

1 Polluants

On définit généralement un polluant comme une nuisance de l'environnement. Ce terme est donc relativement peu précis et subjectif. Dans le cadre de ce cours, nous n'envisagerons que les polluants chimiques, c-à-d les substances ayant un impact négatif sur la santé humaine ou sur la biodiversité.

1.1 Différents types de polluants

Vous trouverez ci-dessous une liste des polluants les plus courants.

- le CO_2 émis par la combustion des énergies fossiles, principal responsable du réchauffement climatique global ;
- les particules fines, émises par les moteurs diesels ou le chauffage au mazout/charbon et produisant des problèmes respiratoires ;
- les pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) rejetés par l'agriculture et les particuliers ;
- les oxydes d'azote (NO_x) et de soufre (SO_x) rejetés par la combustion du charbon, du mazout ou de l'essence, produisant les pluies acides ;
- les perturbateurs endocriniens ;
- les plastiques non-biodégradables produisent la mort par asphyxie ou par ingestion de nombreux vertébrés (poissons, cétacés, oiseaux, ...) ;
- les nitrates (NO_3^-) et phosphates (PO_4^{--}) rejetés par l'agriculture ou le rejet domestique, produisant l'enrichissement excessif des cours d'eaux et des mers (eutrophisation) ;
- les métaux lourds produisant une intoxication des sols en empêchant leur culture, actuellement, il s'agit essentiellement des piles rechargeables ou non ;
- les chlorofluorocarbones (CFC) sont des produits utilisés pour la production de frigos, de panneaux d'isolation. Ils sont actuellement interdits dans de nombreux pays (protocole de Montréal), du fait, que diminuant la couche d'ozone (« trou » d'ozone), ils augmentent de façon importante les risques de cancers de la peau dans les pays polaires et sub-polaires.

1.2 Propagation des polluants

Si le polluant est gazeux ou transportés par l'air, il aura tendance à être transportés par les grands courants atmosphériques. Ces courants vont de l'équateur aux pôles qui sont donc des zones d'accumulation de polluants. Comme l'hémisphère nord est un gros producteur de polluants, c'est essentiellement le pôle nord qui en est affecté. Si le polluant se dissout dans l'eau (NO_3^- , PO_4^{--} , pesticides, ...) ou est transporté par l'eau (plastique), s'il n'est intercepté par l'être humain auparavant, il se retrouvera finalement dans les mers et les océans où il s'accumulera suivant sa flottabilité, soit en surface, soit au fond des mers et des océans. Les polluants solides sont souvent le plus visible par le commun des mortels. Cependant, même s'ils peuvent provoquer, des dégâts importants au niveau local (métaux lourds), ils se propagent difficilement.

1.3 Impact des polluants

Les conséquences des polluants dépend de trois facteurs : des quantités rejetées, de la toxicité des polluants, de la rémanence des polluants. Les quantités rejetées influencent évidemment leur impact. Plus les quantités sont importantes, plus leur impact est important. Par exemple, le CO_2 est très peu nocif. Cependant, les quantités évaluées à près de 40 milliard de tonnes par année, ont pour conséquence une augmentation sensible de la température mondiale de la Terre. La toxicité joue aussi un rôle. Il ne suffit que d'une petite pile bouton au mercure pour contaminer un plan d'eau de plusieurs dizaines de mètre-cube. La rémanence d'un polluant est la capacité du polluant à ne pas être bio-dégradé. A l'inverse, un polluant peu rémanent sera très rapidement dégradé en condition naturelle. Les plastiques sont très rémanents car il leur plusieurs centaines d'années pour être dégradés. Par contre, les nitrates et les phosphates rejetés (si leur production s'arrête) peuvent être facilement absorbés par l'environnement.

1.3.1 Sur la santé humaine

Les conséquences des polluants sur la santé humaine sont multiples. On peut citer les conséquences suivantes :

- développement du cancer : particules fines, pesticides, diminution de la couche d'ozone
- problèmes respiratoires : particules fines, ozone, oxydes d'azote
- problèmes nerveux : insecticides
- problèmes hormonaux : perturbateurs endocriniens
- potabilisation de l'eau : nitrate, pesticides, métaux lourds

1.3.2 Sur la biodiversité

Les polluants émis par l'être humain ont de multiples impacts sur les autres êtres vivants. On peut citer :

- Toxiques entraînant la mort : métaux lourds, pesticides, nitrates, ...
- Mort par ingestion ou asphyxie : plastiques
- Modification de la température globale due aux CO_2 entraînant la mort (récif de coraux, ours polaire, ...) ou la migration des espèces.
- Acidification des eaux et des sols : oxydes d'azote et de soufre
- Perturbation de la reproduction : perturbateurs endocriniens

1.4 Lutte contre les pollutions

Depuis la prise de conscience écologique qui date des années 1970, de nombreuses initiatives ont heureusement eu lieu pour limiter les conséquences de ces polluants :

- stations d'épuration des eaux de rejet
- filtres gazeux (filtres de cheminées, filtres à particules, pot catalytique, ...)
- interdictions (CFC, PCB -insecticide-, sac plastiques, ...)
- collecte et recyclage (piles, ampoules, pesticides, ...)

2 Cycles du carbone et de l'oxygène

2.1 Cycle du carbone

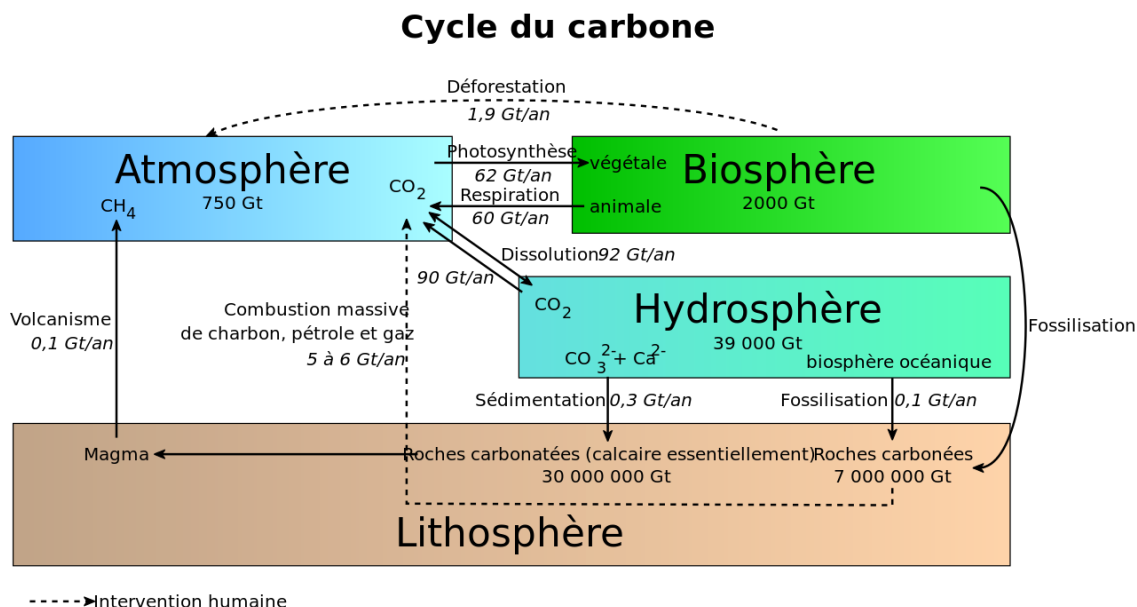


FIGURE 1 – Les flux du cycle du carbone

Le carbone est l'atome de base des molécules produites par les êtres vivants. Le carbone est présent dans l'air sous forme de dioxyde de carbone (CO_2). Les concentrations dans l'air sont très faibles (0,04%), mais elles sont en constante augmentation depuis un siècle. Ce CO_2 joue un rôle important dans la régulation de la température globale de la Terre.

2.1.1 Précipitation

Ce CO_2 dissous dans l'eau devient des carbonates (CO_3^{2-}) qui peuvent précipiter avec du calcium (Ca) ou du magnésium (Mg), soit grâce à l'aide du vivant (corail, ...), soit de façon purement chimique (stalactite, stalagmite dans les grottes, par exemple). Les roches issues de cette précipitation sont appelées carbonatées.

2.1.2 Photosynthèse

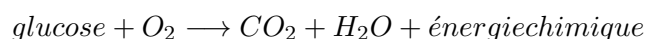
Le CO_2 est absorbé par les organismes végétaux grâce à la photosynthèse. Le carbone du CO_2 est converti en sucre (glucose), puis dans toutes les autres molécules qui composent un être vivant (protéine, graisse, ...), tandis que l'oxygène est rejeté sous forme de dioxygène (O_2). La chaîne alimentaire (herbivores, carnivores, détritivores) va ensuite incorporer ce carbone dans son alimentation. Il faut noter que le bilan de dioxygène (entre la photosynthèse et la respiration) des forêts est nul. Le dioxygène utilisable par les animaux (et donc l'homme) vient de production des océans qui sont des producteurs nets de dioxygène.



2.1.3 Respiration

Les animaux et les végétaux produisent leur énergie à partir du glucose qu'ils font réagir avec de l'oxygène et en rejetant de l'eau et du dioxyde de carbone. Les végétaux obtiennent leur glucose de

la photosynthèse, tandis que les animaux l'obtiennent en transformant leur alimentation (c-à-d des végétaux ou des animaux).



2.1.4 Fossilisation

Depuis 400 millions d'années, une part importante de la matière organique s'est soustraite à la dégradation par la respiration en étant enseveli sous les couches géologiques. Cette matière organique s'est transformée en gaz, pétrole ou charbon suivant l'âge de son ensevelissement. L'homme extrait cette énergie dite "fossiles" pour son utilisation en rejetant massivement du CO_2 . Les charbons et les schistes bitumeux sont appelées des roches carbonées.

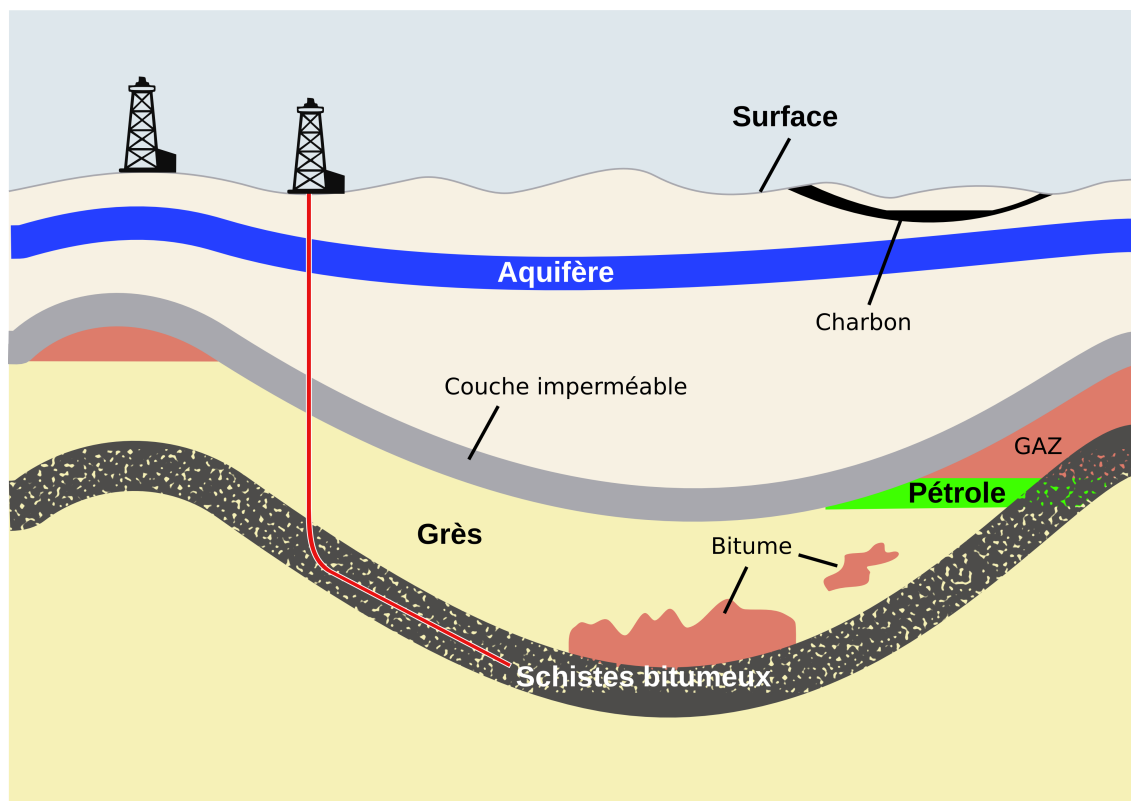


FIGURE 2 – La formation du gaz, du pétrole et du charbon.

2.2 Cycle de l'oxygène

Le cycle de l'oxygène est fortement imbriqué dans le cycle du carbone. Ceci est dû au fait, qu'il est conditionné également par la photosynthèse pour la production de dioxygène et la respiration pour la production de dioxyde de carbone.

2.2.1 Photosynthèse

cfr. 2.1.2

2.2.2 Respiration

cfr. 2.1.3

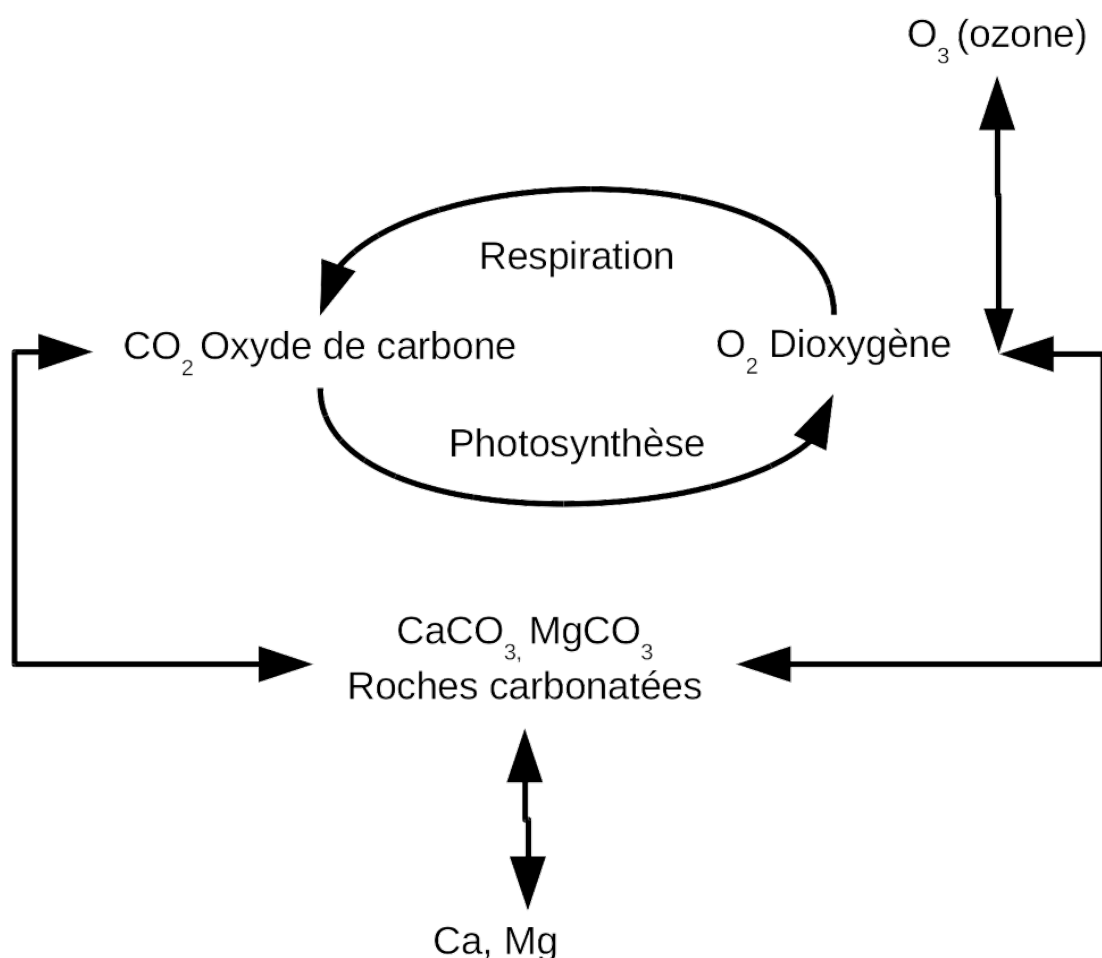


FIGURE 3 – Les flux du cycle de l'oxygène

2.2.3 Formation de l'ozone

Dans les hautes couches de l'atmosphère (la stratosphère), à plus 50 kilomètres d'altitude, le dioxygène se transforme en trioxygène aussi appelé ozone qui absorbe les rayons solaires ultra-violets nocifs. L'être humain a rejeté jusque dans les années 90 des CFCs qui reconvertissait l'ozone en dioxygène. Depuis un accord est intervenu entre de nombreux pays pour ne plus produire ces CFCs.

2.2.4 Oxydation des roches

Le dioxygène est incorporé dans les roches carbonatées en réagissant avec le CO_2 et des ions positifs (généralement le calcium et le magnésium, mais le sodium, l'aluminium, le potassium, le fer et le silicium peuvent aussi être impliqués).

3 Empreinte écologique

3.1 Concept

A l'exception de l'énergie nucléaire, toute l'énergie utilisée par l'homme actuellement vient du soleil soit de façon directe (panneaux photovoltaïque ou thermique, une part minime), soit de façon indirecte (énergies fossiles : gaz, pétrole, charbon, la part majoritaire). L'idée de base de l'**empreinte écologique** est de comparer l'énergie reçue par le soleil et convertie par la photosynthèse (bio-capacité) à l'**énergie consommée par les êtres humains**. Fondamentalement, il s'agit donc d'une puissance (énergie/temps) sur une surface donnée.

3.1.1 Bio-capacité

La **bio-capacité** est la **capacité d'un territoire à fixer le carbone atmosphérique**, et donc à fixer de l'énergie. Elle dépend donc de la latitude et des écosystèmes présents sur le territoire (forêt, prairies, océans, ...) qui auront plus ou moins de capacité à effectuer la photosynthèse. Au niveau terrestre, la bio-capacité est donc variable. Elle est très importante dans les zones équatoriales et tropicales humides. Elle est, par contre, très faible dans les déserts et dans les latitudes proches des pôles. Au niveau maritime, la bio-capacité est très élevée dans les zones de remontée des nutriments (appelées zones d' « upwelling »). Elle est très faible dans les zones non-soumis aux grands courants océaniques (gyres).

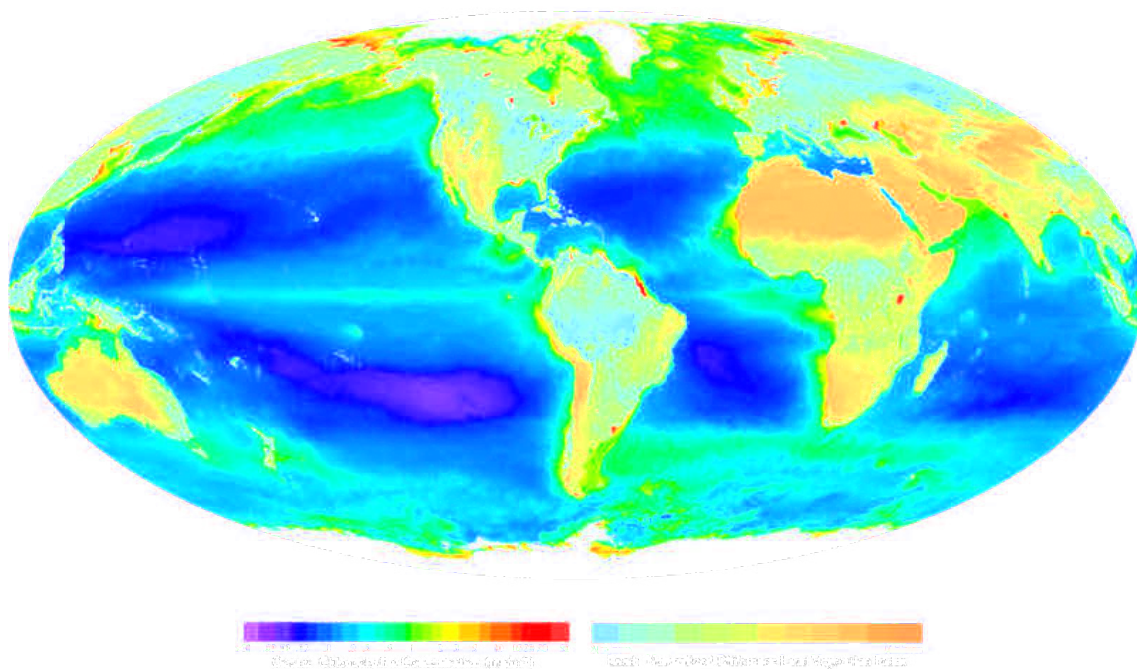


FIGURE 4 – La productivité biologique de la Terre

3.1.2 Empreinte écologique

L'empreinte écologique correspond à l'ensemble de l'énergie consommée par l'être humain pour ses besoins. Au niveau mondial, sachant que les superficies utilisables par l'homme sont une constante, on a l'habitude d'exprimer l'empreinte écologique en hectares globaux, c-à-d en hectares sur base d'une bio-capacité moyenne de la Terre. De façon, encore plus simple, on peut l'exprimer en nombre de Terre qui est directement le rapport entre l'empreinte sur la bio-capacité.

3.1.3 Le crédit écologique

On peut comparer ce concept à un compte en banque où la bio-capacité correspond aux entrées d'argent sur le compte, l'empreinte écologique correspond à tous les retraits qu'il y a sur le compte. Si les entrées sont inférieures aux dépenses, alors le compte devient négatif. Un crédit doit lui être octroyé.

$\text{SURFACE} \times \text{PRODUCTIVITÉ BIOLOGIQUE} = \text{BIO-CAPACITÉ}$ 1,8 HECTARES GLOBAUX	$\text{ÉNERGIES FOSSILES} = \text{CREDIT}$ 0,9 HECTARES GLOBAUX
$\text{POPULATION} \times \text{CONSOMMATION} = \text{EMPREINTE ÉCOLOGIQUE}$ 2,7 HECTARES GLOBAUX	

FIGURE 5 – La différence entre l'empreinte écologique et la bio-capacité (2007).

Dans ce cadre, on peut observer que, depuis les années 1970, l'ensemble de la population mondiale utilise plus d'une Terre pour subvenir à ces besoins. En 2007, la consommation mondiale représentait une Terre et demi (1,5 Terre). En 2014, la consommation mondiale représentait 1,69 Terre. Ce crédit vient de l'utilisation des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon) qui ont été stockées entre 400 et 100 millions d'années et qui sont exploitées actuellement par l'homme. On considère que les réserves que le pétrole conventionnel sera complètement épuisé entre 2030 et 2040. Les réserves de charbons sont plus importantes, mais leur exploitation posera un gros problème de réchauffement climatique.

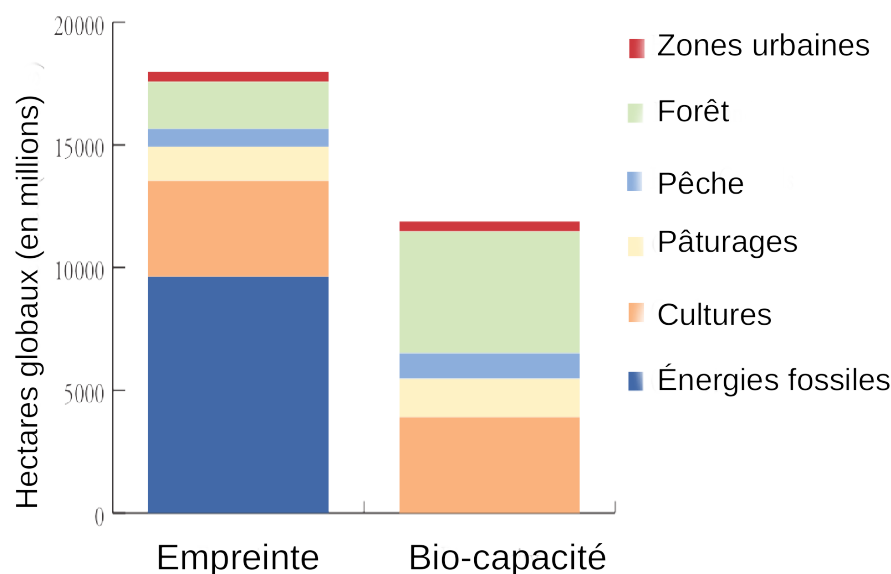


FIGURE 6 – Comparaison de l'empreinte écologique et la bio-capacité (2007).

L'utilisation des énergies fossiles entraînent une mauvaise gestion des ressources naturelles.

L'Homme profite de ses énergies fossiles pour sur-exploiter les ressources naturelles.

Quelques exemples :

- pêche : la surpêche est généralisée dans les océans grâce à de puissants bateaux propulsés par le pétrole. Pourtant, différentes expériences ont montrés que mettre des zones marines en réserve et instaurer des quotas de pêche permettaient d'augmenter sur le long terme les quantités pêchées.
- agriculture : les énergies fossiles permettent de produire engrais et pesticides pour des champs homogènes d'une seule espèce végétale. Pourtant, l'agroécologie permet de produire sans engrais de synthèse en mélangeant les espèces végétales et ayant des rendements supérieurs aux cultures conventionnelles.
- forêt : de nombreuses exploitations forestières sont « minières », c-à-d que l'on coupe sans replanter. Au mieux, on replante une seul espèce d'arbre que l'on juge intéressante. Pourtant, à nouveau, les pratiques de forêt jardinée où l'on mélange différentes espèces d'arbres de différents ages montrent une productivité en bois au moins égale avec un surplus de biodiversité.

3.2 Évolution du bilan terrestre

Compte-tenu de la population mondiale, chaque être humain « consomme » en moyenne **2,7 hectares globaux**, alors que la bio-capacité de la Terre est de **1,8 hectares globaux**.

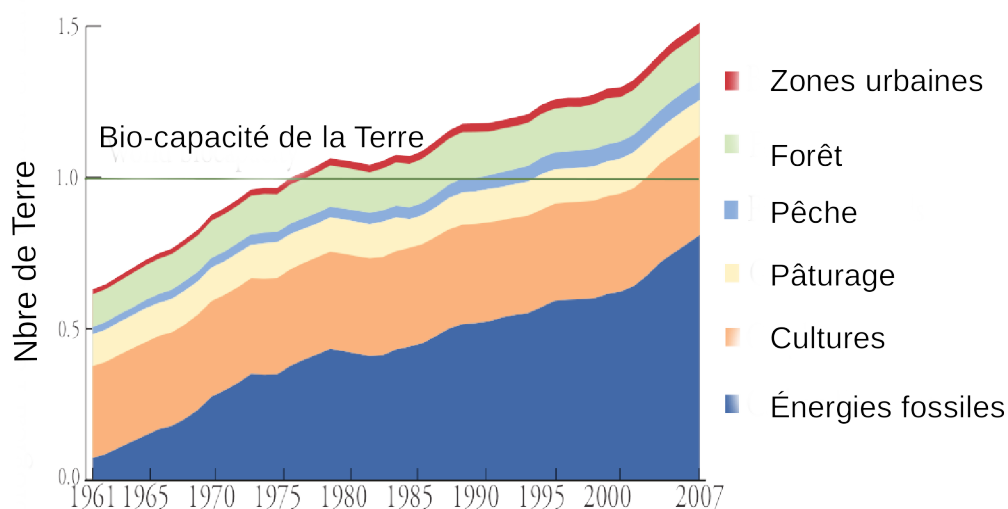


FIGURE 7 – L'évolution de l'empreinte écologique mondiale depuis 1961.

3.3 Comparaison de différents pays

Suivant sa situation géographique et/ou géo-politique, chaque pays n'a pas les mêmes difficultés face à ce problème. En effet, suivant sa population et les ressources disponibles sur son territoire.

<i>Pays</i>	<i>Population</i> <i>en millions d'habitants</i>	<i>Empreinte</i> <i>gha/personne</i>	<i>Bio-capacité</i> <i>en gha/personne</i>	<i>Nbre de Terres</i>
Bolivie	9,52	2,57	18,84	0,14
Europe continentale	730,90	4,68	2,89	1,62
États-Unis	308,95	8,00	3,87	2,07
Chine	1336,55	2,21	0,98	2,26
Belgique	10,53	8,00	1,34	5,97
Arabie Saoudite	24,68	5,13	0,84	6,11

FIGURE 8 – Empreinte écologique et bio-capacité de différents pays et régions (gha=hectares globaux) (2007).

Selon les données du tableau ci-dessus, la Bolivie est la championne de l'empreinte écologique. En effet, alors que sa population est proche de celle de la Belgique, elle profite d'un territoire plus de 30 fois plus grand, dont deux tiers est constitué de forêt tropicale.

Si l'Europe continentale est si bien classée, c'est dû aux grandes forêts de l'Europe de l'est (Russie, Ukraine, ...). Cependant, on peut remarquer qu'elle est toujours supérieure en terme d'empreinte à la moyenne mondiale.

Les États-Unis ont une consommation semblable à la Belgique, mais leurs grands territoires permettent de limiter leur crédit écologique. La Chine a déjà une empreinte supérieure à la moyenne mondiale. Que se passerait-il si elle atteignait la consommation de la Belgique ou des États-Unis ?

L'Arabie Saoudite est pénalisée par la très faible bio-capacité dont elle dispose. Elle compense évidemment par ses ressources en pétrole.

3.4 Calcul individuel

Dans le cadre de ce cours, vous remplirez un questionnaire pour situer vos modes de consommation par rapport à cette problématique. Ce type de questionnaire ne peut qu'être réducteur. Il se base sur des données moyennes ne tenant pas compte de contexte particulier. Il néglige la bio-capacité produite sur les terres gérées par la personne. S'il permet de « donner une idée », de sensibiliser les consommateurs, ils ne sont pas assez rigoureux pour cerner des situations particulières.

Table des matières

1	Polluants	1
1.1	Différents types de polluants	1
1.2	Propagation des polluants	1
1.3	Impact des polluants	1
1.3.1	Sur la santé humaine	2
1.3.2	Sur la biodiversité	2
1.4	Lutte contre les pollutions	2
2	Cycles du carbone et de l'oxygène	3
2.1	Cycle du carbone	3
2.1.1	Précipitation	3
2.1.2	Photosynthèse	3
2.1.3	Respiration	3
2.1.4	Fossilisation	4
2.2	Cycle de l'oxygène	4
2.2.1	Photosynthèse	4
2.2.2	Respiration	4
2.2.3	Formation de l'ozone	5
2.2.4	Oxydation des roches	5
3	Empreinte écologique	6
3.1	Concept	6
3.1.1	Bio-capacité	6
3.1.2	Empreinte écologique	6
3.1.3	Le crédit écologique	7
3.2	Évolution du bilan terrestre	8
3.3	Comparaison de différents pays	9
3.4	Calcul individuel	9