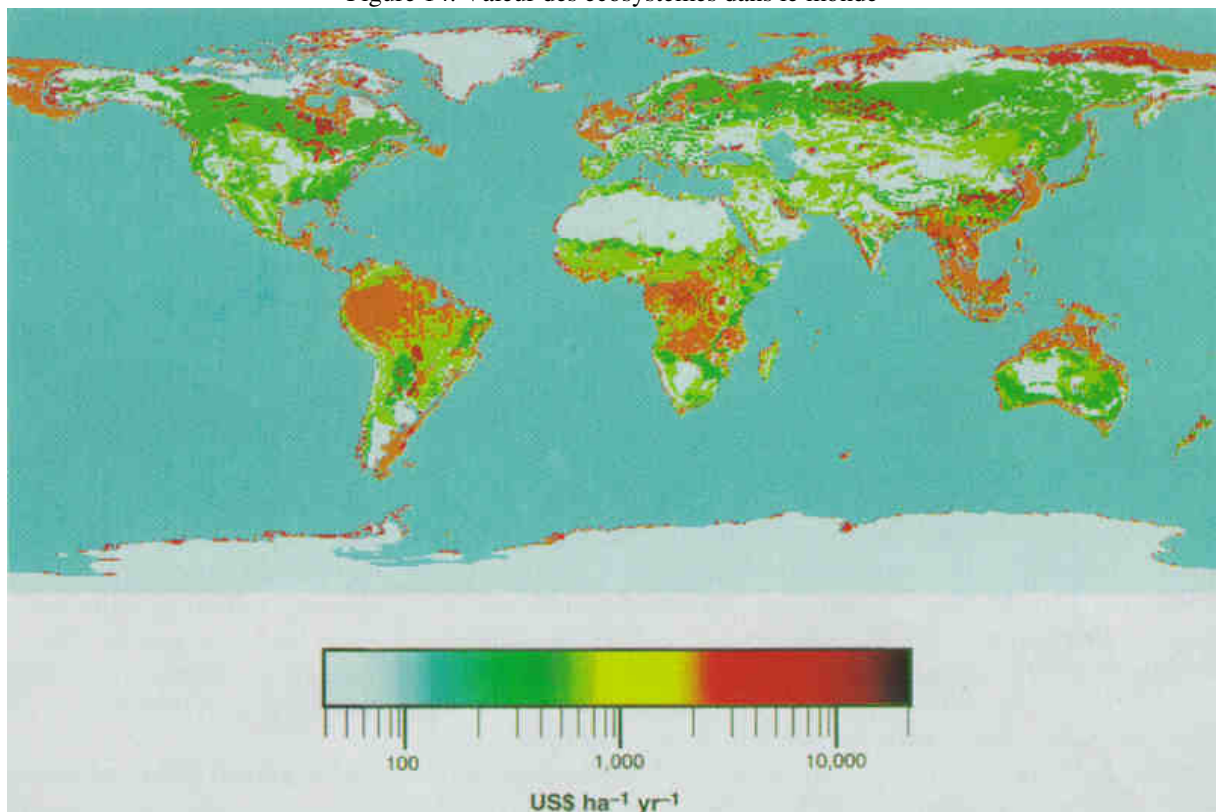
Encadré 6. Pourquoi donner une valeur à l'écosystème ?

“Because ecosystem services are not fully ‘captured’ in commercial markets or adequately quantified in terms comparable with economic services and manufactured capital, they are often given too little weight in policy decisions. This neglect may ultimately compromise the sustainability of humans in the biosphere. The economies of the Earth would grind to a halt without the services of ecological life-support systems, so in one sense their total value to the economy is infinite. However, it can be instructive to estimate the ‘incremental’ or ‘marginal’ value of ecosystem services (the estimated rate of change of value compared with changes in ecosystem services from their current levels). There have been many studies in the past few decades aimed at estimating the value of a wide variety of ecosystem services. We have gathered together this large (but scattered) amount of information and present it here in a form useful for ecologists, economists, policy makers and the general public. From this synthesis, we have estimated values for ecosystem services per unit area by biome, and then multiplied by the total area of each biome and summed over all services and biomes.

Although we acknowledge that there are many conceptual and empirical problems inherent in producing such an estimate, we think this exercise is essential in order to: (1) make the range of potential values of the services of ecosystems more apparent; (2) establish at least a first approximation of the relative magnitude of global ecosystem services; (3) set up a framework for their further analysis; (4) point out those areas most in need of additional research; and (5) stimulate additional research and debate. Most of the problems and uncertainties we encountered indicate that our estimate represents a minimum value, which would probably increase: (1) with additional effort in studying and valuing a broader range of ecosystem services; (2) with the incorporation of more realistic representations of ecosystem dynamics and interdependence; and (3) as ecosystem services become more stressed and ‘scarce’ in the future.”

Source: Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, RV., Paruelo, J., Raskin, RG., Sutton, P., van den Belt, M. 1997

Figure 14. Valeur des écosystèmes dans le monde



Source : Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, RV., Paruelo, J., Raskin, RG., Sutton, P., van den Belt, M. 1997

Définition 3. L'économie écologique

“According to Costanza et al. (1997), ecological economics is a transdisciplinary field that focuses on the three linked goals of sustainability, fairness in distribution, and efficiency in allocation. As a result, ecological economists have more interest in a vision of the future, methods for analyzing problems in new ways, and institutions and instruments that are needed to implement this vision. The vision includes recognition that: (1) our planet is essentially a closed system in which our societies are subsystems; (2) a sustainable future exists for all species that is constrained by the global ecosystem; (3) we should be cautious and humble, given the many uncertainties that exist; and (4) our policies must become more proactive, with clearer thought about the interrelationships of the earth's subsystems. Costanza and Daly (1987) noted that neither economists nor ecologists were adequately addressing this vision, and that a new, integrated approach, ecological economics, was required.”



Source: Leefers, LA. & GB. Castillo, 1998

“Over the past decade or so, the community of scholars dealing with the role of economy and the environment has settled into two camps: ecological economics (<http://www.ecoeco.org/>) and environmental economic (<http://aere.org/>). Although they share some similarities, ecological economics is consciously more methodologically pluralist, while environmental economics is based solidly on the standard paradigm of neoclassical economics. While neoclassical economics emphasizes maximising human welfare and using economic incentives to modify destructive human behaviour, ecological economics uses a variety of methodologies, including neoclassical economics, depending upon the purpose of the investigation.

While some observers see the two approaches as competitive (presenting ‘either-or’ choice), others, including the author of this text, see them as complementary. Complementarity, of course, does not mean full acceptance. Significant differences exist not only between the two fields, but also within them over such topics as the valuation of environmental resources, the impact of trade on the environment, and the appropriate means for evaluating policy strategies for long-duration problems such as climate change. The differences arise not only over methodologies, but also over the values that are brought to bear on the analysis.”

Source: Tietenberg, T. 2006, p. 7

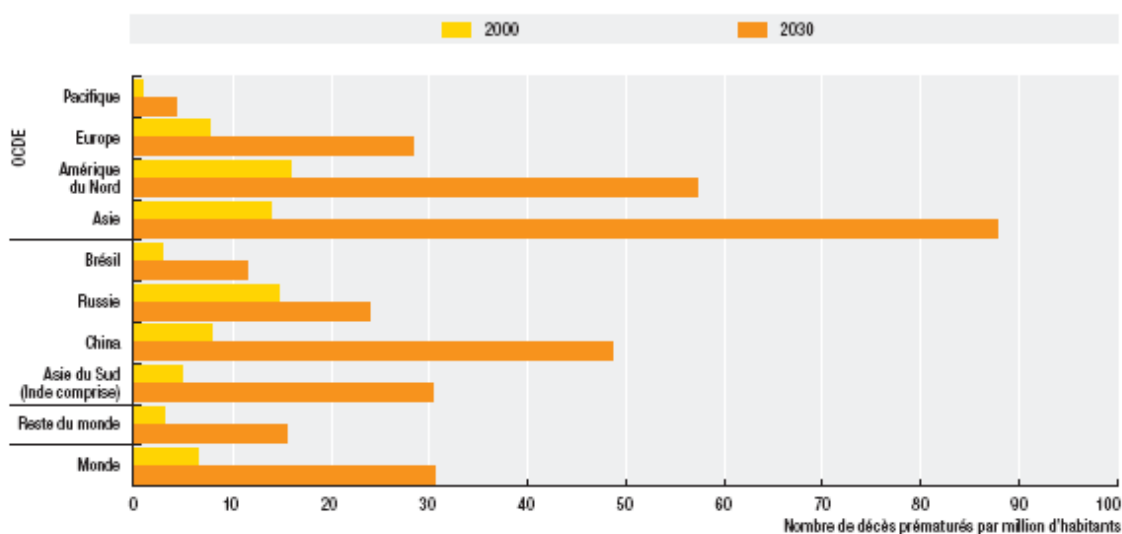
Tableau 2. Signalétique des problèmes environnementaux utilisée par l'OCDE à l'horizon 2030

	 [Feu vert]	 [Feu orange]	 [Feu rouge]
Changement climatique		<ul style="list-style-type: none"> • Diminution des émissions de GES par unité de PIB 	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions mondiales de GES • Preuves de plus en plus nombreuses que le changement climatique a déjà lieu
Biodiversité & ressources naturelles renouvelables	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie forestière dans les pays de l'OCDE 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des forêts • Zones protégées 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des écosystèmes • Disparition d'espèces • Espèces exotiques envahissantes • Forêts tropicales • Abattages illégaux • Fragmentation des écosystèmes
Eau	<ul style="list-style-type: none"> • Sources ponctuelles de pollution de l'eau dans les pays de l'OCDE (industrie, municipalités) 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des eaux de surface et épuration des eaux usées 	<ul style="list-style-type: none"> • Pénurie d'eau • Qualité des eaux souterraines • Utilisation et pollution des ressources en eau par l'agriculture
Qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de SO₂ & NO_x des pays de l'OCDE 	<ul style="list-style-type: none"> • Particules & ozone troposphérique • Émissions liées aux transports routiers 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de l'air urbain
Déchets & produits chimiques dangereux	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des déchets dans les pays de l'OCDE • Émissions de CFC des pays de l'OCDE 	<ul style="list-style-type: none"> • Production de déchets municipaux • Émissions de CFC des pays en développement 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion et transport des déchets dangereux • Gestion des déchets dans les pays en développement • Substances chimiques dans l'environnement et dans les produits

CLÉ : **Feu vert** = problèmes d'environnement bien pris en charge, ou dont la gestion s'est sensiblement améliorée ces dernières années, mais à propos desquels les pays doivent rester vigilants. **Feu orange** = problèmes d'environnement qui demeurent épineux mais dont la gestion s'améliore, ou pour lesquels la situation actuelle est incertaine, ou qui ont été bien pris en charge dans le passé mais le sont moins bien aujourd'hui. **Feu rouge** = problèmes d'environnement qui ne sont pas bien pris en charge, pour lesquels la situation est mauvaise ou s'aggrave, et qui nécessitent une attention urgente. Toutes les tendances sont mondiales, sauf indication contraire.

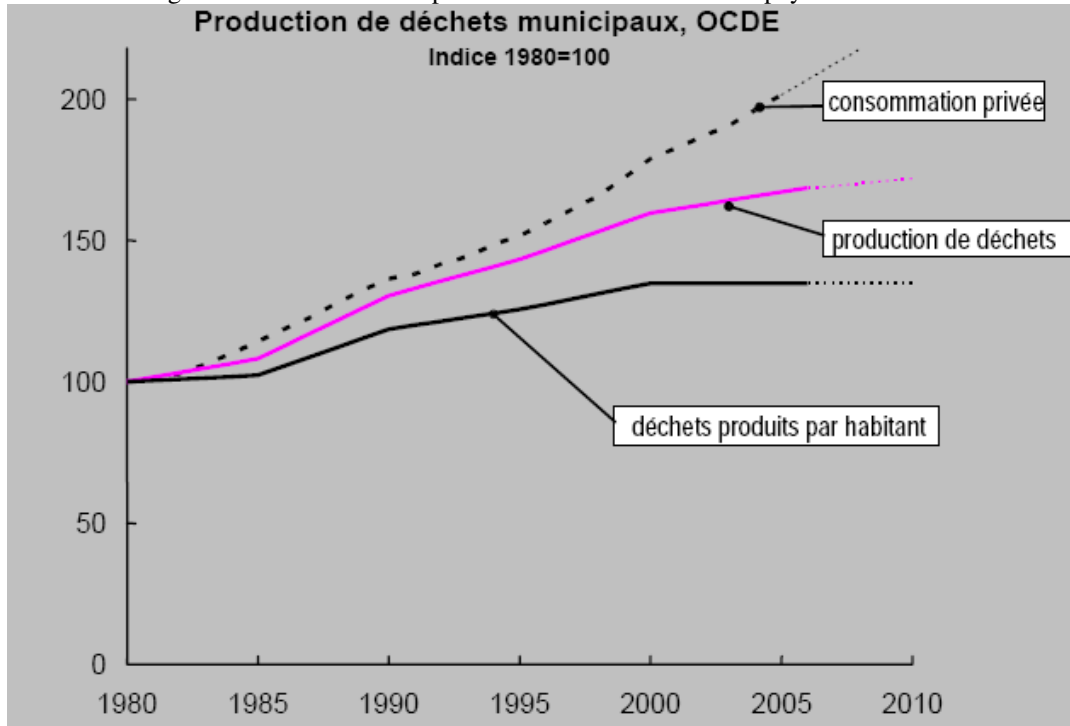
Source : <http://www.oecd.org/dataoecd/29/12/40200611.pdf> in *Perspectives pour l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030*

Figure 15. Nombre des décès prématurés imputables à l'exposition à l'ozone dans les zones urbaines en 2000 et 2030



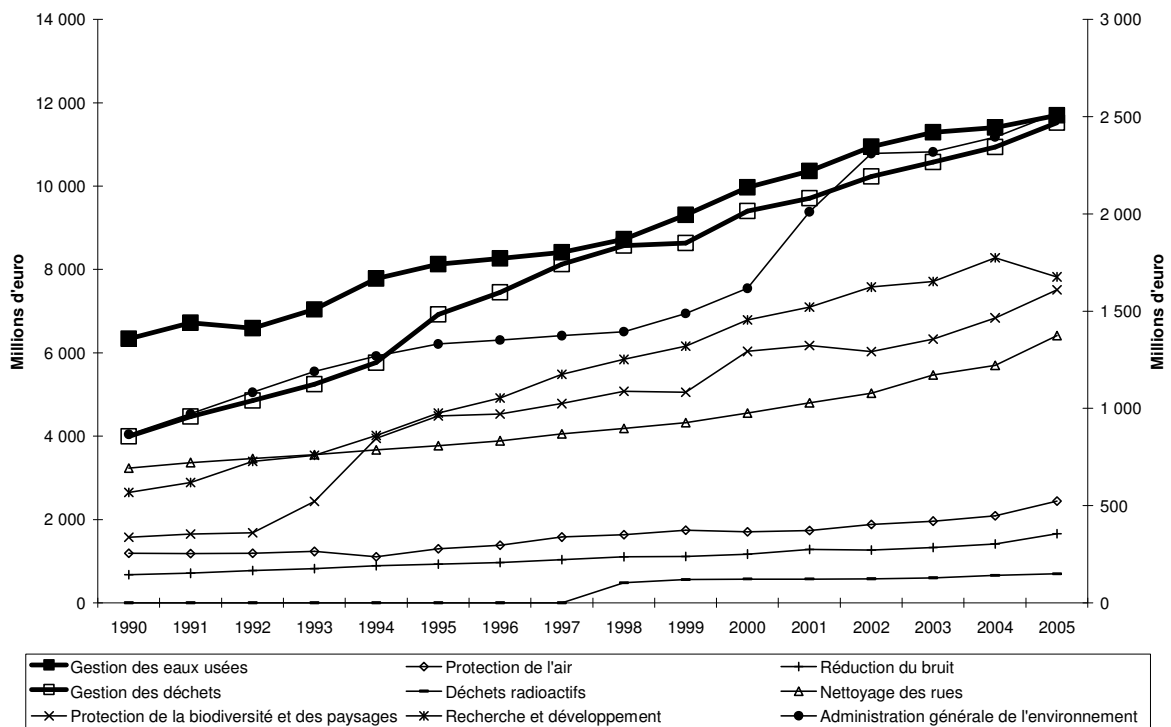
Source : Source : <http://www.oecd.org/dataoecd/29/12/40200611.pdf> in *Perspectives pour l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030*

Figure 16. Evolution de la production de déchets dans les pays de l'OCDE



Source : OCDE, 2008

Figure 17. Evolution des dépenses de protection de l'environnement par domaine en France



Source : Insee, http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NATnon08125 et Ifen. Champ : France métropolitaine. Gestion des déchets ne comprend pas les déchets radioactifs. Echelle de gauche : Gestion des eaux usées et gestion des déchets.

Tableau 3. Dépense de protection de l'environnement en France par agent « responsable »

Millions €									Taux de variation annuel moyen		
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005/1990	2004/2003	2005/2004
Administrations	8586	12737	17039	18233	19559	20417	21227	22644	6,7%	4,0%	6,7%
Entreprises	4729	6901	9121	9354	9561	625	9748	10022	5,1%	1,3%	2,8%
Ménages	1350	1713	1996	1956	2080	2216	2385	2534	4,3%	7,6%	6,3%
Total	14665	21350	28157	29543	31200	32258	33360	35200	6,0%	3,4%	5,5%

Source : IFEN, 2007. Données provisoires en 2005

Définition 4. La production dans la comptabilité nationale

« Activité exercée sous le contrôle et la responsabilité d'une unité institutionnelle qui combine des ressources en main-d'œuvre, capital et biens et services pour fabriquer des biens ou fournir des services, et résultat de cette activité. Les processus purement naturels sans intervention ou contrôle humain ne font pas partie de la production. »

Source : Insee

Encadré 7. Une représentation erronée du processus économique

« Rien n'illustre mieux le fondement épistémologique de l'économie dominante que le graphique classique par lequel pratiquement tout manuel d'introduction représente le processus économique comme un flux indépendant et circulaire entre 'production' et 'consommation'. La monnaie elle-même ne circule pas indéfiniment à l'intérieur du processus économique, puisque les monnaies de métal autant que de papier finissent par s'user complètement de sorte que leurs stocks doivent être reconstitués par des prélèvements sur des sources extérieures. La vérité, c'est que le processus économique n'est pas un processus isolé et indépendant. Il ne peut fonctionner sans un échange continu qui altère l'environnement d'une façon cumulative et sans être en retour influencé par ces altérations. Les économistes classiques, Malthus en particulier, ont insisté sur la pertinence économique de ce fait. »

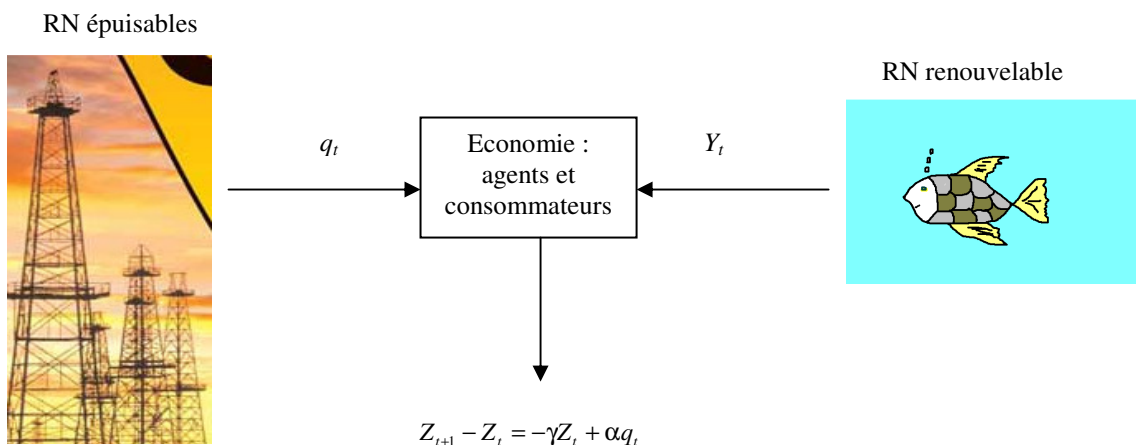
Source : Georgescu-Roegen, N. 1979, 1995

Définition 5. Ressource naturelle épuisable

Une ressources naturelle est épuisable si (i) son stock diminue au cours du temps quelle que soit l'utilisation de cette ressource ; (ii) le stock n'augmente pas au cours du temps ; (iii) le rythme auquel diminue la ressource dans le temps est une fonction monotone croissante de l'utilisation de la ressource ; (iv) aucune utilisation n'est possible sans stock.

Source : Sweeney, JL. 1992

Figure 18. Ressources naturelles épuisables, renouvelables et environnementales



$R(t)$ stock de la RN épuisable à la date t
 $q(t)$ prélèvement sur la RN épuisable à la date t
 $\alpha q(t)$ flux de déchets engendrés par $q(t)$, $0 < \alpha < 1$
 $Z(t)$ stock de déchets
 $\gamma Z(t)$ assimilation des déchets, $0 < \gamma < 1$
 D'après : Conrad, JM. 1999, p. 3

$X(t)$ stock de la RN renouvelable à la date t
 $Y(t)$ prélèvement sur la RN renouvelable à la date t
 $F(X(t))$ fonction de renouvellement naturel

ANNEXE INTRODUCTION

Tableau 4. Tableau Entrées-Sorties physique de l'écosystème – flux de carbone (PgC) sans intervention humaine

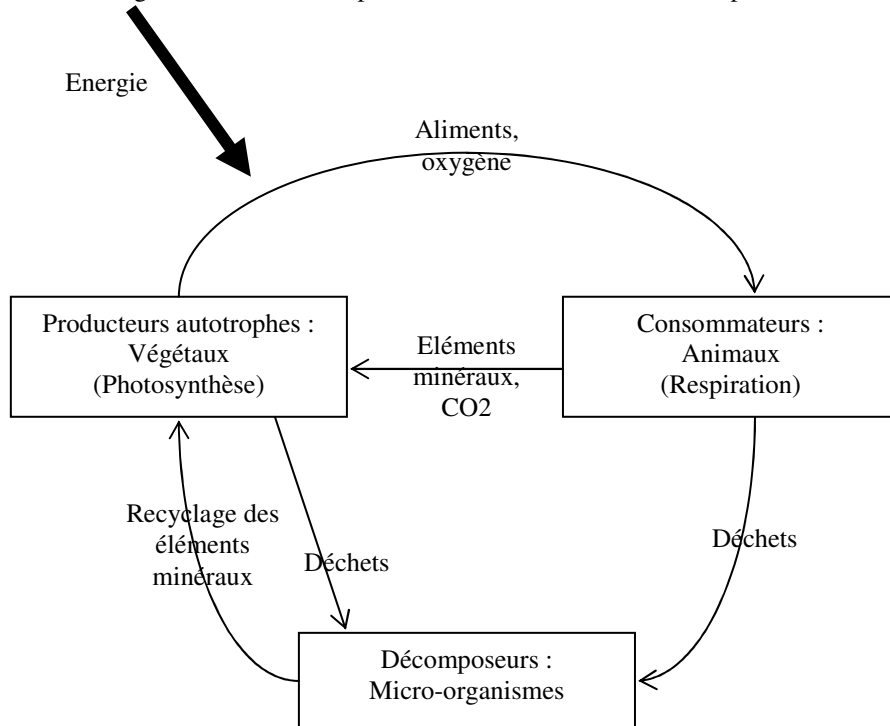
		Autotrophes	Hétérotrophes	Détritus	Sols, Océans	Intrants Z(j) 1+2+3+4	Demande finale		Produit, Q 1+2+3+4+ 5+6
	Secteurs	1	2	3	4		5	6	
Consommations intermédiaires							Humaine	ΔS C	
1	Autotrophes		22,6	64,5	2,7	89,8	5,0		94,8
2	Hétérotrophes			3,0		3,0	1,0		4,0
3	Détritus		8,1		1,0	9,1			9,1
4	Sols Océans							5,1	5,1
Environnement									
5	Atmosphère (puits)	212,6			1,8	214,4			214,4
6	Atmosphère (émissions)	-117,8	-26,7	-58,4	-0,4	-203,3	-6,0	-5,1	-214,4
Intrants primaires									
	Stock (carbone)	2051,0							
	Stock (surfaces, 10 ⁶ ha)	13590,0							
	Energie Solaire (10 ³ PJ)	6795,0							
	Produit 1+2+3+4+5+6	94,8	4,0	9,1	5,1				

Source: Kratena, K. 2004. Note : 1 Petagramme (Pg) = 1 Gigatonne (10⁹) = 10¹⁵g. 1tC = 3,67t CO₂. Note.

Organismes autotrophes : sont capables de produire de la matière organique à partir de matière inorganique. Sont donc capables de se développer dans un environnement ne contenant que du C inorganique, contrairement aux hétérotrophes. Ce mode de nutrition caractérise la plupart des végétaux. L'autotrophie est à la base de la chaîne alimentaire.

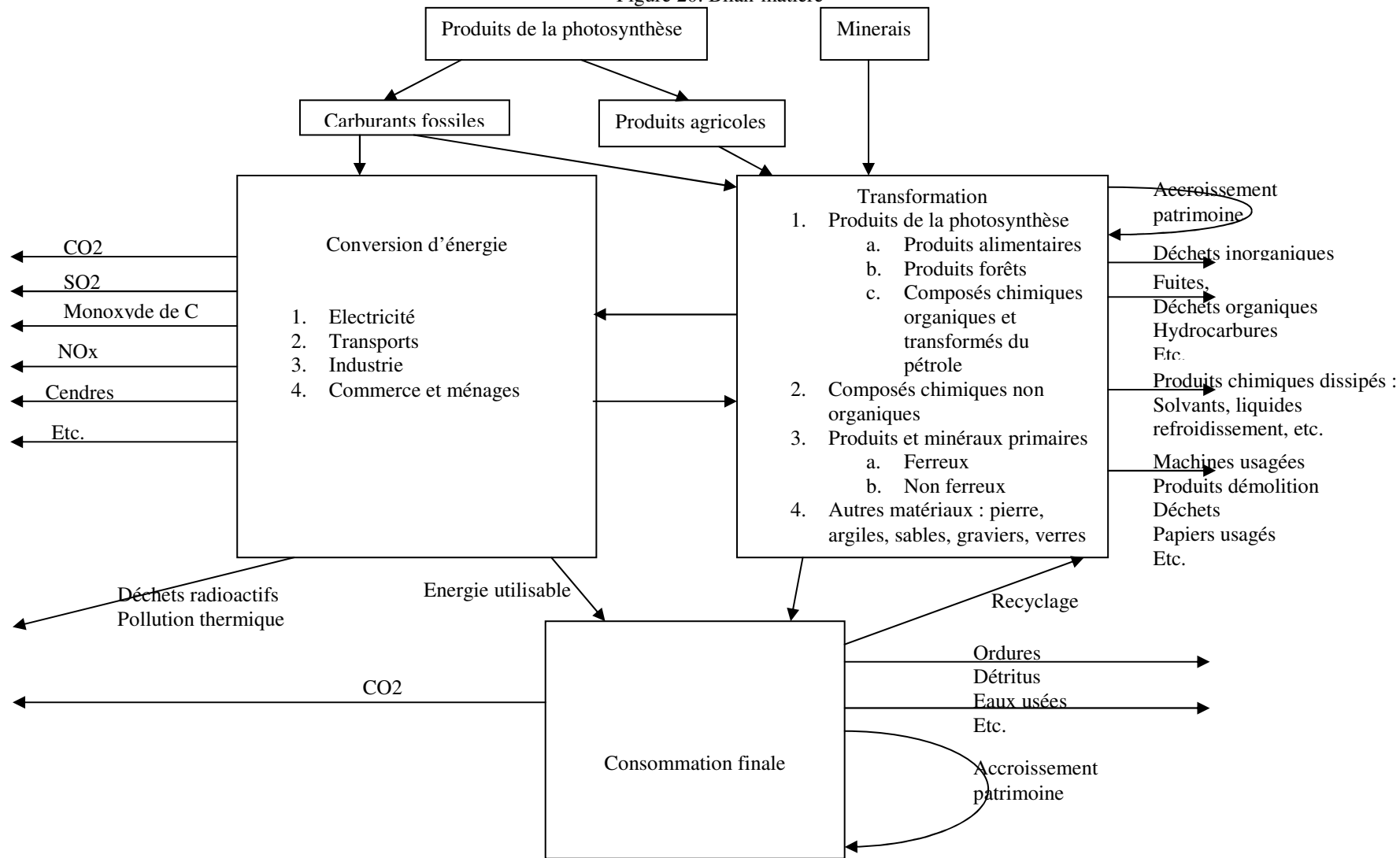
Lecture du Tableau 4 : i désigne une ligne, j une colonne. Les organismes autotrophes ne consomment pas de C des autres organismes, celui-ci est en provenance des décomposeurs (Figure 19). Ce tableau du cycle du carbone est anthropocentrique, car fait apparaître une demande finale, la consommation humaine. L'atmosphère est prise en compte et sert à équilibrer les entrées et les sorties de carbone. La valeur négative des émissions (en ligne) est égale en valeur absolue à la production de carbone vers l'atmosphère. Le stock nécessaire à la production est indiqué en termes de C, de surfaces et énergie solaire est un ingrédient externe (intrants primaires). Demande finale comprend la consommation humaine qui est utilisé dans la respiration (5+1 = 6). L'autre élément de la D finale est la variation de stock de C. Sans intervention humaine, le cycle du carbone montre un prélèvement de C sur les sols (3,7) et océans (1,4) de 5,1. Ceci pourrait correspondre à une « sur-soutenabilité », l'activité humaine pourrait utiliser ces 5,1 pour sa consommation d'énergie fossile. Le prélèvement (négatif) dans l'atmosphère et l'accroissement du stock de carbone inerte sont égaux : le vecteur des variations de stock de C contient uniquement des 0 pour tous les secteurs. L'équilibre atmosphérique est obtenu par un prélèvement par les puits de C (autotrophes, émissions de l'ensemble des secteurs et flux entre les éléments environnementaux – sols, océans, atmosphère).

Figure 19. Schéma simplifié du fonctionnement de la biosphère.



Source : Boutaud, A. & N. Gondran, 2009, p. 30.

Figure 20. Bilan-matière



D'après : Ayres, RU. & AV. Kneese, 1969

Tableau 5. Construction de l'indicateur de progrès véritable des EU

Column A	Column B +	Column C +/-	Column D +	Column E +	Column F +	Column G +	Column H +	Column I +	Column J -	Column K -	Column L -	Column M -	Column N -	Column O -
Year	Personal consumption	Income distribution index	Weighted personal consumption	Value of household and parenting	Value of higher education	Value of volunteer work	Services of consumer durables	Services of highways	Costs of crime	Loss of leisure time	Costs of under-employment	Cost of consumer durables	Cost of commuting	Cost of household pollution abatement
1950	1,152.80	107.97	1,067.73	749.48	84.35	30.72	133.85	32.01	8.82	12.07	15.88	77.08	141.84	0.02
1951	1,171.20	103.59	1,130.56	771.11	91.12	30.82	138.50	33.76	9.18	11.39	16.97	70.40	141.96	0.03
1952	1,208.20	105.04	1,150.21	793.36	97.89	30.93	144.39	34.85	9.49	10.76	18.14	68.34	141.08	0.05
1953	1,265.70	102.53	1,234.42	816.26	101.26	31.03	151.87	31.77	9.77	10.26	19.39	76.89	145.63	0.07
1954	1,291.40	106.08	1,217.39	839.82	104.63	31.14	154.24	32.55	10.09	9.70	20.72	76.69	142.09	0.10
1955	1,385.50	103.84	1,334.26	864.05	108.01	31.24	164.69	34.70	10.37	9.23	22.14	93.63	151.36	0.14
1956	1,425.40	102.43	1,391.59	888.99	111.38	31.35	174.37	37.72	10.68	8.76	23.66	89.75	152.23	0.20
1957	1,460.70	100.47	1,453.94	914.65	114.75	31.46	179.30	37.21	11.07	8.12	25.29	90.74	153.62	0.29
1958	1,472.30	101.33	1,452.96	941.05	119.25	31.57	179.18	39.15	11.47	7.52	27.02	83.26	148.60	0.41
1959	1,554.60	103.38	1,503.84	968.21	123.74	31.67	184.34	39.19	11.80	6.90	28.88	93.51	155.05	0.58
1960	1,597.40	104.24	1,532.40	996.15	121.87	31.78	186.35	40.40	12.20	6.31	30.86	95.28	158.31	0.83
1961	1,630.30	107.19	1,521.00	1,024.90	132.95	31.89	187.21	42.23	12.62	5.67	32.98	91.77	156.69	1.18
1962	1,711.10	103.85	1,647.80	1,054.48	144.03	32.00	191.17	44.87	13.03	4.97	35.25	102.50	161.89	1.69
1963	1,781.60	103.85	1,715.49	1,084.91	146.78	32.11	199.35	47.40	13.49	4.32	37.67	112.38	166.77	1.88
1964	1,888.40	103.57	1,823.34	1,116.22	149.52	32.22	206.76	48.68	13.94	3.66	40.26	122.88	171.55	2.09
1965	2,007.70	102.15	1,965.38	1,148.43	155.87	32.33	215.30	52.02	14.44	2.98	43.02	138.45	178.77	2.32
1966	2,121.80	100.18	2,117.92	1,181.58	163.39	32.44	229.75	55.53	14.96	2.27	45.98	150.05	182.99	2.59
1967	2,185.00	102.84	2,124.76	1,215.68	168.80	32.55	244.98	58.41	15.53	1.54	49.14	152.29	185.63	2.89
1968	2,310.50	100.00	2,310.50	1,250.76	178.74	32.66	262.07	60.10	16.09	0.78	52.51	169.22	193.74	3.22
1969	2,396.40	100.77	2,378.01	1,286.86	184.56	32.77	273.60	63.85	16.75	0.00	56.12	175.07	199.51	3.61
1970	2,451.90	101.55	2,414.56	1,324.00	192.99	32.88	280.82	68.89	17.44	0.00	59.73	169.50	198.85	4.05
1971	2,545.50	102.06	2,494.08	1,362.21	201.79	32.99	286.66	74.00	18.08	0.00	63.57	186.44	206.72	4.50
1972	2,701.30	103.35	2,613.73	1,401.53	213.82	33.10	300.26	80.67	18.69	0.00	67.65	210.16	217.71	4.73
1973	2,833.80	102.32	2,769.56	1,441.98	227.65	33.21	314.97	87.77	19.47	11.86	72.00	231.70	226.00	6.21
1974	2,812.30	101.80	2,762.46	1,483.59	244.80	33.32	328.85	91.40	20.26	12.04	76.63	215.79	219.17	7.02
1975	2,876.90	102.32	2,811.68	1,526.41	259.90	33.43	343.42	95.40	21.10	12.13	81.56	215.87	218.37	9.03
1976	3,035.50	102.58	2,959.23	1,570.46	279.94	33.54	358.00	100.00	22.00	12.29	86.80	243.42	233.50	10.03
1977	3,164.10	103.61	3,053.91	1,615.79	298.03	33.65	372.80	105.00	22.67	12.50	92.38	265.97	247.63	10.75
1978	3,303.10	103.61	3,188.07	1,662.42	309.31	33.76	387.92	110.00	23.57	12.75	98.32	279.99	260.71	11.21
1979	3,383.40	104.12	3,249.40	1,710.40	329.26	33.87	403.34	115.00	24.82	13.96	104.64	279.06	262.32	11.73
1980	3,374.10	103.87	3,248.51	1,759.76	355.09	33.98	393.25	120.00	26.18	14.64	111.36	257.21	255.24	12.78
1981	3,422.20	104.64	3,270.48	1,810.55	362.78	34.09	388.08	125.00	26.35	15.63	118.52	260.24	259.79	14.45
1982	3,470.30	106.19	3,268.15	1,837.46	384.80	34.20	383.21	130.00	26.87	15.78	126.14	260.07	262.76	13.96
1983	3,668.60	106.70	3,438.20	1,864.78	414.64	34.31	392.41	135.00	27.13	16.30	134.25	298.15	276.91	15.64
1984	3,863.30	106.96	3,611.95	1,892.50	429.79	34.42	410.07	140.00	27.84	16.86	142.88	341.71	298.28	17.04
1985	4,064.00	107.99	3,763.32	1,920.63	444.93	34.53	431.91	145.00	28.64	17.51	152.06	376.22	314.66	18.17
1986	4,228.90	109.54	3,860.74	1,949.18	455.82	34.64	456.81	150.00	29.08	18.08	161.83	412.55	334.02	18.50
1987	4,369.80	109.79	3,980.01	1,978.16	474.19	34.75	489.28	155.00	29.81	19.07	172.24	419.75	343.25	15.98
1988	4,546.90	110.05	4,131.61	2,007.56	492.59	34.86	511.38	160.00	30.48	19.87	183.31	445.05	358.47	16.93
1989	4,675.00	111.08	4,208.58	2,037.40	521.04	34.97	524.73	165.00	31.52	21.06	195.09	454.89	367.76	14.41
1990	4,770.30	110.31	4,324.48	2,067.69	532.66	35.08	530.85	170.00	32.21	22.20	189.23	453.52	372.45	11.59
1991	4,778.40	110.31	4,331.82	2,098.43	544.42	35.19	531.89	175.00	32.69	22.91	182.70	427.88	365.51	8.90
1992	4,934.80	111.86	4,411.76	2,129.62	549.39	35.30	535.89	180.00	33.07	24.03	177.58	453.00	376.51	9.20
1993	5,099.80	117.01	4,358.42	2,161.28	569.44	35.41	550.66	185.00	33.68	25.39	171.26	488.41	389.74	9.51
1994	5,290.70	117.53	4,501.74	2,193.41	584.70	35.52	569.59	190.00	35.97	27.52	167.14	529.38	406.98	10.88
1995	5,433.50	115.98	4,684.88	2,226.01	611.62	35.63	582.47	195.00	37.70	28.80	157.85	552.62	416.64	11.64
1996	5,619.40	117.27	4,791.93	2,259.10	634.69	35.74	593.68	200.00	39.44	33.73	297.98	594.74	429.03	12.44
1997	5,831.80	118.30	4,929.71	2,292.68	651.15	35.85	605.93	205.00	38.58	35.35	314.50	646.97	446.95	13.30
1998	6,125.80	117.53	5,212.30	2,326.77	671.57	35.96	628.95	210.00	40.69	34.00	329.61	720.29	467.88	14.23
1999	6,438.60	118.04	5,454.53	2,361.35	700.85	36.07	653.73	215.00	40.38	33.16	344.65	804.52	484.54	15.21
2000	6,739.40	119.07	5,659.93	2,396.46	717.52	36.18	678.35	220.00	41.00	36.30	363.30	863.30	495.19	16.26
2001	6,910.40	120.10	5,753.72	2,432.08	755.65	36.29	692.93	225.00	42.49	37.90	380.13	900.69	504.53	17.39
2002	7,099.30	119.07	5,962.18	2,468.23	779.14	36.40	711.23	230.00	44.64	37.93	396.75	964.75	512.03	18.60
2003	7,306.60	119.59	6,109.83	2,504.92	806.13	36.51	721.40	235.00	45.05	38.05	414.07	1,028.56	518.32	19.88
2004	7,588.60	120.10	6,318.41	2,542.16	827.98	36.62	743.72	240.00	46.22	40.92	437.96	1,089.91	522.61	21.26

Tableau 5 suite

Column P -	Column Q -	Column R -	Column S -	Column T -	Column U -	Column V -	Column W -	Column X -	Column Y -	Column Z +/-	Column AA +/-	Column AB	Column AC	Column AD
Cost of auto accidents	Cost of water pollution	Cost of air pollution	Cost of noise pollution	Loss of wetlands	Loss of farmland	Loss of primary forests	Resource depletion	Carbon dioxide emissions damage	Cost of ozone depletion	Net capital investment	Net foreign borrowing	Genuine Progress indicator	GPI per capita (\$2000)	GDP per capita (\$2000)
135.37	45.82	71.47	6.78	38.56	25.80	35.10	174.82		8.63	11.25	0.01	1,311.33	8,611.81	11,671.95
137.69	46.17	72.20	6.99	38.98	29.60	35.52	186.10		10.43	10.92	0.51	1,381.69	8,821.13	12,364.57
140.06	46.65	72.93	7.20	39.41	33.41	35.95	199.57		12.45	23.66	0.00	1,439.80	9,138.54	12,619.88
142.40	47.13	73.66	7.43	39.83	37.25	36.38	207.94		14.99	29.10	0.00	1,526.71	9,530.97	12,981.95
144.93	47.59	74.41	7.65	40.25	41.12	36.81	204.75		17.78	30.81	0.13	1,536.03	9,421.99	12,669.14
147.51	48.25	75.16	7.89	40.67	45.02	37.25	233.59		21.63	30.48	0.11	1,623.68	9,785.29	13,335.66
150.16	48.90	75.92	8.14	41.10	48.93	37.66	256.33		26.16	28.07	1.44	1,686.33	9,984.03	13,355.59
152.89	51.31	76.68	8.39	41.52	52.90	38.08	266.67		30.97	21.88	1.39	1,746.04	10,152.34	13,379.73
155.47	51.69	77.46	8.65	41.94	56.92	38.50	254.94		35.58	22.41	1.35	1,787.48	10,221.04	13,032.79
158.09	52.74	78.24	8.91	42.36	60.55	38.93	275.75		40.99	23.58	1.34	1,822.62	10,249.25	13,728.28
160.62	52.90	79.03	9.19	42.79	64.59	39.35	290.30		46.83	10.40	1.32	1,831.28	10,135.99	13,847.27
163.30	53.48	79.83	9.47	43.21	68.72	39.68	302.67		53.24	17.73	1.55	1,844.94	10,043.69	13,936.45
165.83	54.30	81.79	9.77	43.63	72.89	40.02	323.11		61.20	25.98	1.66	1,969.93	10,560.46	14,555.75
168.24	55.16	83.80	10.07	44.05	77.00	40.35	351.58		69.68	27.30	1.66	2,018.53	10,666.40	14,975.53
170.59	56.04	85.86	10.38	44.48	80.85	40.68	376.87	0.00	78.55	34.47	1.63	2,114.14	11,017.49	15,626.74
172.74	57.16	87.98	10.70	44.90	84.81	41.02	400.82	0.10	88.91	50.45	1.59	2,252.28	11,591.51	16,423.32
174.74	58.14	90.14	11.03	45.32	88.91	41.30	437.87	0.51	99.57	65.78	-3.71	2,401.05	12,215.34	17,292.94
176.66	58.89	92.36	11.37	45.75	93.93	41.57	474.72	1.34	111.01	67.59	-3.65	2,404.76	12,101.74	17,535.93
178.43	60.14	94.63	11.73	46.17	98.94	41.84	505.77	2.91	123.29	79.88	-3.60	2,588.27	12,895.85	18,199.26
180.18	61.12	96.95	12.09	46.59	103.80	42.12	540.48	5.55	137.29	84.34	-3.53	2,647.13	13,060.85	18,578.33
182.29	62.13	99.34	12.46	47.01	108.21	42.39	586.88	9.66	153.07	82.46	-3.45	2,672.68	13,034.16	18,394.85
184.81	63.07	99.36	12.85	47.44	112.64	42.72	594.94	14.96	169.42	76.67	2.75	2,749.16	13,238.71	18,773.87
186.60	64.36	93.47	13.25	47.88	116.92	43.06	624.54	21.57	187.83	78.56	2.58	2,845.05	13,554.58	19,557.30
188.39	65.46	90.66	13.38	48.28	121.03	43.40	639.85	30.85	208.10	90.16	2.49	3,005.25	14,181.81	20,487.57
190.12	66.22	87.94	13.51	48.70	124.98	43.75	642.37	40.48	228.44	124.62	2.30	3,114.78	14,566.00	20,196.83
199.20	66.62	80.31	13.65	49.13	134.94	44.09	651.09	50.55	244.94	76.14	2.12	3,125.25	14,470.55	19,991.75
191.89	68.47	82.48	13.78	49.55	139.43	44.43	673.81	63.39	260.98	68.14	2.63	3,222.96	14,781.85	20,826.47
195.60	69.96	78.95	13.92	49.82	144.23	44.77	708.27	78.14	275.16	64.00	-7.15	3,265.89	14,828.86	21,569.75
199.79	71.60	76.95	14.06	50.09	148.05	45.11	731.84	94.90	288.15	53.08	-0.52	3,375.03	15,162.87	22,530.72
201.93	73.29	69.61	14.20	50.38	151.81	45.45	789.32	114.47	299.71	35.40	5.58	3,284.80	14,596.54	22,987.27
213.42	74.17	68.65	14.34	50.62	155.68	45.85	826.66	134.22	311.57	99.48	2.57	3,354.46	14,730.24	22,666.27
196.00	75.26	64.26	14.49	50.89	160.04	46.25	849.33	153.58	324.40	99.89	7.12	3,376.43	14,682.31	23,010.79
192.41	76.97	57.96	14.63	51.16	164.93	46.63	862.11	172.81	335.03	85.15	80.32	3,418.34	14,722.31	22,349.56
192.95	78.94	57.30	14.78	51.43	169.12	47.01	845.20	193.15	347.37	97.31	77.45	3,568.86	15,231.57	23,148.26
195.85	80.61	59.23	14.92	51.70	173.67	47.40	943.67	216.36	361.81	96.05	32.21	3,526.68	14,921.55	24,597.63
197.09	81.92	58.28	15.07	51.97	178.26	47.78	960.58	241.79	375.21	98.27	23.54	3,606.54	15,123.92	25,386.01
190.82	84.06	55.88	15.22	52.24	183.15	48.05	979.70	269.44	390.66	98.41	16.48	3,639.17	15,122.17	26,027.73
192.32	85.58	55.96	15.38	52.29	187.61	48.32	1,025.99	300.17	405.72	110.31	-61.41	3,632.41	14,960.25	26,666.01
192.29	87.05	56.61	15.53	52.35	191.98	48.60	1,084.05	335.40	424.82	105.44	-76.17	3,654.19	14,913.77	27,518.87
184.72	88.40	55.94	15.69	52.41	196.24	48.88	1,109.66	373.22	440.73	98.43	-51.59	3,702.06	14,967.38	28,225.70
191.67	89.70	52.29	15.84	52.47	200.46	49.16	1,171.29	412.34	450.65	99.72	-68.10	3,725.17	14,892.80	28,434.99
187.13	91.22	52.15	16.00	52.52	204.59	49.45	1,199.31	453.66	459.20	89.75	-90.05	3,694.66	14,575.01	28,010.64
188.42	92.40	48.88	16.16	52.58	209.62	49.74	1,231.78	495.73	466.79	118.54	-118.50	3,684.52	14,342.57	28,558.86
189.38	93.85	47.99	16.32	52.64	214.61	50.03	1,230.66	541.52	473.13	138.55	-35.41	3,689.31	14,175.75	28,943.54
195.43	95.81	48.56	16.49	52.69	219.57	50.16	1,318.57	590.73	477.01	151.71	-18.01	3,701.64	14,051.40	29,743.47
205.88	97.92	44.36	16.65	52.75	224.57	50.22	1,355.38	643.22	478.74	178.32	-26.09	3,840.85	14,408.10	30,131.27
206.98	99.79	43.76	16.82	52.81	229.62	50.27	1,414.48	699.34	478.77	250.39	-14.95	3,912.45	14,508.46	30,885.87
200.63	101.87	42.60	16.99	52.87	234.73	50.33	1,456.64	761.08	478.81	301.02	-67.76	3,932.67	14,410.04	31,891.23
192.81	104.18	42.22	17.16	52.92	238.74	50.39	1,521.39	824.47	478.82	369.35	-189.34	4,018.36	14,553.23	32,837.40
195.09	106.60	42.06	17.33	52.98	245.91	50.44	1,539.69	889.51	478.84	446.63	-182.04	4,234.69	15,162.06	33,907.88
193.14	109.09	40.58	17.50	53.04	251.89	50.48	1,585.89	960.07	478.87	475.80	-249.80	4,277.03	15,145.93	34,764.23
198.14	111.21	40.40	17.68	53.09	255.26	50.52	1,689.58	1,033.53	478.89	490.29	-380.20	4,113.48	14,417.04	34,665.17
182.01	113.62	40.22	17.85	53.15	258.10	50.56	1,677.57	1,110.78	478.90	455.49	-298.81	4,255.44	14,765.33	34,866.85
180.15	116.57	40.05	18.03	53.21	260.97	50.60	1,701.30	1,146.79	478.91	372.14	-224.33	4,309.61	14,807.16	35,460.01
175.18	119.72	40.05	18.21	53.26	263.86	50.64	1,781.27	1,182.82	478.92	388.80	-254.02	4,419.08	15,036.65	36,595.59

Source : Talberth, J., C. Cobb & N. Slattery, 2006

Tableau 6. Evolution de l'importance relative des dépenses de protection de l'environnement en France

	En % des dépenses de protection			En % du PIB		
	1990	2000	2005	1990	2000	2005
Gestion des eaux usées	18%	28%	33%	0,61%	0,69%	0,68%
Protection de l'air	3%	5%	7%	0,12%	0,12%	0,14%
Réduction du bruit	2%	3%	5%	0,07%	0,08%	0,10%
Gestion des déchets	11%	27%	33%	0,39%	0,65%	0,67%
Déchets radioactifs	0%	2%	2%	0,00%	0,04%	0,04%
Nettoyage des rues	2%	3%	4%	0,07%	0,07%	0,08%
Protection de la biodiversité et des paysages	1%	4%	5%	0,03%	0,09%	0,09%
Recherche et développement	2%	4%	5%	0,05%	0,10%	0,10%
Administration générale de l'environnement	2%	5%	7%	0,08%	0,11%	0,15%
Total	100%	100%	100%	1,42%	1,95%	2,04%

Source : Ifen et Insee

Tableau 7. Exemples de ressources naturelles

	Biologiques	Minières non énergétiques	Energétiques	Environnementales
Extensibles (<i>expendable</i>)	Plupart des produits agricoles	Sel	Rayonnement solaire Energie hydroélectrique Ethanol	Pollution sonore Pollution atmosphérique (NOx, SOx, particules) Pollution de l'eau
Renouvelables (<i>renewable</i>)	Bois et produits forestiers Poissons Bétail Faune sauvage faisant l'objet d'un prélèvement		Bois de chauffage Energie hydroélectrique Géothermie	Eaux souterraines Air Pollution persistante : air, eau Populations animales Forêts
Epuisables (<i>depletable</i>)	Espèces menacées	Plupart des produits miniers Terres fertiles (top soil)	Pétrole, Gaz naturel, Charbon, Uranium	Faune et flore "primaire" Couche d'ozone Eaux fossiles

Source : Sweeney, J.L. 1992. Généralement on ne présente qu'une seule dimension de la classification des RN, celle relative au temps (lignes du tableau). On peut cependant y ajouter une deuxième dimension, liée à leurs caractéristiques physiques (colonnes du tableau). Noter que bcp de ces RN peuvent inclure des « maux » et des « biens ». La dimension temporelle met en avant la capacité de renouvellement de la RN. Les RN épuisables sont celles dont le renouvellement est lent et qui peuvent par conséquent être considérées comme données une fois pour toutes par la nature ; les RN renouvelables se renouvellent plus rapidement, dans un intervalle de temps suffisant pour que les décisions des agents économiques exercent une action sur le stock futur de la RN ; les RN extensibles sont celles dont le renouvellement est rapide, de sorte que les décisions des agents économiques n'ont pas ou peu d'effet sur le stock futur. Il existe une corrélation entre caractéristiques physiques et renouvellement, mais celle-ci n'est pas parfaite.