

Environnement et avenir de l'humanité

Rédigé par G.Labor

Quelques réflexions sur la complexité de l'environnement et l'impact des activités humaines pour la préservation de ses fonctions

1 Introduction

Aujourd'hui on évoque avec abondance la préservation des enjeux environnementaux sous différents aspects : les gaz à effet de serre, réchauffement climatique, transition énergétique, modèle agricole et alimentaire, biodiversité, mobilité douce, pollutions diverses, etc... Notre société exprime ainsi le besoin d'une réponse sur la préservation de ces enjeux.

Se posent alors certaines questions :

1. Mais encore faut-il préciser la nature de ces enjeux ? De quoi parle-t-on ?
2. Comment se débarrasser de l'idée de voir le monde naturel uniquement sous l'angle de sa valeur utilitaire technique ?
3. Faut-il inventer une éthique environnementale (régulation de la conduite de l'action et conduite morale) ? : besoins propres de la nature, droits et devoirs de l'Homme vis à vis des espèces et de la vie naturelle.
4. Peut-on parler d'avenir sans évoquer le passé ?
5. La place des croyances dans cet environnement ?
6. Les massacres interethniques font-ils parties des crises de l'évolution ?
7. La financiarisation des richesses environnementales est-elle une finalité de notre système ?
8. Malthus peut-il avoir raison ?
9. ?

2 Dualité philosophie et écologie (environnement)

Nota : je ne me suis pas intéressé aux philosophes anciens. Il faut citer le site eco-psychologie.com pour se documenter et sur lequel je me suis appuyé.

La philosophie (accès permanent à la connaissance) et l'écologie (vision personnelle de ses relations avec la nature)

Dans les années 1960, le philosophe Arne Naess (Université d'Oslo) propose une démarche en inventant

une série de concepts sur lesquels on peut débattre :

1. l'écophilosophie : « *L'étude des problèmes communs à l'écologie et à la philosophie doit être appelée « écophilosophie ». Elle n'opère aucun choix de priorité de valeurs fondamentales, mais procède à l'analyse des problèmes spécifiques, qui se situent à l'intersection de deux disciplines parfaitement reconnues* » .
2. l'écosophie : « *L'écosophie cherche, notamment, à introduire une dimension philosophique dans le militantisme écologique en cherchant à dégager un fondement éthique, social, psychologique, idéologique et culturel de l'écologie de base.* »
3. l'écologie profonde (vers 1970) : en prolongement pratique de l'écosophie, le principe de l'écologie profonde repose sur huit postulats respectant les deux idées clés :
 - « *l'homme ne se situe pas au sommet de la hiérarchie du vivant, mais s'inscrit au contraire dans l'écosphère comme une partie du tout* ».
 - « *sans changement de mentalité et de style de vie, la crise écologique ne peut être résolue.* »

Un point à évoquer est relatif au concept d'écophénoménologie synthèse de 2 différents courants de pensées (*philosophe tchèque **Erazim Kohak** et de **Neil Evernden** vers les années 1980*):

- la phénoménologie (Edmund Husserl) : science des phénomènes (elle a vocation à étudier l'expérience en elle-même, celle du sujet dans un monde, ce qui se passe dans le vécu des consciences), développée par Martin Heidegger et Max Scheler en Allemagne, Hannah Arendt, Alfred Schütz et Eric Voegelin aux Etats-Unis, Gaston Bachelard, Emmanuel Levinas, **Maurice Merleau-Ponty**, Jean-Paul Sartre, Paul Ricoeur et Michel Henry en France. Merleau-Ponty (Phénoménologie de la perception-1945) voulant définir la démarche en se fondant la pratique scientifique, a surtout développé la thèse que « *toute conscience est conscience perceptive* »
NB : *percevoir des sensations par les sens ou l'esprit.*
- Et l'écosophie : liée au militantisme.

En résumé, la crise actuelle est à la fois géophysique et métaphysique, rien ne peut changer si on ne change pas les mentalités, obsession occidentale pour le monde de la technique, qui réduit la nature à de la matière quantifiable et utilisable pour l'homme.

Il faut passer de la connaissance du particulier, de l'individuel à celle de l'ensemble, du global, du tout (approche holistique). La totalité du monde dans lequel on vit est complexe, ce n'est pas une juxtaposition d'éléments indépendants mais d'éléments en interactions permanentes.. La suite tentera de donner des éléments d'identification de cette complexité.

3 Approche descriptive et fonctionnelle du système terre

Pierre Teilhard de Chardin : 1-Le phénomène humain ch III LA TERRE JUVENILE

« *Il y a de cela quelques milliers de millions d'années, non point, semble-t-il, par un processus régulier d'évolution stellaire, mais **par suite de quelque chance incroyable**, un lambeau de matière formé d'atomes particulièrement stables se détachait du soleil. Et, sans couper les liens qui le rattachaient au reste des choses, juste à la bonne distance de l'astre père pour en sentir le rayonnement avec une intensité moyenne, ce lambeau s'agglomérait, s'enroulait sur soi, prenait figure...*

*Emprisonnant dans son globe et son mouvement l'avenir humain, un astre de plus -**une planète cette fois- venait de naître.***» Une brève histoire de la terre et de gaz carbonique

Il est difficile de comprendre l'écologie ou l'environnement sans connaître un peu de l'histoire géologique et biotique de la Terre.

L'objet de ce paragraphe n'est pas de faire un cours de paléontologie mais de faire ressortir l'émotion en parcourant globalement les grands événements qui ont marqué l'évolution de la terre dans la spirale du temps depuis sa formation, la vie avant l'arrivée de l'Homme et l'après.

On profitera de ce parcours pour observer un paramètre représentatif d'actualité, celui de la concentration en gaz carbonique (CO₂) de l'atmosphère (un facteur d'impact de effet de serre ou réchauffement climatique, refroidissement) et éventuellement sa température. C'est une manière de démontrer la phénomologie de l'impact des activités humaines (anthropique) sur le milieu naturel.

Biblio : Yves Coppens « Le présent du passé L'actualité de l'histoire de l'homme ». Edt Odile Jacob – un livre simple et bien documenté.

On pourra utilement consulter le site du CNRS avec le lien suivant :

Site du CNRS <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/Origine/methodologie/climat.htm>

On trouvera sur ce site une documentation scientifique sur la paléontologie des grandes périodes géologiques du Précambrien au Quaternaire. Un diorama simple et illustré sur la vie dans chacune de ces périodes est proposé agrémenté de photos de fossiles et de commentaires sonores.

Je me suis servi d'éléments de ce site pour documenter la suite de l'exposé. Appréhender à notre échelle la dimension temporelle de ces événements n'est pas chose facile, c'est déjà un débat philosophique. Nous sommes à l'origine de la création avec des microfossiles et des bactéries..

L'échelle des temps géologiques, l'apparition de la vie et son évolution

La Terre, morceau de Soleil, s'est formée il y a 4600 millions d'années (âge estimé de la terre). A partir de cet instant nous allons parcourir les grandes étapes de l'évolution de la Terre en évoquant les faits marquants. Il aura fallu 4 milliards d'années pour créer la vie visible à l'œil nu. Les grands phénomènes mis en évidence par les études des couches géologiques et paléontologiques sont les suivants :

- **Temps 0** : pendant environ 800 Ma : refroidissement de la couche terrestre (monde minéral, atmosphère composée de matière volatilisée : vapeur d'eau, gaz carbonique, formaldéhyde, ...)
- **Temps 3850 Ma**: ensuite pendant 1350 Ma, la température descend en dessous de 100°C, l'eau passe de l'état vapeur à l'état liquide, formation des océans (hydrosphère), les continents émergent (lithosphère), l'atmosphère existe déjà. On retrouve des fossiles microscopiques, les premiers stromatolithes qui sont des structures carbonées emprisonnées dans des filaments de cyanobactéries (les microbes sont déjà là)
- **Temps 2500 Ma**: enfin apparaît la vie pré biotique du PROTÉROZOÏQUE (première vie), qui va s'étendre sur 2000 Ma, les stratégies de l'évolution se mettent en place. Hypothèses, sur l'origine de la vie ?:
 - dans la « **soupe primordiale** » (atmosphère riche en matière organique et dissolution dans les océans, ATP abondante)
 - ou par **panspermie** (arrivées de l'espace de molécules riches en carbone dont les acides aminés présents dans l'atmosphère)
 - Des chaînes complexes de polymères se sont construites à partir des molécules simples présentes dans l'hydrosphère et l'atmosphère. Ainsi la biosphère se constitue à partir de deux types de molécules : les **acides nucléiques** (forme chimique des messages génétiques) et des

protéines (matériaux de construction des cellules vivantes) avec des enzymes comme catalyseurs. Les polymères s'agrègent pour former des ensembles fonctionnels et s'entourent de membranes séparant ainsi les milieux interne et externe, filtrant l'entrée des substances nutritives et la sortie des déchets. Les grosses molécules deviennent instables et se scindent en deux cellules « filles ».

- Ces processus de construction et de fonctionnement des cellules sont consommateurs de beaucoup d'énergie. Vers 2000 Ma, après avoir épuisé, pour cause démographique, la ressource énergétique initiale de la soupe primordiale (**première crise de l'énergie**, déjà!), les molécules développent un nouveau processus en absence d'oxygène, la **fermentation**. Elles recyclent les déchets de la première crise et puisent dans la réserve de sucre initiale (carburant universel du vivant). La population augmentant, cette réserve finit par s'épuiser, c'est la **deuxième crise de l'énergie**. Pour survivre, un nouveau processus est développé : la fabrication du sucre par photosynthèse à partir des gaz de l'atmosphère (gaz carbonique et sulfhydrique). Mais ce processus génère de l'oxygène, **la respiration remplace la fermentation**. Dans le processus, on notera simplement la création des bactéries membranaires eucaryotes possédant un noyau avec un patrimoine génétique et les codes de fabrication des protéines. Ces eucaryotes vont s'associer en ensembles pluricellulaires pour donner des tissus orientés vers des fonctions et des organes pour des fonctions très précises : métazoaires pour les animaux et métaphytes pour les végétaux. L'apparition de la sexualité amplifie et accélère le processus évolutif des plantes et des animaux.

La mécanique de la poursuite de l'évolution et de la complexification est en place pour lancer vers l'avenir les diverses espèces du vivant (flore, insectes, oiseaux, mammifères, reptiles, amphibiens, primates puis homo Sapiens au bout de la ligne).

Commentaire : même si le processus physique et biochimique de l'apparition de la vie est bien décrit, un mystère reste. Comment, parti de rien (molécules simples), les molécules en se regroupant ont-elles pu acquérir de l'autonomie, développer un ADN, un code génétique, fabriquer des protéines, s'alimenter en énergie, créer des flagelles pour la locomotion et les capteurs sensibles, se protéger des prédateurs, devenir un prédateur. ? Existe-t-il derrière tout cela (ou devant) une volonté qui pousse l'évolution vers l'Homo Sapiens ou est-ce le fait du hasard?

Intermède : Mais, des incidents peuvent survenir, la Terre n'est pas encore totalement stable. (variations de la distance du soleil à la terre, de la déclinaison, composition des gaz de l'atmosphère, ...). Pendant la période que nous venons de décrire (4650Ma - 540 Ma), deux périodes glaciaires, 650 et 600 Ma ont affecté une grande partie de la biosphère et le développement de certains planctons, d'autres formes ont résisté.

On continue : Pendant un intervalle de temps de centaines de millions d'années jusqu'au quaternaire, la vie sur Terre a poursuivi son évolution (aquatique, terrestre, aérienne), empilant les couches géologiques et ses fossiles, indicateurs de la vie passée.

- Le CAMBRIEN (540 Ma) au DEVONIEN (360Ma), la vie s'est développée en milieu aquatique. Le monde terrestre est essentiellement minéral, les amphibiens (type Coelacanthe) ayant développé des nageoires puis des pattes commencent à sortir de l'eau (citation : Terre en vue, droit devant)

1^{ère} extinction (440 Ma): organismes marins tels que des brachiopodes et des trilobites

- Le CARBONIFERE (360 Ma à 300Ma) : Développement des forêts houillères, végétation gigantesque, diversité des fougères. Quant à la faune : arthropodes (araignées de 35 cm), libellules (70 cm d'envergure), les amphibiens sont obligés de retourner régulièrement à l'eau, les reptiles s'adaptent avec leur carapace et progressent sur terre **2^{ème} extinction (350 Ma): ammonoïdes, brachiopodes et poissons.**
- Le TRIAS (250 Ma à 200 Ma)

3^{ème} extinction (250 Ma) : près de 90 % des espèces auraient alors disparu, avec l'extermination finale des trilobites, et des extinctions considérables chez des groupes aussi divers que les coraux, les céphalopodes et les vertébrés.

- Le JURASSIQUE – CRETACE (200 Ma à 65 Ma) :

4^{ème} extinction (200 Ma) : organismes marins (ammonites notamment) et terrestres (reptiles)

- Sur terre : dinosaures carnivores (théropodes), herbivores
- Dans les mers : domination des reptiles ichtyosaures, plésiosaures,. Dans les airs : ptérosaures
- Les plantes à fleurs et à graines s'imposent depuis le Jurassique, les insectes participent à la pollinisation et à la diversification des végétaux
- La lutte pour la survie entre dinosaures herbivores et carnivores est de tous les instants les mammifères sont présents mais de petites tailles (Blaireaux)

A 70 Ma, c'est l'apparition des primates

5^{ème} extinction (65 Ma) Dépérissement des plantes, 70 % des espèces, dont les dinosaures, les ptérosaureophitèquess, une grande partie du plancton, les ammonites, les bélemnites, et divers groupes de reptiles marins.

- Le NEOGENE (23,5 Ma à 1,8Ma)
 - Le climat est tropical et la jungle omniprésente.
 - Apparition des Australopithèques entre 5,3 et 1,6 Ma, Extinction entre 1,6Ma et 900 000 ans,
 - Dérive des continents, collision des plaques africaine et asiatique
 - Variations climatiques
- Le QUATERNAIRE (1,8 Ma à nos jours)
 - Il y a entre 1,6 Ma et 250 000 ans, présence de l'Homo Erectus en Afrique, puis dispersion hors Afrique
 - l'**Homo Sapiens** apparaît en Afrique après l'Homo Erectus.

Nous sommes aujourd'hui dans le règne de l'Homo Sapiens avec un reste de Neandertal

Intermède : L'évolution de la vie sur la Terre ne s'est pas déroulée dans le confort, c'est le bruit et la fureur.

Les différentes périodes décrites ont été marquées par de grandes crises. Les travaux des paléontologues révèlent deux types de crises conduisant à des extinctions d'espèces :

- **les extinctions en « bruit de fond »** : concurrence et compétitions entre espèces, impossibilité d'adaptation aux changements environnementaux (climat, sécheresse, glaciation, etc...)
- **les extinctions en masse** : événements exceptionnels de durée courte marqués par des disparitions de plusieurs espèces. Les 5 extinctions de l'histoire de la terre sont indiquées dans les différentes périodes ci-dessus. Seule la 5ème extinction a fait l'objet d'études approfondies sur les causes et les conséquences. Pour les 4 autres antérieures, seules des suggestions sont formulées sur d'éventuelles causes d'origine terrestre ou extra-terrestre. **La 5ème** : La collision de la Terre avec une météorite (~10Km de diamètre) a généré un cratère d'environ 200 km avec des projections qui ont opacifié l'atmosphère entraînant un affaiblissement du rayonnement solaire. Le dépérissement des plantes a entraîné la disparition des herbivores, puis des carnivores. Ainsi 70 % des espèces, dont les dinosaures, les ptérosaures, une grande partie du plancton, les ammonites, les bélemnites, et divers groupes de reptiles marins se sont éteints. Seuls ont survécu les petits mammifères qui ont trouvé leur place et se sont développés.

Dans son livre « La 6ème extinction Comment l'homme détruit la vie » Elisabeth KOLBERT (Librairie Vuibert) « a mené une enquête passionnante sur la grande histoire de la vie terrestre, en remontant aux découvertes de Cuvier et de Darwin, et sur le péril imminent qui la guette ». Selon WWF, 1 million d'espèces pourraient disparaître dans les 50 ans à venir affectant des millions de personnes.

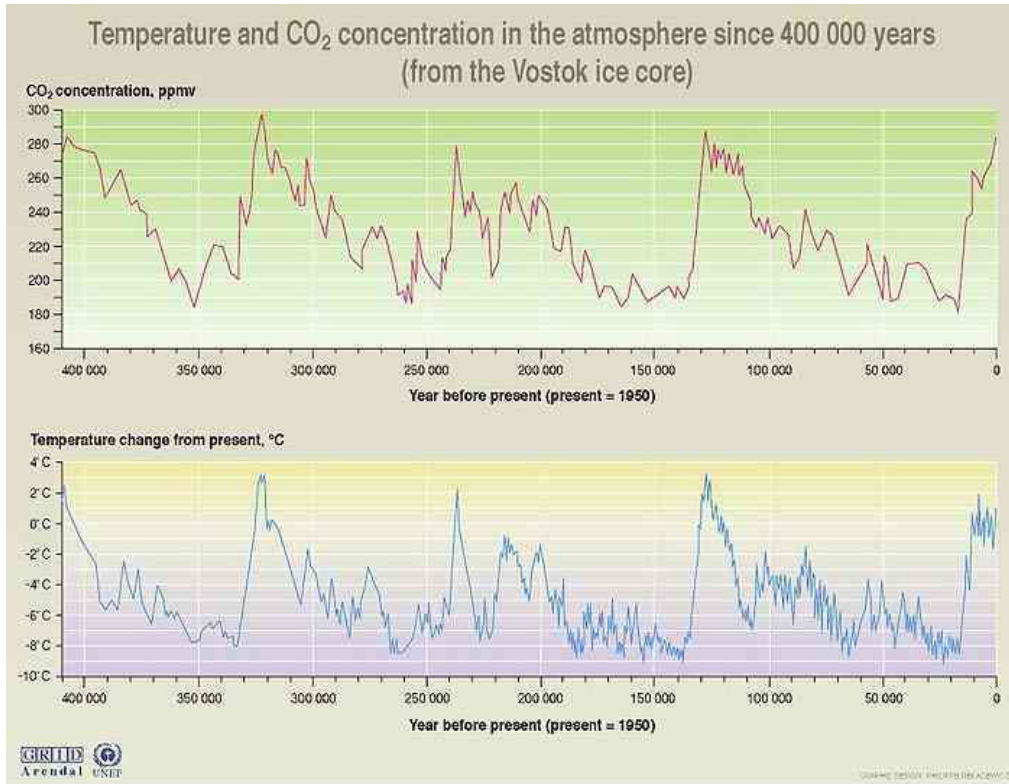
3.1 Une brève histoire de gaz à effet de serre

De cueilleurs-chasseurs qui ne prélevaient que ce qui était nécessaire à leur vie, les Hommes se sont sédentarisés. Depuis la découverte du feu (source d'énergie), leurs besoins se sont accrus, le commerce s'est développé suivi de l'industrialisation. C'est à partir de la fin du XIX^{ème} siècle que l'on utilise les combustibles fossiles à base de Carbone (Charbon, pétrole datant de la fin du CARBONIFERE) comme source d'énergie (Industrie, chauffage, véhicules à moteurs thermiques, fabrication de produits de consommation). Ces combustibles fossiles non renouvelables se dégradent en chaleur tout en émettant du gaz carbonique.

Nota : la Terre aura mis 4 Milliards d'années pour enfouir le carbone dans les diverses formes de l'écosphère (Roche, eau,) et ne laisser dans l'atmosphère que le nécessaire pour voir la vie apparaître et se développer

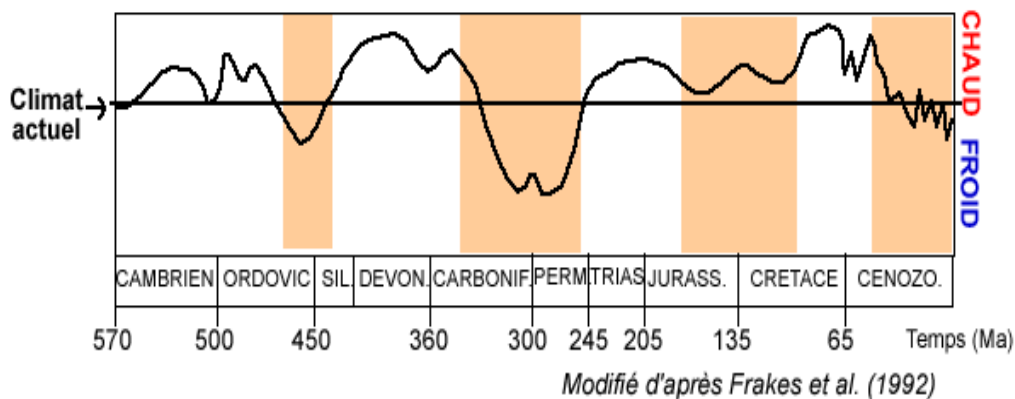
Il est reconnu (sauf Mr TRUMP) que le gaz carbonique fait partie des gaz à effet de serre. La terre reçoit le rayonnement solaire direct, réchauffe la Terre qui à son tour envoie son rayonnement vers l'espace. Mais ce rayonnement particulier va rencontrer dans l'atmosphère des molécules gazeuses comme le gaz carbonique qui va le renvoyer à son expéditeur, la Terre, et renforcer le rayonnement direct du soleil d'où l'augmentation de la température au voisinage du sol. C'est le principe du réchauffement climatique (effet de serre).

Au cours de l'évolution de la terre, des périodes de glaciation et de réchauffement ont été décelées par les scientifiques..

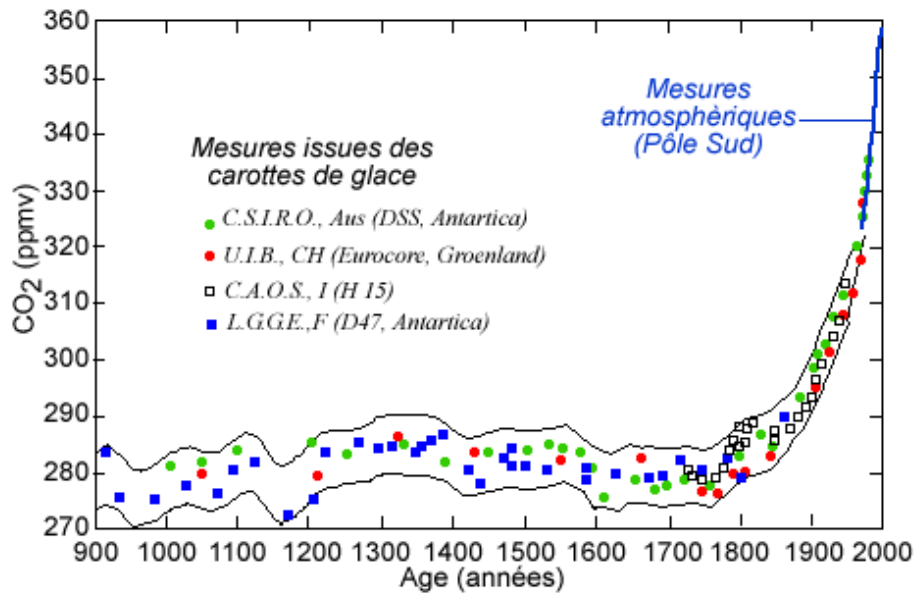


Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica. Nature 399 (3JUW), pp.429-436, 1999.

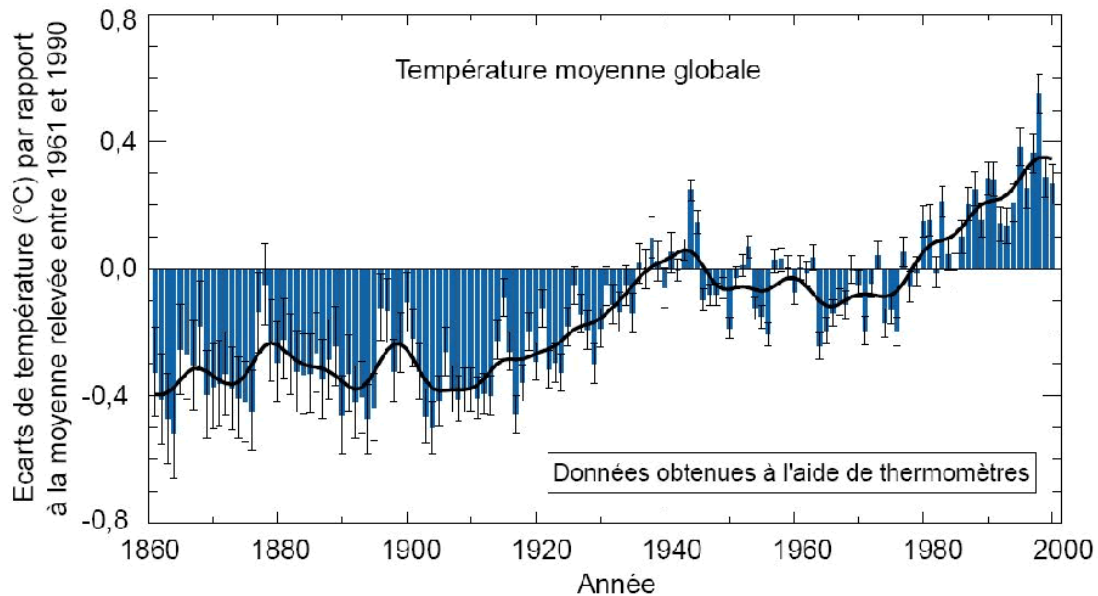
Sur ces graphiques on peut se rendre compte de la corrélation entre la concentration en Gaz carbonique de l'atmosphère et la variations de température correspondante. Entre -400 000 ans et -40 000 ans on assiste à 4 glaciations (- 8° C pour 180 ppmv de CO₂) et 4 à 5 réchauffements (+ 3 à 4°C pour 300 ppmv) . La référence actuelle est de 360 ppmv (voir graphique ci-après) . Des accidents climatiques ont déjà eu lieu par le passé avant l'apparition de l'homme.



Les graphiques suivants concernent la période contemporaine. Ils montrent l'évolution de la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère et l'évolution de la variation de l'écart de température. Il ya une corrélation directe entre la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère le réchauffement de l'atmosphère.



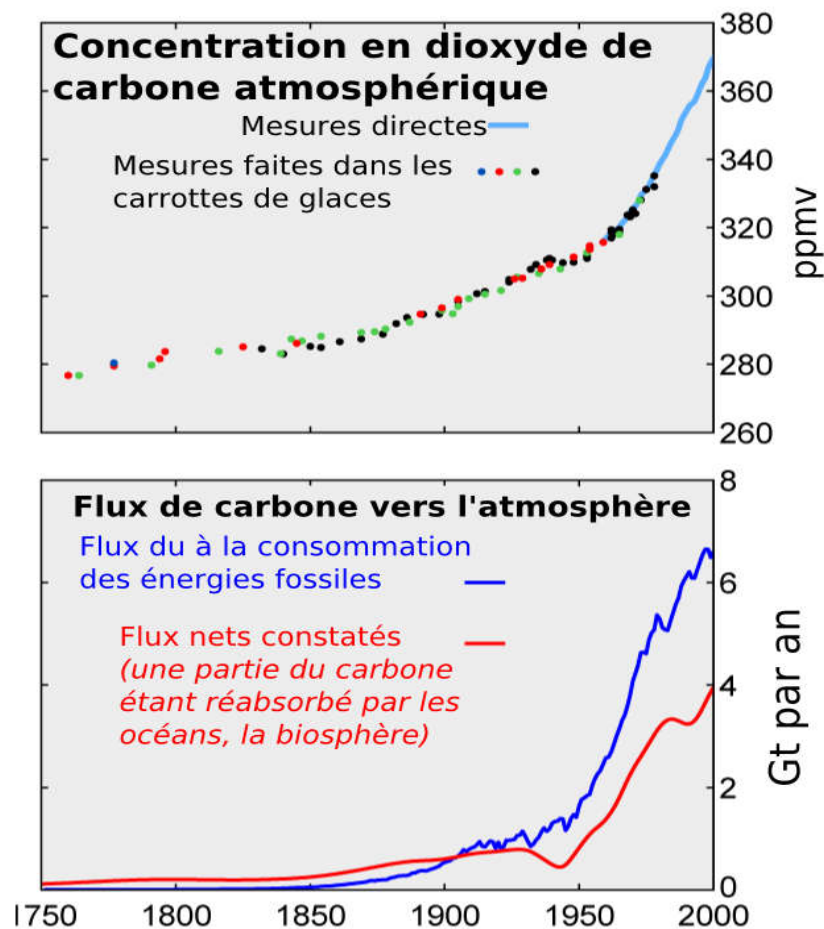
Compilation d'après J.M. Barnola et J. Chappelaz (LGGE),
figure extraite et modifiée à partir du site
<http://www.balzan.it/english/pb2001/lorius/sintesi.htm>



<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/Origine/methodologie/climat.htm>

Un autre graphique est intéressant, il montre une corrélation directe entre la consommation de combustible fossile et la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère. Il se passe de commentaires.

Figure (Par toony — common Image:Carbon History and Flux-2.png, CC BY-SA 3



NDA :La suite est construite à partir d'un cours dispensé en 3ème année dans la formation des ingénieurs de l'ENTPE (Environnement et ville durable)

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue qu'au cours de l'évolution on a relevé des périodes de glaciation et de réchauffement. Les gaz à effet de serre de l'atmosphère permettent de maintenir la température de la planète acceptable par le vivant. L'océan, les roches, l'atmosphère et la matière organique sont les quatre éléments stockant le carbone. Voici quelques exemples :

- Il y a 500 Ma, le taux de CO₂ était 22 fois supérieur à la valeur actuelle (300 ppmv) avant l'ère industrielle, la température était de l'ordre de 22°C (planète serre), la cause en est l'activité tectonique des plaques libérant le gaz carbonique par les volcans, les puits de carbone sont peu puissants : l'activité biologique consommatrice de carbone dans les océans est faible, l'atmosphère est un puits faible.
- Il y a 300 Ma, le taux de CO₂ était pratiquement égal à la valeur actuelle ci-dessus, la température était de l'ordre de 9°C (planète glacée), la cause en est principalement le développement de la végétation terrestre (véritable puits de carbone avant

l'apparition des champignons décomposeurs apparaissant au TRIAS 220Ma), augmentation du stockage dans les sédiments.

- Il y a eu d'autres périodes, elles n'ont jamais eu la même intensité que celle de la fin du PRECAMBRIEN La complexité

Le monde dans lequel nous vivons est un système complexe, les différents éléments le composant ne sont pas indépendants.

Le système est composé de 3 sous-systèmes en équilibre interactif:

- La biosphère (Système biologique Faune Flore),
- **un système abiotique qui contient lui-même 3 sous-systèmes cités précédemment (l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère),**
- l'anthroposystème (contient toute l'activité et l'homme lui-même)

A l'origine de la terre, avant l'homme, seuls l'écosystème et le système abiotique étaient en présence. Dans le rythme temporel de l'évolution, des processus particuliers de fonctionnement sont apparus, **les cycles naturels ou géobiochimiques** avec des échelles de durées différentes : ceux du carbone, de l'oxygène, de l'azote, du phosphore, du soufre, de l'eau avec le soleil en soutien énergétique. Par exemple on peut citer le cycle du carbone terrestre qui est court (année) : un producteur, un consommateur, un décomposeur. Par exemple le cycle du carbone : CO₂, herbe, consommateur herbivore, excréments, décomposeurs champignons ou microorganismes, CO₂

Plante, Herbivore, Carnivore, Décomposition biochimique, CO₂.

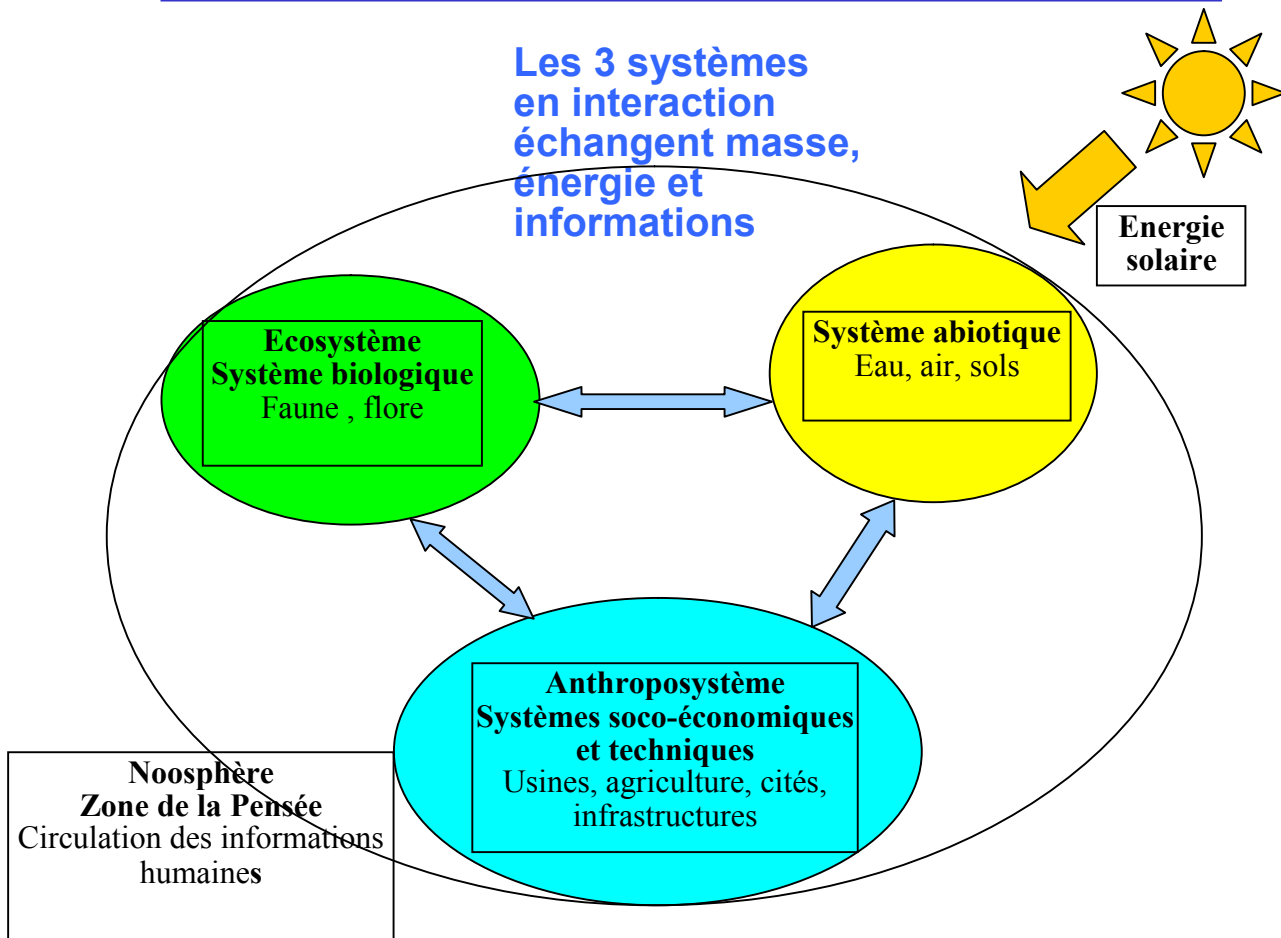
L'anthroposystème effectue des prélèvements sur les deux autres systèmes et y rejette des déchets solides, liquides et gazeux. Ces systèmes échangent, action et réaction, de la matière, de l'énergie et de l'information. Dans le cas des activités humaines, le cycle naturel n'existe pas, il y aura toujours des déchets que l'on pourra réduire par le recyclage ou la réutilisation mais à moyen terme il y aura un déchet ultime qu'il faudra mettre quelque part.

La complexité apparaît aussi bien à l'intérieur des systèmes qu'entre les systèmes eux-mêmes. Citons quelques exemples :

- Les végétaux qui croissent et meurent dans l'écosystème et qui utilisent les sols de la lithosphère, l'eau de l'hydrosphère
- la pluie de l'hydrosphère qui provoque des inondations dans le système abiotique et perturbe le fonctionnement de l'anthroposystème
- la circulation automobile et l'activité industrielle qui rejettent ses déchets dans le sol, ses effluents gazeux dans l'atmosphère et liquide dans la lithosphère et l'hydrosphère.
- Etc.. vous pouvez imaginer d'autres processus de votre vie quotidienne

Le diagramme ci-après illustre le modèle proposé.

Le système terre Modèle de représentation formelle



Aujourd'hui, nous allons ajouter une nouvelle couche (imaginée par Pierre Teilhard de Chardin, la Noosphère, domaine de la Pensée (Avec peut-être un nouvel Homme issu de l'Homo Sapiens, l'Homo Numéricus.).

Dans ce modèle les trois systèmes semblent cohabiter en harmonie. La réalité est différente, la biosphère se fragilise. L'Homme, élément intelligent de l'anthroposystème, n'est peut-être pas en mesure de détruire la biosphère, mais probablement l'équilibre par rapport à ce qu'a été l'histoire de la terre.

4 Les enjeux

4.1 Les facteurs d'impact

Au début du document, j'ai évoqué l'existence d'enjeux. Ils sont rappelés dans le tableau ci-après identifiant les facteurs d'impact et les impacts. Les facteurs d'impact ont pour origine l'urbanisation des sols, les rejets de l'anthroposphère dans à la fois la biosphère et le système abiotique.

Facteurs d'impact Emissions et consommations de l'activité humaine	Mécanisme de la modification	Facteur de classification	Critère catégorie d'effets	Indicateur d'effets
CO ₂ , CH ₄ , NO _x , CFC, Halons	Coefficient d'absorption du rayonnement Grande Longueur d'Onde de la planète	GWP	Réchauffement global de la planète (effet de serre)	kg CO₂ équivalent
CFC, Halons	Équilibre de l'ozone stratosphérique	ODP	Diminution de la couche d'ozone stratosphérique	kg CFC11 équivalent
SO ₂ , NH _x , NO _x	Formation de moles H ⁺	AP	Acidification	kg SO ₂ equivalent
COVnm, NO _x	Oxydation des oxydes d'azote et COVnm	PCOP	Formation d'ozone troposphérique	kg éthylène équivalent
Consommation non rationnelle des ressources non renouvelables	Épuisement des ressources non renouvelables (pétrole, gaz naturel, métaux Cu et Zn)	Taux d'utilisation des ressources renouvelable à recyclables	Diminution des ressources naturelles non renouvelables et l'eau	kg de matière naturelle économisée MJ énergie primaire économisée
SO ₂ , NO _x , CO, COV, Pb, Cd, Hg micro-polluants (métaux lourds) Rejets eaux usées	Pollution du milieu abiotique	Concentrations limites dans l'atmosphère, l'eau, les sols,	Toxicité Ecotoxicité	µg / unité de milieu physique
Surface naturelle	Urbanisation	Rapport terre consommée/ disponible	Diminution de surfaces cultivables	Empreinte écologique

4.2 Matrice des impacts

Cette matrice identifie les effets résultant des activités (tableau précédent) humaines et leur impact sur les principaux enjeux identifiés : Système abiotique, Faune, Flore, Santé humaine Vie quotidienne, Patrimoine. On constate que ces enjeux sont fortement attachés à la forme de notre modèle.

Ce tableau n'est pas exhaustif, des découvertes sont encore à faire.

Il ne faut pas perdre de vue que nous fonctionnons selon le principe de causalité selon lequel un phénomène (nommé cause) produit un autre phénomène qui lui succède (nommé effet). Dans notre système, la cause précède l'effet.

Le tableau ci-dessous illustre une situation Cause-effet multiple, un effet devient cause, créant une chaîne de causalité

Séquence	Cause	Effet
1	Combustion de combustibles fossiles	Production de gaz carbonique
2	Gaz carbonique	Augmentation de la concentration dans l'atmosphère
3	Concentration en gaz carbonique	Déclenchement de l'effet de serre
4	Effet de serre	Augmentation de la température terrestre
5	Température terrestre	Sécheresse
		Fonte des glaciers
		Désertification
5.1	Sécheresse	Disparition d'espèce flore et faune Ressources alimentaires
5.2	Désertification	Déplacement des population
5.3	Fonte des glaciers	Diminution ressources en eau

Ces causes et effets ont des dimensions à la fois spatiales (locales, régionales, planétaires) et temporelles (court terme, moyen terme, long terme). Certaines émissions peuvent agir localement pendant peu de temps, d'autres peuvent subsister pendant des durées géologiques et des effets planétaires. Par exemple des déchets peuvent être stockés localement et se dégrader au cours de centaines d'années (Matières plastiques). Les déchets radioactifs, c'est plusieurs centaines de milliers d'années.

Effet \ Impact-Enjeux	Système abiotique	Faune	Flore	Santé	Vie quotidienne	Patrimoine
Réchauffement global de la planète (effet de serre)	Elévation de la température Désertification Eutrophisation Élévation du niveau des mers Immersion des terres Fonte des glaciers	Déplacement des espèces	Disparition d'espèces déplacements d'espèces	Stress, dépression	Changement de lieux de vie	Abandon dû à l'immersion des terres Pertes économiques
Diminution de la couche d'ozone stratosphérique				Lésions cutanées		
Formation d'ozone troposphérique			Dépérissement d'espèces	Maladie respiratoires	Confinement des personnes sensibles	
Pluies acide	Acidification des milieux aquatiques (rivières, lacs, océans)	Disparition de vertébrés dans l'océan	Dépérissement des forêts (résineux)	Maladies cutanées		Agression des matériaux de construction
Augmentation de la toxicité et de l'écotoxicité		Fixation des polluants dans la chaîne alimentaire	Fixation des polluants dans la chaîne alimentaire	Maladie (saturnisme pour le plomb)		
Modification de la qualité des eaux, eutrophisation		Destruction d'espèces	Prolifération des algues	Maladie due aux métaux lourds, nitrates		
Augmentation des flux de consommation	Pollution des sols Epuisement des ressources naturelles					
Urbanisation	Consommation d'espace naturel ou agricole	Disparition d'espèces	Disparition d'espèces		Pertes de ressources alimentaires	

5 L'empreinte écologique (origine WWF)

5.1 Définition

C'est un indicateur de l'impact global de l'homme sur la planète. Il est la mesure la surface nécessaire pour produire les ressources et absorber les déchets d'un groupe humain et s'applique à un individu, une ville, un pays ou à la Terre.

5.2 La biocapacité

La biocapacité d'un territoire (ou superficie biologiquement productive) est la superficie de sol écologiquement productif

Unité : gha/hbt.an

Développement durable \longleftrightarrow (empreinte écologique \leq biocapacité)

Surface mondiale biologiquement productive : 11,3 Mds gha (ou une planète par an)

Population 2005 : 6,5 Mds hab
Biocapacité disponible par personne en 2005 : 1,73 gha

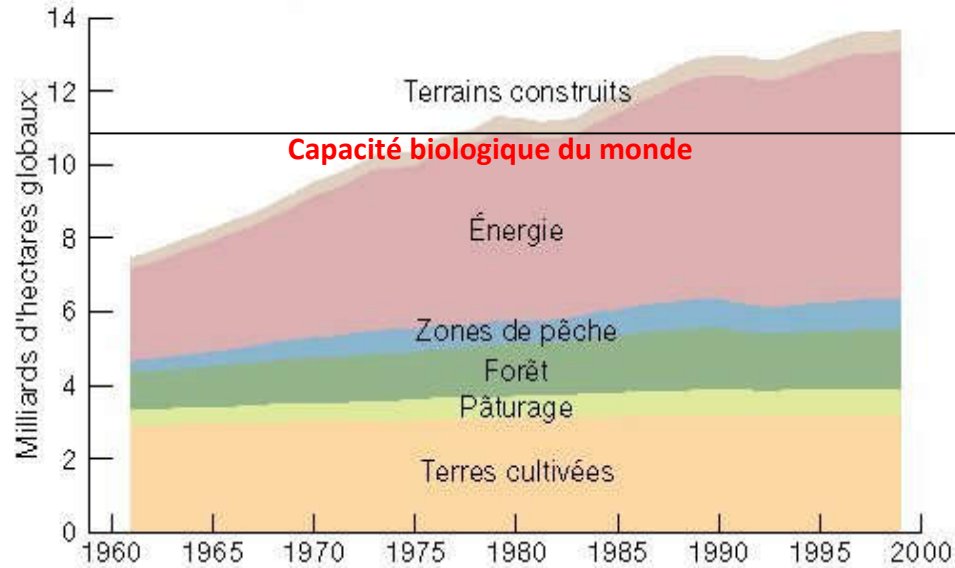
En 1999, l'empreinte écologique mondiale dépassait la capacité biologique de la planète de plu de 20 %.

Un exemple : pour produire 1 kilo de viande, il faut :

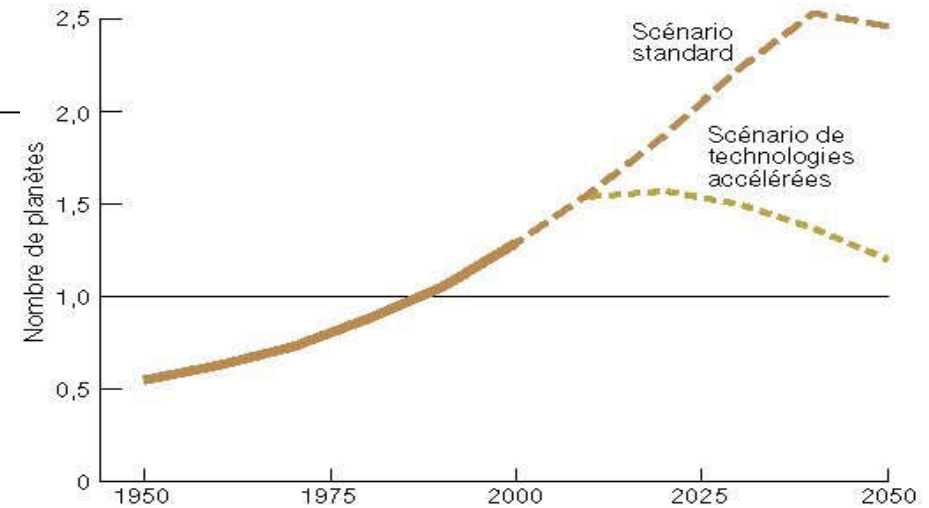
- 10 m² de pâturage pour le bétail,
- 11 m² de surfaces cultivées (pour produire la nourriture du bétail),
- 2,4 m² de surfaces bâties (pour les étables, etc.) et
- 21 m² de surfaces énergie nécessaires pour absorber le CO₂ émis pour le transport de la viande, etc.).

5.3 Quelques illustrations

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE MONDIALE, 1961-1999



EMPREINTE ÉCOLOGIQUE HUMAINE 1950-2050



En 2050, si nous ne faisons rien, l'empreinte écologique sera deux fois supérieure à la capacité mondiale.

L'empreinte écologique des pays à hauts revenus est 6 fois supérieure à celle des pays à faibles revenus, et 3 fois supérieure à la capacité mondiale.

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE, par région et groupe de revenus, 1999



5.4 Comment agir pour réduire l'empreinte écologique

Le principe est de protéger, gérer et restaurer les écosystèmes. En réduisant le déficit écologique pour maintenir la capacité biologique et ainsi , héberger, nourrir, habiller chacun d'entre nous :

- changer les modes de consommation
- améliorer les systèmes de production
- agir sur la législation et la fiscalité

L'ouvrage de Paul Hawking (Drawdown) explique qu'il est encore possible d'inverser la croissance du réchauffement climatique à travers la mise en œuvre de 80 actions chiffrées en grandeurs physiques et monétaires.

5.5 Estimer son empreinte écologique

Chacun à son niveau peut évaluer son empreinte écologique en fonction de son mode de vie en utilisant le petit calculateur des 3 pages suivantes.

Le résultat représente le nombre de terres nécessaires à votre mode de vie ou toute une population si ses membres avaient le même mode de vie que vous.

Il indique également les leviers sur lesquels vous pouvez agir pour modifier votre mode de vie et réduire (ou augmenter !!!) le nombre de planètes nécessaires.

Estimation de l'empreinte écologique

Grille de résultats

1. Reportez votre réponse dans le tableau ci-dessous et entourez le signe correspondant

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
■	a		d		a				de		a	ab	a	a	ab	a	a	a
□	bc			de	b	cd		a		e	b		b	bc	c	bc	b	
●		a		bc	cd	ab	a		bc	d		c	c	d	d	d		b
r	de	bc	abc	a	e		c	bc	a	abc	cd	de	d		e		cd	
p							bde	de			e							

2. Pour chaque signe

- Comptez le nombre de signes entourés et reportez ce chiffre dans le tableau ci-dessous
- Multipliez le nombre trouvé par le coefficient indiqué et faites le total.

	■	□	●	r	p
Résultats					
Coefficient	1	10	25	40	100
Totaux					

3. Faites la somme des totaux et reportez-vous dans le tableau ci-dessous pour estimer votre empreinte écologique.

	de 100 à 150	de 151 à 300	de 301 à 500	Plus de 501
Empreinte écologique	1,5 ha	3 ha	4,5 ha	6 ha
Nombre de planètes	●	●●	●●●	●●●●

N'oubliez pas que ce sont les gouttes d'eau qui forment les rivières. Nous devons tous agir dès maintenant.

Conçu par Bertrand THUILLIER pour



03 28 42 06 56

Déterminez votre empreinte écologique

Connaissez-vous votre impact sur l'environnement ?

Au quotidien, vous faites des petits gestes en faveur de notre planète (tri des déchets, économies d'eau,...). Vous estimez que la pollution provient essentiellement des entreprises. Nous vous proposons d'évaluer si réellement nos comportements ont si peu d'influence sur la nature.

L'empreinte écologique, c'est quoi ?

Chacune de nos activités (nourriture, déplacements, logement, loisirs,...) consomme des ressources et/ou produit des déchets. Ces ressources sont mesurables en équivalent de surface de terres productives.

L'empreinte écologique est ainsi une estimation de la surface nécessaire pour produire les ressources dont chacun de nous a besoin et pour absorber les déchets que nous produisons.

Chacun des habitants de la Terre dispose d'une surface limitée (1,5 ha ou l'équivalent de trois terrains de football) de terres productives pour l'ensemble de ses activités. Nous vous proposons de participer à ce test et d'apprécier votre impact sur l'environnement et le nombre de planètes nécessaires pour couvrir vos besoins.

Pour calculer votre empreinte écologique, il vous suffit de répondre au questionnaire ci-joint. Une seule réponse par question est admise. Reportez-vous ensuite à la grille de résultats pour évaluer votre impact sur notre planète.



www.recycleries-ressourceries.org



Estimation de l'empreinte écologique

Achats

15. Combien de sacs poubelle de 100 litres (ou équivalent) laissez-vous au bord du trottoir chaque semaine pour la décharge ?

- a) 0
- b) un sac à demi plein ou son équivalent
- c) un sac ou son équivalent
- d) deux sacs ou leur équivalent
- e) plus de deux sacs ou leur équivalent



16. Votre famille trie-t-elle les papiers, journaux, les emballages en carton, en métal, en plastique, les déchets de bois (planches, cageots) et autres matériaux recyclables ?

- a) toujours
- b) parfois
- c) rarement
- d) jamais

17. Quels gros achats votre famille a-t-elle effectués (appareils électroniques, chaîne hi-fi, téléviseur, magnétoscope, micro-ordinateur, voiture, meubles, appareils ménagers, réfrigérateur, cuisinière,...) pour votre foyer dans l'année ?

- a) 0
- b) de 1 à 3
- c) de 4 à 6
- d) plus de 6



18. Avez-vous fait l'achat de produits peu consommateurs d'énergie au cours de la dernière année ?

- a) oui
- b) non

Déterminez votre empreinte écologique

Pour connaître l'impact sur la planète de vos gestes quotidiens, répondez vite aux questions suivantes.

Une seule réponse par question est admise. Ensuite, reportez vous sur la grille de résultats qui se trouve à l'intérieur de ce questionnaire.

Logement

1. Dans quel type de logement vivez-vous ?

- a) appartement/copropriété
- b) maison individuelle



2. Comment votre logement est-il chauffé ?

- a) au gaz naturel
- b) à l'électricité
- c) au fuel
- d) à l'aide d'une énergie renouvelable (solaire, éolienne, ...)

3. Combien y a-t-il de robinets (cuisine, salles d'eau, buanderie, dehors,...) et de toilettes dans votre maison ?

- a) moins de 3
- b) de 3 à 5
- c) de 6 à 8
- d) de 8 à 10
- e) plus de 10



4. Combien de membres compte votre foyer ?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5 ou plus

Estimation de l'empreinte écologique

Nourriture

5. Combien de fois par semaine mangez-vous de la viande ou du poisson ?

- a) 0
- b) de 1 à 3 fois
- c) de 4 à 6 fois
- d) de 7 à 10 fois
- e) plus de 10 fois

6. Combien de repas cuisinez-vous par semaine (y compris ceux que vous emportez au travail) ?

- a) moins de 10
- b) entre 10 et 14
- c) entre 14 et 18
- d) plus de 18

7. Lorsque vous achetez des aliments, achetez-vous de préférence des produits locaux ?

- a) oui
- b) non
- c) parfois
- d) rarement
- e) ne sait pas



Transports

8. Si vous ou votre famille utilisez un véhicule, de quel type est-il ?

- a) une mobylette ou un scooter
- b) une petite voiture
- c) une voiture moyenne
- d) une voiture familiale
- e) une voiture de sport, un véhicule utilitaire, une fourgonnette ou une camionnette



9. Comment vous rendez-vous au travail ?

- a) en voiture
- b) en transport en commun (bus, métro, train)
- c) en co-voiturage (avec d'autres collègues dans le même véhicule)
- d) à pied
- e) en vélo, en roller ou à patinette

10. Combien de fois par semaine prenez-vous les transports publics au lieu de la voiture ?

- a) 0 fois
- b) entre 1 et 5 fois
- c) entre 6 et 10 fois
- d) entre 11 et 15 fois
- e) plus de 15 fois

11. Où avez-vous passé vos dernières vacances cette année ?

- a) pas pris de vacances
- b) dans votre région
- c) en dehors de votre région mais en France
- d) dans un pays frontalier
- e) Hors de l'Europe

12. Combien de fois par an partez-vous en voiture pour un week end ?

- a) 0 fois
- b) entre 1 et 3 fois
- c) entre 4 et 6 fois
- d) entre 7 et 9 fois
- e) plus de 9 fois

Déchets

13. Votre famille essaie-t-elle de réduire la quantité de déchets qu'elle produit (par exemple en achetant les aliments en vrac, en refusant la publicité non adressée et les dépliants publicitaires, en utilisant des récipients réutilisables et des produits d'entretien ménagers naturels) ?

- a) toujours
- b) parfois
- c) rarement
- d) jamais



14. Votre famille composte-t-elle les déchets verts (tonte, épluchures) ?

- a) toujours
- b) parfois
- c) rarement
- d) jamais

6 Quelques réflexions pour conclure

1. Lorsque l'on parcourt le temps de l'évolution de la Terre, on est saisi d'un vertige : il a fallu 4 Ma pour créer l'Homme dont l'espérance de vie est de l'ordre de 75 ans. Quelle est la finalité de cette création ? On est loin de la création décrite par la genèse.
2. L'évolution de la Terre s'est faite sans l'Homme, jusqu'à trouver un équilibre de conditions physiques et biochimiques permettant la vie. Des crises ont eu lieu, avec la disparition d'espèces qui ont laissé la place au développement d'autres. Malgré ces accidents, l'évolution s'est poursuivie d'une manière inexorable, construisant des ensembles de plus en plus complexes jusqu'à l'apparition de la conscience.
3. Déjà chez les premiers humains (genre Homo), apparaît une angoisse existentielle, la conscience de la mort. La société s'organisera autour de cette conscience, elle subsiste encore aujourd'hui. La réponse à cette fatalité existe dans nos religions méditerranéennes (A Dieu vat, si Dieu le veut, Inch'Allah)
4. Je voudrai en premier lieu rappeler l'origine du débat sur le développement durable (ou soutenable)
 - 1987 Rapport de la commission Brundtland (ONU) « Notre avenir à tous »

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs

C'était il y a 30 ans, depuis de grands rendez vous de la planète se sont déroulés régulièrement sur les grands thèmes de l'environnement

5. La dégradation de l'environnement est un fait acquis. L'Homme doit changer de comportement. Il dispose d'une maîtrise technique qui jusqu'à maintenant lui a permis d'utiliser les ressources naturelles de la Terre et de produire de la valeur ajoutée avec production de déchets. Mais nous dans une crise écologique qui ne fait que s'accroître. Où est le point de non retour. Les politiques, quels qu'ils soient, sont-ils capables de prendre les décisions nécessaires pour inverser cette croissance. Paul Hawking, dans l'élaboration de ses propositions « DrawDown » pense que oui et de nombreux scientifiques avec lui.
6. La solution appartient peut être à la multitude que nous sommes pour :
 - Prendre conscience que nous sommes une composante du système terre (voir ci-avant sa définition) et non au sommet du système,
 - Mettre la technique au service de la protection de l'environnement
 - Changer nos comportements en agissant sur les modes de consommation
 - Etc...