



Introduction aux sciences de la pollution :

Pollution Air, sol et eau

Dr. Moufok Azzoug

Maitre de conférences université de Bejaia
Faculté de technologie
Département de génie des procédés
moufok.azzoug@yahoo.com



Objectifs du cours

Depuis l'émergence de la conscience environnementale au cours des années 70s, il ne se passe pas un jour sans que soit relaté dans les médias, un fait ayant un rapport proche ou lointain avec l'environnement. Les problématiques autour des sciences environnementales (surexploitation des ressources naturelles, pollutions diverses, changement climatique...etc) animent les débats au sein de la communauté scientifique et suscitent de plus en plus l'intérêt du grand public. Aujourd'hui, les questions autour de la préservation de l'environnement et de sa défense suscitent engouement et vocations. Cependant, elles demeurent très peu enseignées et peinent à trouver leurs places dans les programmes d'enseignement universitaires, surtout dans ceux destinés aux étudiants des filières technologiques et industrielles. En effet, les activités industrielles de tous genres représentent une part primordiale, soit directement ou indirectement (par l'utilisation des produits industriels) dans la dégradation et la pollution de l'environnement. Par conséquent, il devient impératif de sensibiliser les étudiants des filières technologiques et industrielles à la prise en compte des grands problèmes environnementaux générés par leurs secteurs d'activité.

C'est dans ce contexte que se situe ce cours à caractère transversal dont l'objectif est d'explorer les problèmes environnementaux sous l'angle de la **pollution** : Il en retrace l'histoire, la décrit dans ses différents aspects (atmosphérique, lithosphérique et aquatique) et enfin propose des solutions afin d'engager l'étudiant dans une réflexion approfondie autour des questions environnementales et de lui fournir les connaissances nécessaires pour intégrer les aspects environnementaux dans sa pratique professionnelle.

Chapitre 1 :

Introduction aux sciences environnementales et aux sciences de la pollution

Plan du Chapitre

Introduction générale

1. Introduction aux sciences de la pollution

1.1. Définition

1.2. Classification des pollutions

1.3. Historique

1.3.1. Les causes anciennes de la pollution

1.3.2. Les causes actuelles de la pollution

1.3.2.1. Explosion démographique contemporaine

1.3.2.2. Production et consommation d'énergie

1.3.2.3. Diversification des polluants chimiques

1.3.2.4. Pollutions dues à l'agriculture et l'élevage intensifs

Introduction générale

L'environnement est l'ensemble des éléments qui constituent le voisinage d'un être vivant ou d'un groupe d'origine humaine, animale ou végétale et qui interagissent avec lui directement ou indirectement. C'est ce qui entoure.

Depuis l'émergence de la conscience écologique au cours des années 1970, le terme environnement est utilisé pour désigner l'ensemble des conditions physiques, chimiques, biologiques, climatiques, géographiques et culturelles au sein desquelles se développent les organismes vivants en général et les êtres humains en particulier. L'environnement inclut donc l'air, la terre, l'eau, les ressources naturelles, la flore, la faune, les hommes et leurs interactions.

Afin de trouver un moyen commode d'appréhender les grandes caractéristiques de notre environnement, et afin d'analyser la place des êtres vivants au sein de la planète et la place particulière de l'homme, on a coutume de diviser le monde qui nous entoure en 4 grandes sphères fonctionnant comme un système dont les différentes parties sont connectées : la lithosphère (géosphère), l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère (Figure 1.1).

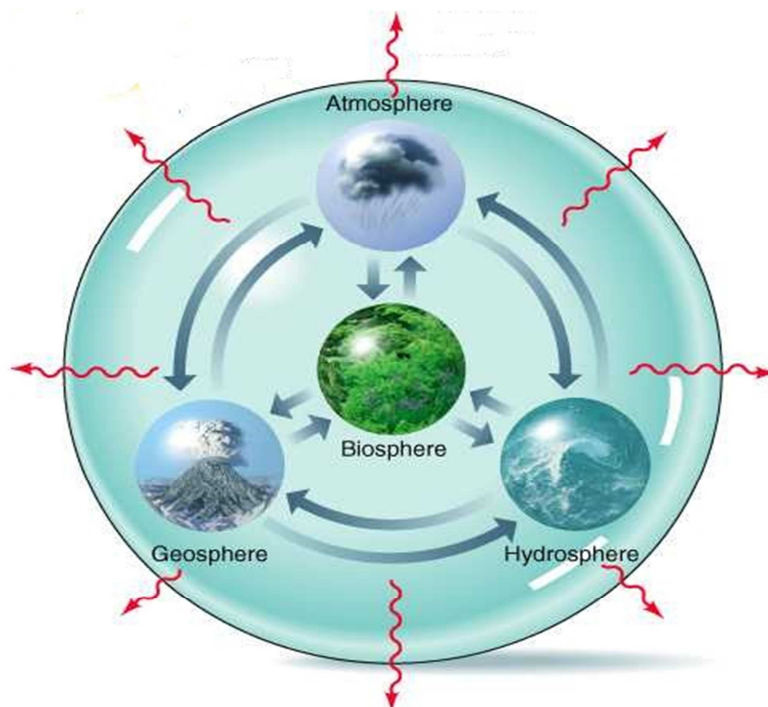


Figure 1.1 : Les sphères du système terrestre

- **La lithosphère**

C'est l'ensemble du substrat solide (Sols et roches) qui affleure à la surface des continents et sur le fond des océans. Sa principale caractéristique est son caractère solide.

- **L'hydrosphère**

Elle représente le compartiment « eau » de la terre, sous ses trois formes (solide aux pôles, liquide dans l'océan, les rivières, les nappes et les êtres vivants, et vapeur dans l'atmosphère).

- **L'atmosphère**

L'atmosphère est une mince enveloppe, principalement à l'état gazeux, qui est collée par attraction à la surface du globe. Dans sa partie la plus basse elle est agitée de mouvements très rapides qui conditionnent les échanges thermiques de notre planète.

- **La biosphère**

Elle comprend l'ensemble des êtres vivants de la planète et elle se concentre à l'interface entre atmosphère et hydrosphère ou la lithosphère. Mais la biosphère est également présente au sein de la lithosphère au moins jusqu'à une profondeur de quelques kilomètres sous forme microbienne, et au sein de l'hydrosphère et de l'atmosphère.

Les sciences environnementales modernes traitent les nombreuses problématiques interdépendantes liées aux populations humaines, aux ressources naturelles de la terre et à la pollution de l'environnement. Aujourd'hui, l'homme est devenu le principal acteur des changements de son environnement. Il occupe une place si importante que certains spécialistes sont amenés à lui consacrer une sphère à part entière « **Anthroposphère** ». Cette appellation est utilisée pour souligner le poids que l'homme fait peser sur le fonctionnement des autres sphères en captant les ressources et en modifiant l'équilibre de leurs interactions.

Avec une population de plus en plus croissante, l'espèce humaine est en train d'épuiser les ressources naturelles de notre planète, conduisant inexorablement vers la dégradation des milieux naturels et aux pollutions les plus diverses.

1. Introduction aux sciences de la pollution

1.1. Définition

Ce terme de **pollution** qualifie généralement une multitude d'actions qui, d'une façon ou d'une autre dégradent le milieu naturel. La définition retenue dans sa conception actuelle pourrait s'énoncer de la façon suivante « *la pollution correspond à toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels ou de la diffusion directe ou indirecte de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans un milieu naturel* ».

La pollution est en général un sous-produit de l'activité humaine qui peut toucher l'**atmosphère**, le **sol** ou les **eaux**. Elle peut affecter la santé humaine, l'eau de consommation, l'eau de baignade, la production agricole, les espèces animales ou végétales, la beauté des paysages...etc.

1.2. Classification des pollutions

Donner une classification des pollutions n'est pas une chose aisée car on peut la réaliser à partir de nombreux critères, mais la classification la plus commode est celle de grouper les agents polluants selon leur nature : **physique** (rayonnement ionisants, pollutions sonores, réchauffement artificiel d'un milieu dû à une source de chaleur technologique, **chimique** (substances minérales, organiques ou de nature biochimique), enfin la pollution **biologique** (micro-organismes pathogènes, populations d'espèces exotiques invasives et introduites par l'homme ou encore introduction des organismes génétiquement modifiés (OGM) dans l'agriculture). On peut aussi classer les pollutions de façon écologique en prenant en considération le milieu pollué et les espèces qui y vivent (Atmosphère, Hydrosphère, sols). Le tableau 1.1 dresse une synthèse de la classification citée ci dessus.

Tableau 1.1 : Classification des principaux types de pollutions (Ramade, 2012)

Nature des pollutions	Milieu affecté par la pollution		
	Atmosphère	Hydrosphère	Sols
1. Pollution physique			
Radiations ionisantes	+	+	+
Pollution thermique	+	+	+
Bruits et vibrations (nuisance sonore et auditive)	+		+
Pollution lumineuse	+	+	+
2. Pollution chimique			
Dérivés gazeux du carbone	+	+	
Hydrocarbures	+	+	+
Dérivés du soufre	+	+	+
Dérivés de l'azote	+	+	+
Métaux et Métalloïdes toxiques		+	+
Fluorures	+		+
Aérosols et particules solides	+		
détergents		+	
Pesticides et autres composés de synthèse non volatils		+	+
Substances chimiques nauséabondes	+		
3. Pollution biologique			
Contamination microbiologique (bactéries et virus)	+	+	
OGM			+
Espèces invasives introduites		+	+
4. Nuisance esthétique			
Dégradation d'un milieu rural ou urbain ou d'un paysage par l'urbanisation sauvage et des aménagements de toutes sortes mal-conçus	+		+

1.3. Historique

1.3.1. Les causes anciennes de la pollution

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la pollution n'est pas un phénomène récent ou accidentel, mais compte parmi les plus anciens. En effet, la pollution est phénomène indissociable de l'espèce humaine depuis son apparition il y a quelques deux à trois millions d'années pour les premiers hominidés. **Le feu** fut sans doute le premier acquis technologique majeur de l'homme et la première cause de pollution humaine à travers les fumées qu'il engendre. Jusqu'à ce qu'il en assure la maîtrise, l'homme vécut en parfaite harmonie avec la nature et occupa dans les écosystèmes qu'il peuplait une niche écologique sans doute équivalente à celles des autres espèces animales. Mais aussitôt que les hommes disposèrent du feu, probablement depuis au moins 800 000 ans pour les premières traces de foyers (site de Benot Ya'aqov en Israël), ils se mirent à polluer leur environnement, comme en témoignent les couches de fumées noirâtres qui tapissent les grottes préhistoriques.

Au début du néolithique (il y a 10 000 ans à peu près), l'impact de l'homme sur la biosphère s'est accru de manière considérable, avec la sédentarisation, la domestication d'animaux, la pratique de l'agriculture et l'accroissement démographique qui en est résulté. Après le feu, **l'agriculture** constitue sans conteste la deuxième révolution technologique de l'humanité et a conditionné les civilisations qui se succédèrent depuis cette époque jusqu'à la période récente. L'agriculture constitua alors la première cause de perturbation de la biosphère causée par l'homme et son extension s'est produite au détriment des écosystèmes naturels (substitution de biomes forestiers au profit de terrains agricoles, disparition d'espèces sauvages au profit des espèces domestiques...etc). L'agriculture permit aussi une certaine sédentarisation de l'habitat et l'apparition de la vie urbaine et les concentrations humaines avec la constitution des premières cités, avec leurs ruisseaux d'écoulement d'effluents domestiques, les fumées et l'accumulation des déchets et résidus divers (déchets ménagers, matières fécales...etc). A cette pollution domestique du néolithique (de 10 000 à 4500 ans avant le présent) a succédé une pollution proto-industrielle avec **l'apparition de l'activité minière et de la métallurgie** en antiquité. L'exploitation des métaux permet de mouler une variété d'objets (armes, outils et bijoux). Cette technologie aura permis de favoriser les échanges commerciaux qui se multiplient. Historiquement, l'exploitation des métaux apparaît dans un certain ordre chronologique qui donne leur nom aux périodes où leur usage est prédominant. Nous aurons ainsi, l'âge du cuivre (-4600 à -2000), l'âge du bronze (mélange de

cuivre et d'étain) (-2000 à -1000) et l'âge du fer (-1000). En parallèle à ces métaux largement utilisés, d'autres métaux sont aussi exploités depuis l'antiquité tels le Plomb, le Cadmium et le Mercure entre autres. Cette activité minière et métallurgique s'est souvent accompagnée d'une production de déchets qui ont des impacts non négligeables dans les cités antiques, en témoignent les récits des narrateurs grecs et romains. Mais quoi qu'il en soit, ces pollutions anciennes depuis la domestication du feu par l'homme demeuraient limitées dans leur nature et leur étendue jusqu'à l'avènement de la civilisation industrielle moderne. Cette dernière confère aujourd'hui aux problèmes environnementaux une ampleur sans précédent.

1.3.2. Les causes actuelles de la pollution

Le début du XVIII^e siècle a vu les premiers balbutiements de la civilisation technologique et industrielle dans laquelle nous vivons aujourd'hui. Les structures économiques et sociales des pays nouvellement industrialisés (Europe de l'Ouest) se modifient rapidement. La mise au point de nouvelles machines industrielles, synthèse de nouveaux produits et l'application de nouvelles méthodes de culture et d'élevage beaucoup plus efficaces finissent par changer radicalement les relations entre l'homme et son environnement. Ce changement deviendra plus significatif au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, marqué par un développement fulgurant de l'industrie moderne.

1.3.2.1. Explosion démographique contemporaine

La multiplication inconsidérée de l'espèce humaine (*Homo sapiens*) constitue, tout autant que son développement technologique, le facteur primordial de la dégradation de l'environnement. L'accroissement fulgurant de la population humaine a amené certains spécialistes à parler de « Bombe P », P pour population (Ehrlich, 1970). Au début de notre ère (il y a 2000 ans) la population humaine n'était que 200 millions d'habitants, 3 milliards en 1960 et 5 milliards en 1987 (Figure 1.2). En 2016, les experts de la démographie mondiale ont estimé à près de 7.4 milliards de personnes l'effectif de la population mondiale avec un taux d'accroissement annuel de 1.2% pour atteindre 10 milliards en 2050 et 11 milliards en 2100 (*Population Reference Bureau, 2016*).

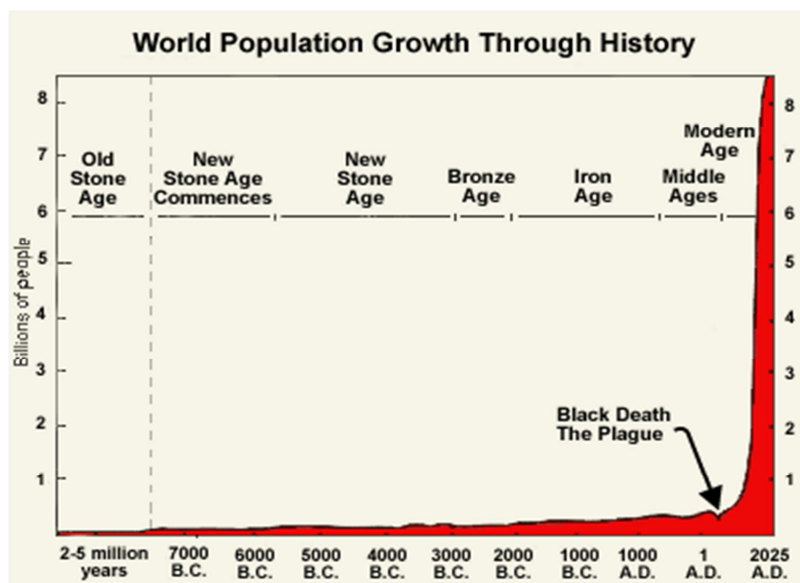


Figure 1.2 : Croissance démographique des effectifs humains depuis les origines (*Population Reference Bureau*)

Les effectifs de la population humaine toujours de plus en plus importants, consomment d'énormes quantités de nourriture et d'eau, utilisent beaucoup d'énergie et de matières premières et produisent beaucoup de déchets. On estime la production mondiale de déchets à quelques 4 milliards de tonnes par an (www.Planetoscope.com). Un Américain ou un européen produit en moyenne entre 600 et 700 kg de déchets solides par et un habitant du tiers monde quant à lui en produit 100 à 200 kg/an.

1.3.2.2. Production et consommation d'énergie

La consommation d'énergie mondiale représente 13371 Millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep, Mtoe en anglais) en 2012 (Figure 1.3) dont une part importante des combustibles fossile (Pétrole et gaz naturel) (Figure 1.4). Le pétrole reste toujours comme source majoritaire d'approvisionnement énergétique à l'échelle mondiale.

Les aéropolluants produits par les combustibles fossiles soulèvent de graves problèmes environnementaux et climatiques, tels que le dioxyde de soufre (SO₂), les NO_x et les oxydes de carbones qui sont responsables de désastreux phénomènes de pluies acides, de smog ou encore du réchauffement climatique global sur lesquels on va revenir dans les chapitres suivants.

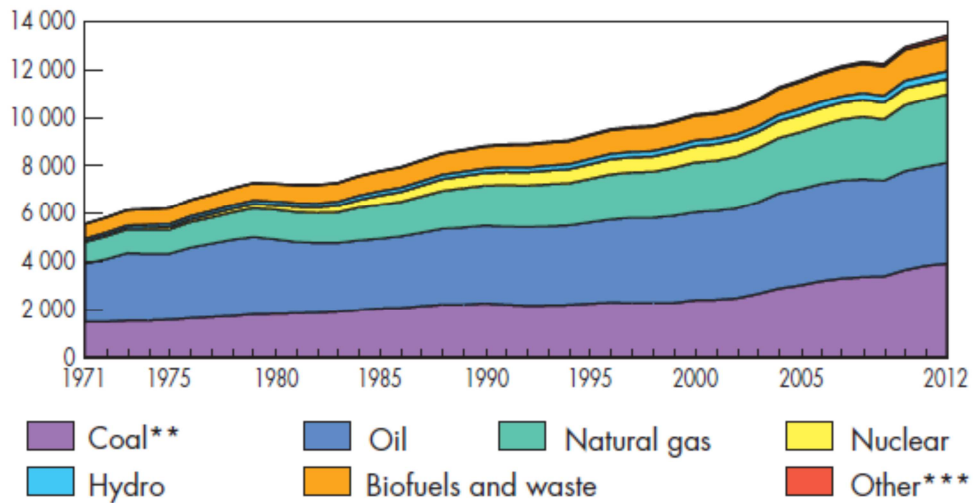


Figure 1.3 : Evolution de la consommation mondiale en énergie de 1971 à 2012 (IEA, 2014)

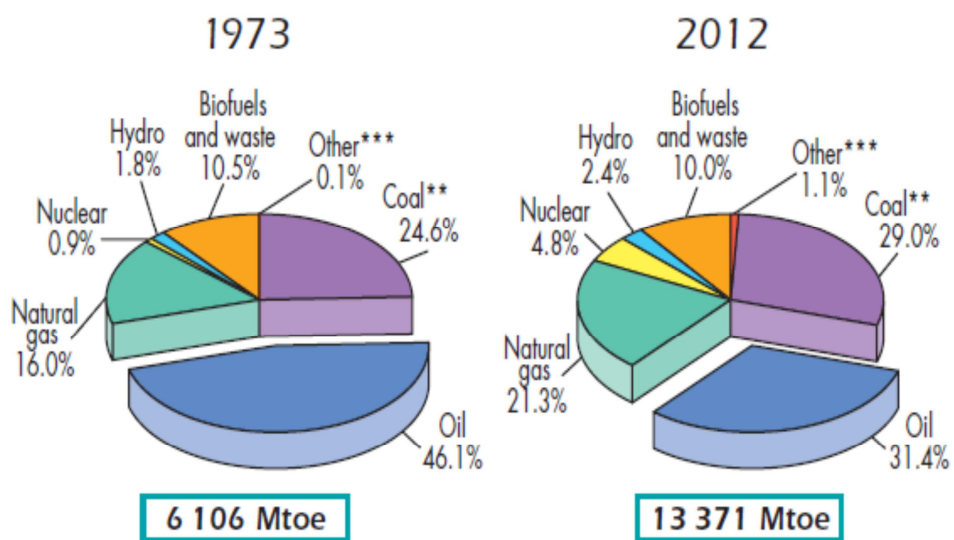


Figure 1.4: Part relative des différentes sources d'énergie dans la consommation mondiale en énergie pour 1973 et 2012 (IEA, 2014).

1.3.2.3. Diversification des polluants chimiques

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, l'industrie chimique a mis à notre disposition une multitude de nouvelles molécules chimiques de synthèse. Depuis les années 1990s, on estime que plus 120 000 molécules chimiques sont commercialisées dans le monde et que chaque année 500 à 1000 molécules nouvelles sont mises sur la marché.

L'un des aspects les plus préoccupants de la pollution par les substances chimiques globale tient en la croissance des rejets de polluants organiques persistants (POPs) tant dans les pays industrialisés que dans les pays du tiers monde. Ces POPs (pesticides, hydrocarbures aromatiques, produits pharmaceutiques, PCB...etc) se dégradent difficilement et perdurent dans l'environnement pendant de nombreuses années. Ils peuvent alors contaminer tous les compartiments de l'environnement : l'eau, l'air, le sol et les sédiments, mais aussi dans tous les produits que l'on ingère. Ils peuvent également être déplacés d'un milieu à l'autre. De ce fait, les micropolluants pourraient avoir une action néfaste à long terme sur les organismes vivants sur les équilibres des écosystèmes et la santé humaine.

1.3.2.4. Pollutions dues à l'agriculture et l'élevage intensifs

La dernière cause majeure de la pollution de la biosphère est liée au développement d'un modèle d'une agriculture et d'un mode d'élevage modernes dominant dans presque tous les pays du monde, développés ou en voie de développement. L'usage intensif des pesticides de fertilisants azotés, de phosphates et de sels de potasse dans l'agriculture a conduit à une augmentation spectaculaire des rendements des cultures.

Dans le même temps, l'élevage industriel avec des exploitations comptant parfois plusieurs milliers de bovins, des dizaines de milliers de porcs et des centaines de milliers de volailles est devenue une source considérable de pollution dans le milieu rural. Ces exploitations génèrent des quantités immenses de fumier, provoquant une pollution insidieuse des sols, des eaux superficielles ou littorales et des nappes phréatiques.

En définitive cette civilisation technologique moderne nous a rendu des services incontestables sur le plan du confort et du niveau de vie. Cependant, cette modernité conduit inexorablement à la surexploitation des ressources naturelles et à des d'effets nocifs et indésirables sur les milieux naturels.

Afin de se représenter la quantité de nature qu'on utilise et d'évaluer l'impact de l'homme sur l'environnement, l'environnementaliste suisse **Mathis Wackernagel** (1962-) a développé le concept d'**empreinte écologique**. D'après ce scientifique, chaque personne a une empreinte écologique, c'est-à-dire « *une quantité moyenne de terre productive, d'eau douce et d'océan qui est indispensable à cette personne pour lui fournir continuellement nourriture, bois, énergie, eau, logement, moyens de transport et pour éliminer ses déchets* ». D'après le rapport du « *Living Planet 2014* » produit par les scientifiques du WWF (World Wildlife Foundation), la terre a une surface d'environ 12 milliards d'hectares biologiquement très productifs qu'on appelle « **biocapacité** ». Si l'on divise cette surface par la population mondiale (7,4 milliards), on attribue à chaque personne 1,6 hectare utilisable. Comme l'empreinte écologique mondiale moyenne est supérieure à 2 hectares par personne, cela signifie que nous, êtres humains avons besoin **d'une planète et demie** pour subvenir à nos besoins et éliminer nos déchets (Figure 1.5). De ce fait, nous avons donc une dette écologique vis-à-vis de la nature. A titre d'exemple, un Américain a une empreinte supérieure à 7 hectares. Si tout le monde consommait comme un Américain, il faudrait disposer de **5 planètes**.

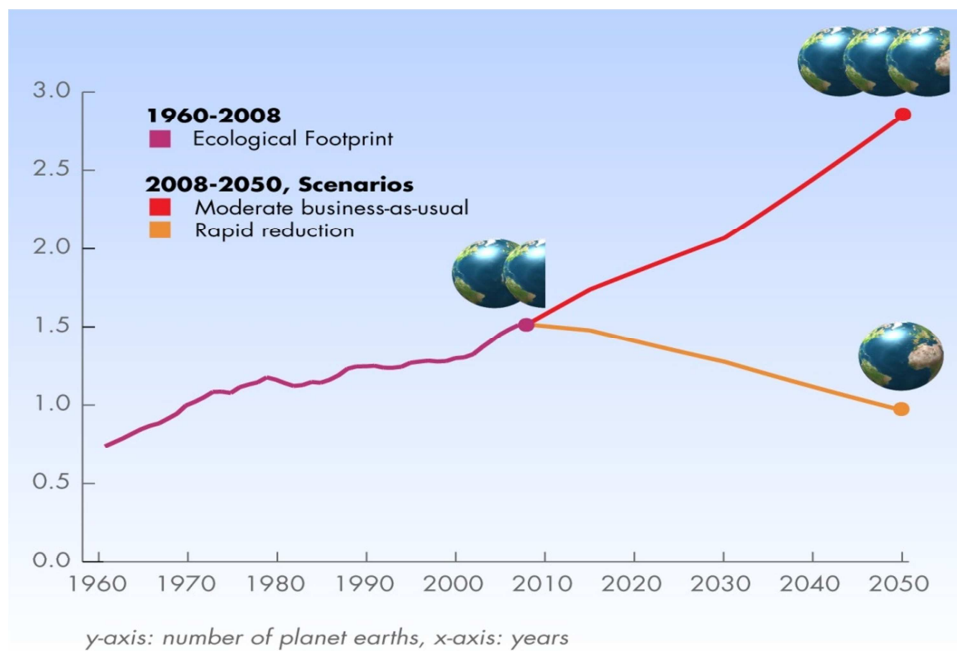


Figure 1.5 : Evolution de l'empreinte écologique mondiale moyenne de 1960 à 2012 et prévision pour 2050 (www.footprintnetwork.org).

Conseils de lecture pour ce chapitre introductif

François Ramade., 2012. Eléments d'écologie appliquée. Action de l'homme sur la biosphère. Edition Dunod.

Makra, L., Brimblecombe, P. 2004. Selections from the history of environmental pollution, with special attention to air pollution. Part 1. *International Journal of Environment and Pollutio*, 22, 641–656.

Brimblecombe, P., Makra, L. 2005. Selections from the history of environmental pollution, with special attention to air pollution. Part 2. From medieval time to the 19th century *.International Journal of Environment and Pollutio*, 23, 351–367.

Ehrlich, P.R. 1968. The population bomb. New York: Ballantine.

Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. 1970. Population, resources, environment: issues in human ecology. San Francisco, CA: W.H. Freeman and Co.

IEA, 2014. Key world energy statistics

Living planet Report, 2014

<http://www.footprintnetwork.org>

<http://www.planetoscope.com>

<http://www.prb.org/>