Sommaire

Préambule p. 5
Introduction p. 6

1. La fonction exponentielle p. 9
1.1. Approche scientifique
1.2. Variations et limites de la fonction exponentielle
1.3. Décryptage
1.4. La fonction exponentielle sous un autre oeil
1.5. Constat et ressemblances avec le monde réel

2. Les variables choisies p. 20
2.1 L'énergie
2.1.1 Définition
2.1.2 Consommation de l'énergie
2.1.3 Décomposition des énergies non renouvelables
2.1.4 Réserves probables – quantité restantes
2.1.5 Alternatives aux énergies non renouvelables
2.2 L'environnement p. 41
2.2.1 Définition de l'environnement
2.2.2 Définition de l'effet de serre
2.2.3 Origines et conséquences de l'effet de serre
2.2.4 Couple Consommation-Emission en CO2
2.2.5 L'équation de Kaya
2.2.6 Etat de la situation actuelle

3. Hypothèses de scénarios p. 64
Scénario 1 : ER min ; ENR max
Scénario 2 : ER max ; ENR min
Scénario 3 : ER min ; ENR max
Scénario 4 : ER max ; ENR max
Les deux scénarios majeurs : positif et négatif

4. Recommandations p. 83
Reconnaître l'état de la situation
Trouver un traitement de substitution
Le sevrage : les actions à mener
Les solutions
La mise en place
Quels acteurs pour quelles actions ?

Conclusion p. 96
Index des termes p. 97
Bibliographie p. 98
Sommaire des tables et illustrations p. 99
Annexes p. 101

Entre le premier jet et la finalisation de ce mémoire
39 037 117 personnes sont nées dans le monde
17 056 566 personnes sont décédées

La Terre vit apparaître 21 980 567 habitants de plus
pendant que j'écrivais 70 pages,

Comme si la population des Pays-Bas
s'était multipliée par deux
en seulement 3 mois et demi.

Il est bien des phénomènes
que nous ne pouvons voir mais
qui nous dépassent largement
et déterminent l'avenir
de nos vies

C'est de ces forces invisibles
qu'il est question ici

Quelque fusse l'ensemble
Des scénarios que nous pourrons anticiper,

La meilleure façon de prédire l'avenir,
C'est de le créer.

Executive summary

Notre monde change plus vite que nous ne voulons le voir.
Notre modèle de société a changé tellement vite dans les cinquantes dernières années que nous peinons aujourd'hui à définir la forme du suivant.
Alors que la crise financière entraîne le monde dans une récession mondiale, les dégâts sur le climat et l'environnement continuent de s'aggraver. La crise écologique tient peut-être sa chance dans la synchronisation à la crise énergétique et à la crise économique qui vient de conquérir le monde.
Autant d'opportunités de régler tous nos problèmes simultanément et espérer construire un projet de société aux bases saines et de développer un prisme global pour les problèmes mondiaux. Les défis qui nous attendent au cours du 21ème siècle sont au-delà de ce que l'humanité n'a jamais affronté, et les compteurs sont déjà rouges. A quoi ressembleront les vingt prochaines années ?

Ce mémoire est un outil pour penser le futur. En cherchant les évolutions des variables énergétiques et environnementales, on essaye de prédire le futur et on réfléchit à la probabilité qu'offre chaque possibilité. Afin de comprendre où nous allons il est essentiel de savoir d'où nous venons et d'étudier l'histoire de notre planète pour mieux comprendre ce qui peut nous arriver dans le futur. La croissance exponentielle sera notre outil pour mesurer les différentes variables et leur évolution. Puis une fois acceptée les limites de notre univers et principalement ses ressources fossiles nous pourrons étudier les scénarios de retombée des consommations énergétiques. L'un s'élèvera très positif et augurera un futur radieux pendant que le second signifiera de grands malheurs. En se plaçant et en observant les risques qui se lient à chaque voie, on décide des leviers pour agir sur les variables clés et ainsi modifier notre trajectoire vers le scénario positif.

Executive summary

Our world is changing faster than we think.
Our society model has changed so quickly in the last fifty 50 years that we cannot even think of the next one. While the financial crisis leads the world in a global recession, the climate damages are getting worse. The ecological crisis linked with the energy crisis as well as the economic crisis could have a chance to be taken all in account at the same time.
This is a good opportunity to solve our problems simultaneously and the moment to rebuild a well-grounded society and develop a global view to world common problems has come. The challenges of the 21st century are harder then anything humanity has ever faced and the situation is already alarming. What will the next twenty years be like?
This Master Thesis is a tool to think the future. By seeking changes in energy and environmental variables, we try to predict the future and we list the probabilities to each situation. To understand what the future will be like, it is essential to know where we come from and to study the history of our planet. The exponential growth will be our tool to measure the different variables and their evolution. Once accepted the limits of both fossil energies and our universe we can study the depletion scenarios of energy consumption. The positive scenario will show a bright future while the other will mean greats threats. While observing the variable risks, we decide which action will be the most efficient to change our present into the positive scenario.

Remerciements

Je remercie tout d'abord Monsieur Fronteau, mon conseiller recherche.

Je remercie Monsieur Broda pour m'avoir écouté et conseillé.

Je remercie Monsieur Rappin, responsable des mémoires.

Je remercie mes amis et ma famille pour leurs conseils et leurs retours.

Je remercie tous ceux qui ont participé aux questionnaires.

Je remercie tous ceux qui via Internet ou au cours du stage m'ont conseillé, écouté et aiguillé.

Préambule

L'énergie est une variable clé dans notre société et c'est notre drogue quotidienne, celle qui fait tourner la terre, celle qui réchauffe nos habitats et nos plats, celle qui transforme tout notre environnement. Elle a changé notre société et nous apporte jour après jour un confort jusqu'ici inégalé. C'est également elle qui permet de fournir et transformer grande partie des objets qui nous entourent dans notre environnement actuel. Etudier notre rapport à l'énergie et voir comment s'en défaire, à court et moyen terme est primordial dans les scénarios actuels où l'on envisage les limites des stocks disponibles.

L'environnement est au sens large l'ensemble nature, terre, ressources primaires. Dans un sens plus pragmatique, c'est la quantité de dioxyde de carbone stockée dans l'atmosphère, mais c'est aussi, en conséquence, la température qu'il fait, et la météo de demain. Un système est définit par des acteurs et un environnement dans lequel les acteurs évoluent. Notre société changeant, nous sommes à un point où nous agissons tellement sur le système que nous le faisons changer lui aussi. En étudiant les changements de ce système, l'évolution de la variable environnementale, nous serons à même de comprendre ce qu'il faut faire pour inverser cette tendance récente.

L'énergie et l'environnement ont toujours existé, mais quelque chose a changé récemment dans la façon de percevoir les choses, ce qui a changé l'état de la situation. Etudier l'une ou l'autre des variables a du sens pour des spécialistes de l'un ou l'autre des domaines, mais pour les enjeux de demain, leur interdépendance est tellement forte que pour un non spécialiste comme moi, il est plus censé d'étudier l'une avec l'autre afin de trouver une alternative au pétrole qui remplissent les conditions posées par l'environnement. C'est pour cette raison que j'ai choisi d'étudier les deux variables conjointement.

C'est en se projetant dans l'avenir à l'aide de scénarios positif et négatif que nous pouvons définir aujourd'hui une ligne de comportement à suivre, ainsi que des décisions mondiales pour favoriser une trajectoire en direction du scénario que nous choisissons.

En établissant deux scénarios pour chaque variable, on voit à la fois le pire et le meilleur. La réalité se trouvera probablement entre ces deux scénarios. A nous de faire le choix pour orienter en fonction de notre conviction personnelle et de ce que nous jugeons le meilleur pour notre génération et celles à venir.

C'est en se positionnant vers un scénario ou l'autre que l'on peut convaincre, à l'aide d'arguments étayés et réfléchis, de l'urgence de la situation, ou au contraire, se rassurer sur la fin de l'histoire. Alors que les deux premières parties reflètent des faits, historiques et scientifiques, la troisième partie traite du futur et nul ne peut connaît le futur. C'est à ce moment là que débute la prospective et là où les incertitudes apparaissent.

Introduction

Etudier les scénarios d'avenir des variables énergétiques et environnementales permet de se projeter dans l'avenir et de décider dès maintenant la voie à suivre pour que demain soit au moins comme aujourd'hui. Nous sommes aujourd'hui face à un problème planétaire jamais rencontré dans l'histoire de l'humanité dont nous sommes en partie responsable. La population, la consommation énergétique, l'économie ne cessent de croître chaque jour. Cela fut toujours le cas dans l'histoire de l'humanité, mais les proportions atteintes ces 20 dernières années sont uniques à notre échelle. Plus le temps passe et plus ces croissances s'accélèrent.

Comment peut-on réguler des croissances exponentielles dans un monde fini et limité ?

Afin de comprendre l'origine et le rythme de ces croissances il est primordial de se référer à l'histoire pour voir l'évolution à travers le temps depuis le commencement de l'humanité. En observant les deux derniers siècles et notamment la découverte des énergies fossiles, on découvrira comment les processus déjà présents se sont accélérés sous l'influence de la main de l'homme. Nous avons accéléré et agit sur la croissance et la consommation énergétique de la planète mais également sur ses conséquences sur le climat Terrien. L'homme agit aujourd'hui sur la nature et la modifie à son goût, sans se rendre responsable des conséquences pour lui ou pour les générations à venir. Notre société doit comprendre au plus vite l'ampleur des enjeux de ces changements, s'adapter afin d'anticiper ce virage.

Le nombre d'espèces en voie d'extinction, la consommation d'eau, la superficie habitée, la population, la température moyenne dans l'hémisphère nord sont toutes des croissances exponentielles qui prennent leur virage et passent à la vitesse supérieure. La plus grosse difficulté de l'homme est son incapacité à comprendre la fonction exponentielle et les enjeux qu'elle sous-tend. Si on réduit l'échelle de temps et qu'on observe les croissances parallèles et liées de toutes ces variables, il devient possible de réaliser à quel point notre stratégie actuelle est inappropriée. Nous serions désormais comme les habitants d'un bateau tous embarqués pour la même destination et où le comportement des uns ou des autres agit sur la trajectoire de l'ensemble. C'est à partir de ces réflexions que le slogan « think global, act local » a été créé : les problèmes, les enjeux sont mondiaux, mais les réponses à apporter sont à développer différemment selon chaque région et ses caractéristiques historiques, économiques, géographiques et géopolitiques. Il y a donc une vérité terrestre qui est celle du choc de la réalité que notre société commence à apercevoir, et il y a des vérités comme apport de réponse à la problématique.

Le but de ce mémoire n'est pas d'être moralisateur, il est plutôt d'alerter, encore une fois, de la réalité des chiffres et de la situation critique et du piège que présente la fonction exponentielle. Ici il n'est pas question d'étudier le cycle du soleil, l'énergie astrale, ou l'énergie de la galaxie. Ce mémoire n'étant pas spécialisé en science de l'espace, nous considèrerons ces données comme stable

et constantes par rapport aux siècles passés.

On dit souvent de ne pas confondre l'urgent et l'important, dans notre cas, les deux se rejoignent pour un défi collectif inédit destiné à une civilisation qui a réussi technologiquement et scientifiquement à déjouer bien des challenges et dépasser bien des limites.
D'une façon ou d'une autre, le système terrestre devrait s'autoréguler, la question est de savoir de quelle façon. Serons-nous les maîtres de notre destin ? Pouvons nous anticiper et guider le changement nécessaire, ou le subirons-nous malgré nous ? Quelle forme prendra la rupture entre le monde surpeuplé et énergétique que nous connaissons aujourd'hui et le monde de demain ?

Le dernier piège que nous réserve l'avenir, est l'interdépendance entre toutes ces variables. La population, l'économie, l'énergie, l'environnement, la consommation d'eau, les extinctions d'espèces sont bien évidemment liées, plus ou moins fortement selon les pays, selon les régions et les habitants, mais, et c'est ce qui rend le problème complexe et passionnant à la fois, tout est interdépendant. Ainsi il ne suffit pas de résoudre un problème en oubliant les autres, car un scénario positif pour l'énergie aura des conséquences catastrophiques pour l'environnement et ainsi de suite.

Afin de comprendre la situation actuelle et avant de se tourner vers le futur, nous allons d'abord étudier et décrypter les mécanismes de la fonction exponentielle. Une fois ses enjeux et ses spécificités bien en tête, nous étudierons les variables énergétiques et puis environnementales. Pour envisager leur futur, il faut évidemment commencer par retracer leur histoire et leur évolution dans le temps. C'est en sachant comment elles évoluent à travers le temps que nous pourrons tracer leur courbe d'évolution et décider aujourd'hui comment agir pour influencer et choisir entre les scénarios proposés.

Ainsi la problématique s'intitule

« Quels sont les scénarios d'évolution des variables énergétiques et environnementales d'ici 2030 ? »

Les variables énergétiques sont décomposées principalement par la variable pétrole, mais également pas les autres énergies non renouvelables, quant à la variable environnementale, elle sera le plus souvent représentée par la variable CO2, mais également complétée par l'eau, les forêts et les espèces.
Avec ce thème, je cherche à prouver que la situation est bien plus grave que nous ne le reconnaissons et que l'avenir propose une équation à laquelle la réponse la plus simple serait malheureusement de diminuer drastiquement la population.

C'est à la fois l'envie de faire prendre conscience de l'urgence de la situation, et la conviction que nous pouvons faire face à cette problématique et la prendre en main, avant qu'elle ne nous prenne elle-même en main, qui me poussent à faire ce mémoire sur ce sujet.

Dans un monde où une partie de la population est condamnée à court terme, et dont on n'a pas idée à l'heure actuelle des conséquences moyen long terme, il me semble être la priorité numéro un de tous les Etats de s'occuper au plus vite de ce changement qui est si dur et prend tellement de temps : trouver une alternative propre et durable à notre consommation énergétique intense et sa conséquence dangereuse sur l'environnement.

Un système s'autorégulant généralement tout seul, je pense que nous devons prendre les commandes et orienter l'après pétrole, le monde du renouvelable, avant que des facteurs externes ne nous l'imposent par quelque moyen que ce soit.

C'est une menace forte, urgente et à échelle planétaire, c'est pourquoi j'ai voulu consacrer mon temps à rechercher et à apporter des éléments de réponse les plus détaillés, les plus renseignés et les plus complets possible.

La solution n'est pas unique, mais le projet est à la fois complexe, difficile et le temps est la variable clé qui va permettre, comme lors d'une crise économique, de gérer un atterrissage en douceur, ou au contraire d'arriver à la rupture complète, violente et sanglante.

1. La fonction exponentielle

D'abord nous définirons la fonction exponentielle telle qu'elle est utilisée en mathématique, puis nous étudierons ses variations et limites. Dans un troisième point nous la sortirons de son contexte pour pouvoir la reconnaître plus facilement, nous en découvrirons quelques traits caractéristiques, enfin nous l'utiliserons pour faire une comparaison avec des variables qui nous sont plus familières avant d'observer les croissances exponentielles qui fleurissent dans notre monde.

1.1. Approche scientifique

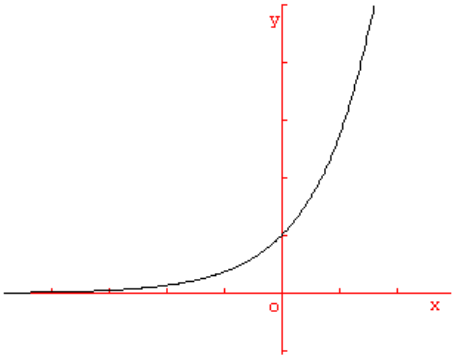


Figure 1 : La fonction exponentielle

Définition selon Wikipédia[1] :
En mathématique, en économie et en biologie, on parle d'un phénomène à croissance exponentielle (ou géométrique) lorsque la croissance en valeur absolue de la population est proportionnelle à la population existante, c'est-à-dire lorsque le taux de croissance est constant.
On exprime alors souvent la croissance sous forme d'un pourcentage : une croissance de 10 % par an signifie que la population est multipliée par 1,1 chaque année. Ainsi, pour une population initiale de 1 000 individus :

- au bout d'un an, elle passe à 1 100 individus ($1000 \times 1,1$)
- au bout de deux ans, elle passe à 1 210 individus ($1100 \times 1,1$ ou $1000 \times 1,1 \times 1,1$ ou $1000 \times 1,1^2$)
- ...
- au bout de 7 ans, elle a quasiment doublé ($1000 \times 1,1^7 = 1948,7...$)
- ...
- au bout de 100 ans, elle a été multipliée par 13 780 ;
- la formule générale est $Pop_n = Pop_0 \times croissance^n$ pour estimer la population après *n* année ayant une population de départ Pop_0. et où *croissance* est le facteur multiplicatif permettant de passer d'une population à la population l'année suivante.

[1] Croissance Exponentielle – Wikipédia.org - http://fr.wikipedia.org/wiki/Croissance_exponentielle

1.2. Variations et limites de la fonction exponentielle

x	$-\infty$	0	$+\infty$
$\exp'(x) = e^x$			
$\exp(x) = e^x$	0	1	$+\infty$

Figure 2 - Variations et limites de la fonction exponentielle

La fonction exponentielle varie entre 0 et +∞ sur l'axe des ordonnées.

$$\lim_{x \to -\infty} \exp(x) = 0 \qquad \lim_{x \to +\infty} \exp(x) = +\infty$$

Figure 3 - Limites de la fonction exponentielle

La fonction exponentielle tend vers zéro quand x tend vers -∞. A l'inverse, quand x tend vers +∞, elle tend également vers +∞

1.3. Décryptage

En dehors donc des termes mathématiques, qu'est ce qu'une croissance exponentielle ?
D'abord il faut dire que la croissance exponentielle ressemble visuellement sur une échelle de temps assez longue à une crosse de hockey, cela nous permettra de la reconnaître facilement par la suite.
Ensuite, pour pouvoir comprendre la fonction exponentielle facilement il est primordial d'expliquer son sens de la façon la plus simple possible :

Une croissance exponentielle est l'évolution croissante d'une quantité par rapport à un temps. On parle donc d'un pourcentage de croissance par unité de temps.
Exemple : Une augmentation de 3%/ an

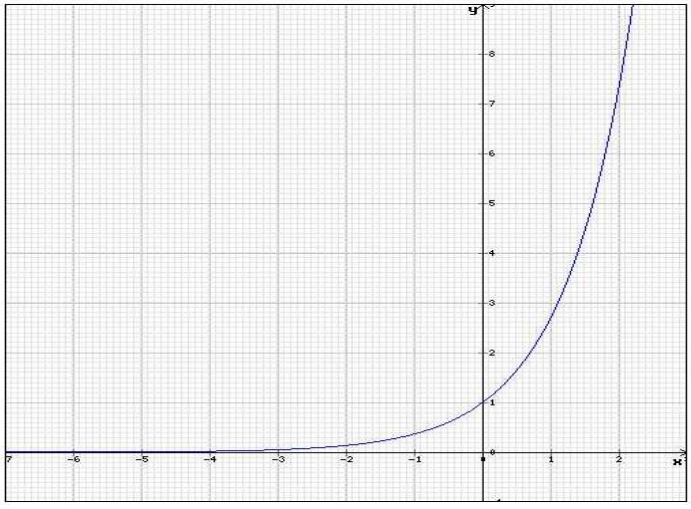


Figure 4 – Fonction exponentielle – Cross de hockey

Visuellement la croissance exponentielle se décompose en une longue queue qui pourrait ressembler à la piste de décollage d'un avion. Une très longue ligne droite

qui n'augmente que très légèrement. Par contre, une fois le décollage amorcé, on perd la comparaison avec l'avion pour se rapprocher du modèle d'une fusée qui atteint presque une trajectoire verticale. Si l'on cherche à représenter sur un tableau la fonction exponentielle, en la prolongeant un peu sur l'axe des abscisses, celle-ci ne sortira pas du tableau par son bord droit, mais par le bord supérieur.

On observe donc trois phases bien distinctes :

1) la prise de vitesse
2) le décollage
3) la trajectoire ciel à la verticale.

Ces 3 phases sont capitales pour comprendre l'enjeu de la croissance exponentielle.
En effet, une fois passé le virage du décollage, même si le pourcentage reste constant, les quantités augmentent plus vite.

En prenant une croissance de moins d'1% par an par exemple la population mondiale, il est nécessaire de prendre du recul pour pouvoir voir apparaître cette figure exponentielle, et il faut représenter des milliers d'années sur l'axe des abscisses pour que les fluctuations dues aux guerres et aux famines paraissent négligeables.

Ce qui est surprenant avec la croissance exponentielle, c'est que la quantité ajoutée à chaque séquence de temps n'est pas constante, elle augmente de plus en plus vite.

Comme lors de la chute d'un objet, l'accélération a beau être constante mais la vitesse augmente de plus en plus vite. Ainsi même en lâchant une simple pièce d'un centime d'euro du haut de la tour Eiffel, sa masse reste constante mais son impact au contact avec le sol sera différente de si elle avait été lâchée d'une hauteur d'un mètre.

Il y a deux façon de voir cette augmentation : calculer la quantité croissante qui est ajoutée à chaque unité de temps ou le temps entre deux ajouts de quantité égale.

Dans tous les cas, c'est le phénomène d'accélération qui nous intéresse.

Exemple :
Avec une population de 1 million d'habitants et un taux de croissance de 1%
Il faut 694 ans pour que la population atteigne 1 milliard d'habitants.
Il faut ensuite 100 ans pour atteindre le 2ème milliard d'hommes.
Ensuite 41 ans seront suffisants pour le 3ème milliard d'hommes.
Puis 29 ans pour le 4ème milliard d'homme
22 ans pour le 5ème milliard d'homme
18 ans pour atteindre le 6ème milliard d'homme

Chaque durée de temps entre les paliers de milliard d'habitants se réduit, on observe bien un phénomène d'accélération.

Voici l'évolution démographique terrestre depuis le début de l'humanité :

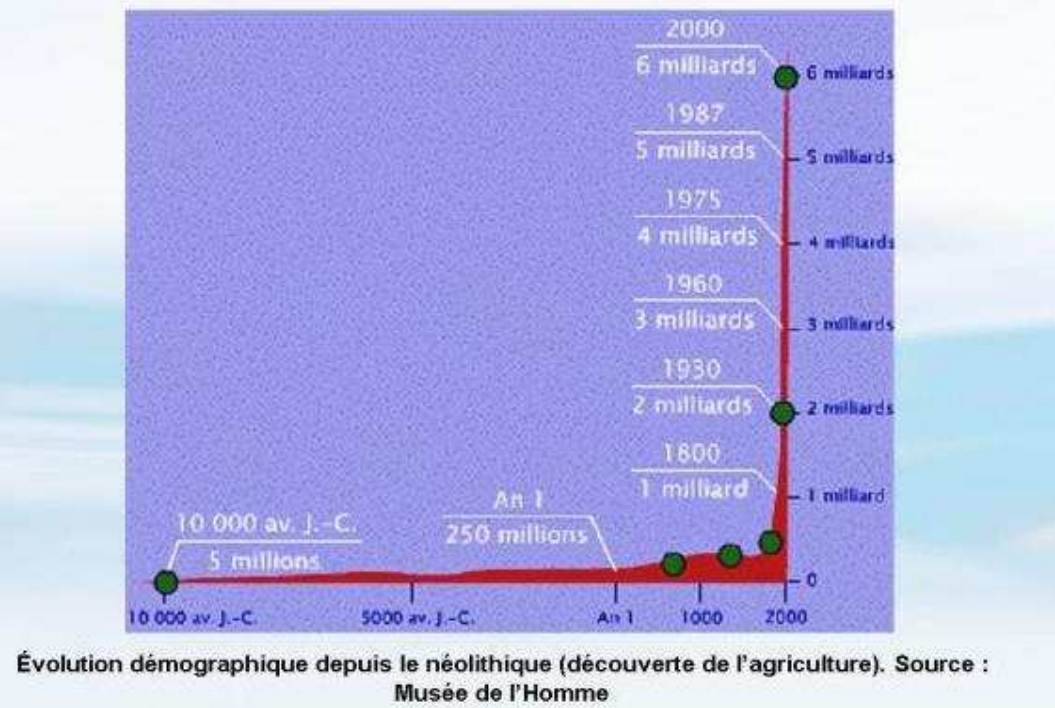


Figure 5 – Evolution démographique - Forme de Cross de Hockey

On observe parfaitement ici sur l'échelle de milliers d'année l'accélération dont nous venons de parler. Il faut 11 800 ans pour atteindre le premier milliard, mais le deuxième milliard arrive en 130 ans seulement, le troisième en 30 ans, le 4ème en 35 ans, le 5ème en 12 ans, le 6ème en 13 ans. Même avec une croissance planétaire de 1,3% les quantités obtenues sont tellement grandes que chaque période de 15 ans représente désormais la période de 11 800 ans initiale pour obtenir notre premier milliard d'être humains.

Population Mondiale

6 742 068 283	Population mondiale actuelle
7 799 318	Naissances cette année
170 872	Naissances du jour
3 407 764	Décès cette année
74 659	Décès du jour
96 213	Croissance démographique du jour (naissances moins décès)

Figure 6 - Données démographiques au 12 janvier 2009 par rapport à l'année 2009

Si on prend la consommation énergétique, avec un taux de croissance de 3%, on réalise qu'en 150 ans nous sommes déjà dans notre virage, notre phase de décollage, point très important pour ce qui nous intéresse pour la suite. Il en est de même pour la création monétaire américaine sur une échelle de temps plus réduite allant de 1960 à nos jours.

Toutes ces variables sont liées à la croissance démographique et au nombre d'habitant sur la planète. Prise séparément chacune de ces croissances mérite une réflexion poussée pour étudier et trouver une ou des solutions adaptées, mais c'est en réalisant leur interdépendance que nous prenons compte de la dimension du problème.

1.4. La puissance de la fonction exponentielle

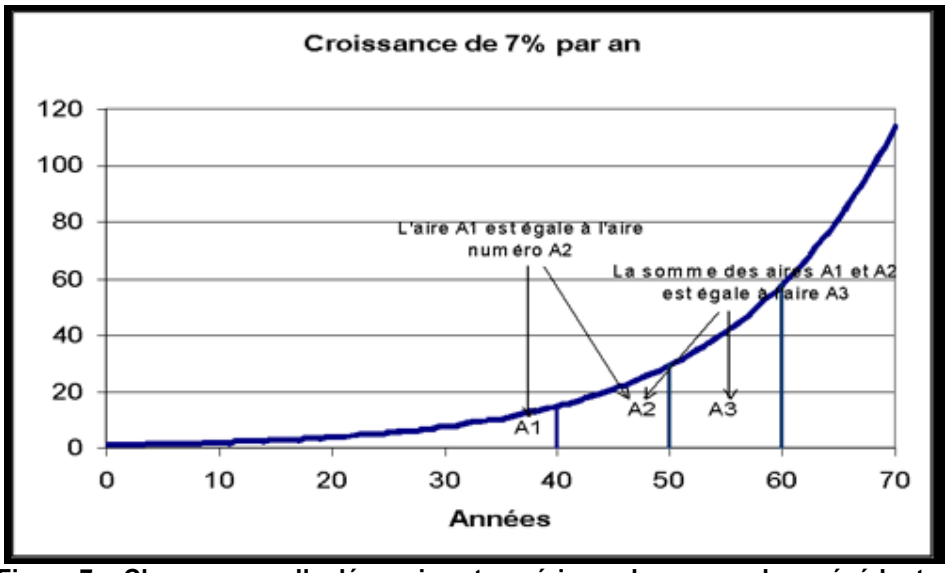


Figure 7 - Chaque nouvelle décennie est supérieure la somme des précédentes

La quantité dans chaque période de temps est supérieure à l'ensemble des valeurs précédentes.
Ainsi n'importe quoi de complètement acceptable comme 7% de croissance par an pourrait mener des conséquences aussi incroyables, qu'en juste 10 ans nous utiliserions plus que tout ce qui a été utilisé dans tout l'accroissement précédent.

Le président Carter affirma en 1970 : « Dans chacune de ces décennies plus de pétrole a été consommé que dans toute l'histoire précédente de l'humanité ». Cette affirmation paraît stupéfiante, mais elle reflète bien ce que veut dire une croissance exponentielle.

De même, on voit souvent en première page des journaux : le crime a doublé en 10 ans. Cette façon de présenter les chiffres a pour but de nous évoquer quelque chose. De cette façon, il est facile d'imaginer une quantité qui double. En réalité ce n'est qu'une croissance de 7% par an.

Pour calculer le temps de doublement, il suffit de prendre 70 et de le diviser par le % d'augmentation par an. On trouve ainsi le nombre d'année nécessaire pour multiplier par deux la quantité.

Ainsi une croissance de 7% par an double tous les 10 ans, 10% double en 7 ans, 5% double en 14 ans, 3% double en 23 ans et finalement, une croissance d'1% doublera tous les 70 ans.

En prenant des croissances constantes sur 70 ans, durée de vie d'un être humain, voici le facteur par lequel nous allons multiplier notre quantité initiale.

Taux de croissance	Facteur
1% par an	2 = 2
2%	2 x 2 = 4
3%	2 x 2 x 2 = 8
4%	2 x 2 x 2 x 2 = 16
5%	2 x 2 x 2 x 2 x 2 = 32
6%	2 x 2 x 2 x 2 x 2 x 2 = 64
7%	2 x 2 x 2 x 2 x 2 x 2 x 2 = 128

Cela signifie qu'avec une croissance constante de 5% par an pendant 70 ans, on multiplie la quantité par 32. Si on prend une ville qui a un accroissement de population de 5%, et qui en 1930 avait une centrale électrique, il en faudra 32 pour pouvoir alimenter en énergie la nouvelle population.

Supposons maintenant une goutte d'eau qui double de taille chaque minute. La goutte d'eau se divise donc de une en deux, puis les deux deviennent quatre etc… Plaçons cette goutte d'eau au milieu du Stade de France à midi. En admettant que le stade soit hermétique et que nous soyons tout en haut des tribunes, combien de temps avons-nous avant que le stade soit complètement rempli ?
De façon habituelle, nous aurions tendance à penser que vu la taille du Stade de France, il faudra bien du temps avant que celui-ci soit rempli par notre goutte d'eau magique.

En réalité à 13 : 00, le stade sera rempli.
A quel moment le stade sera encore vide à 97% ?
A 12 : 55

C'est ici notre fameux virage de la cross de hockey où tout s'accélère et où les choses prennent un autre aspect.

Dans le cas maintenant où après de nombreuses recherches pour retarder le remplissage du stade de France, on cherche à trouver d'autres stades pour s'étendre à tout pris, en admettons que nous arrivions à trouver 3 nouveaux stades de France similaire en taille au premier, combien de temps ces nouveaux espaces pourront-ils contenir l'expansion de notre goutte d'eau magique ?

La réponse est 2 minutes. A 13 : 00 le stade est rempli, à 13 : 01 le stade un et le stade deux sont remplis, et à 13 : 02 les quatre stades sont remplis.

Le fait d'avoir multiplié par quatre le volume de développement n'a permis à notre goutte d'eau que de tenir 2 minutes supplémentaires. Nous sommes ici bien dans le virage, la phase de décollage de notre fonction, au moment où l'arrêter devient très difficile.

A quel moment, si nous étions une de ces gouttes d'eau dans le stade de France nous rendrions nous compte que la place restant dans le stade sera insuffisante ? En examinant juste la dernière minute, à midi le stade est plein, une minute avant, moitié plein, deux minutes avant au quart, avant 1/8ème, avant 1/16ème. Donc 5 minutes avant midi, alors que le stade est plein à 3% et qu'il reste 97% d'espace

libre, combien d'entre nous seraient capable de réaliser qu'un énorme problème arrive et que nous allons être pris de cours ?

En faisant le parallèle maintenant avec une ville comme celle de Boulder dans le Colorado,

Selon Albert Bartlett, la plus grande déficience de la race humaine est notre incapacité à comprendre la fonction exponentielle.

1.4.1.1. Selon Kenneth Boulding[2], "Toute personne croyant qu'une croissance exponentielle peut continuer à jamais (infini) dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste".

[2] Kenneth Ewart Boulding (18 janvier 1910 - 18 mars 1993), est un économiste, enseignant, pacifiste, poète, théoricien des systèmes, et philosophe interdisciplinaire.

1.5. Constat et ressemblances avec le monde réel

Après avoir vu le modèle mathématique, il est temps de voir quelles sont les variables économiques, humaines, industrielles, biologiques que nous trouvons dans notre environnement au jour le jour.

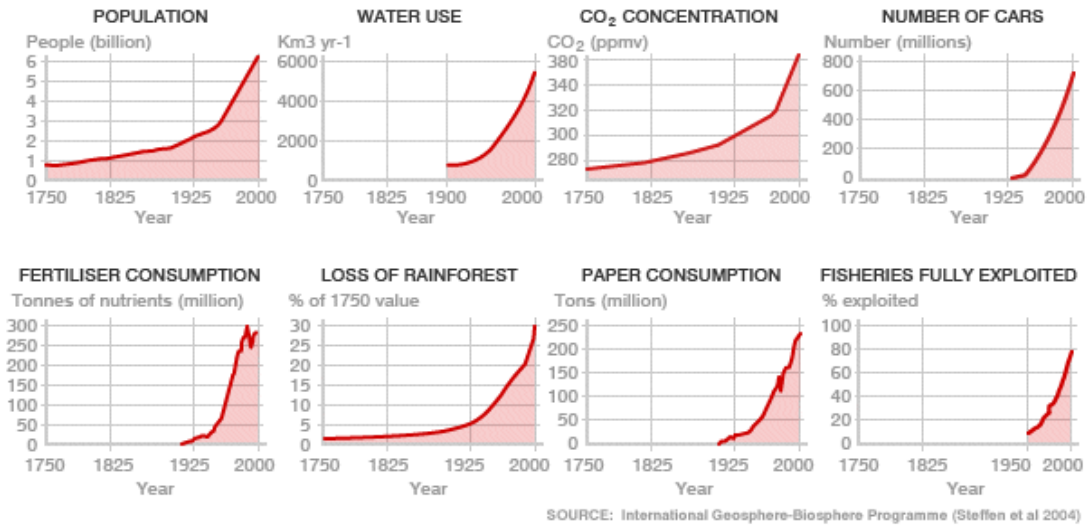


Figure 8 - 8 Croissances Exponentielles prises séparément

Observation : Population, utilisation de l'eau, concentration de CO2, nombre de voitures, la consommation de fertilisant, la perte de forêt, la consommation de papier et le nombre d'exploitations poissonnières complètement obsolètes.

Toutes ces variables expliquent et démontrent quelque chose : une soif infinie irréductible de consommer et détruire notre environnement. Pour chacune des variables on trouve bien une similitude avec la croissance exponentielle, et dans bien des cas, la phase en cross de hockey arrive et l'accélération se fait sentir.

Encore une fois c'est la population croissante et la consommation par personne qui en augmentant provoque une augmentation plus rapide et plus forte de l'ensemble.

Voici maintenant la situation dans laquelle nous nous trouvons si nous regroupons toutes ces croissances exponentielles sur un même graphique. En présentant les choses de cette manière, il est plus facile de comprendre que les 20 années à venir seront très différentes des 20 dernières années.

Le graphique commence en 1750 avec la température moyenne de l'hémisphère nord en orange, la courbe de la population en rouge, la consommation de CO2 en bleu, Le GDP en bordeaux et la destruction de forêt en vert. On constate une fois encore que jusqu'à 1900, soit 150 ans, les variables continuent de grandir, mais raisonnablement, alors qu'elles sortent complètement de leurs rails dans le début du 20ème siècle. Elles sont alors rejoints par d'autres variables qui s'entraînent les unes les autres et s'entremêlent pour s'aider à aller plus vite, plus haut, sans limites.

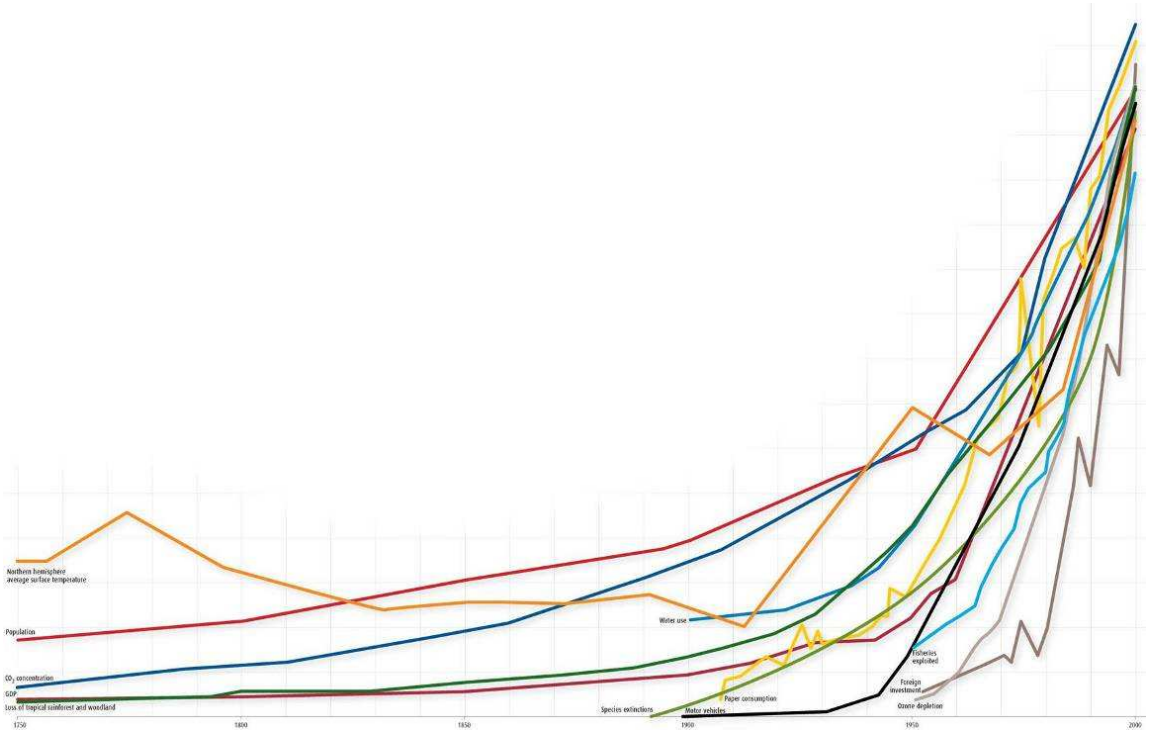


Figure 9 – La situation actuelle

Conclusion de l'étude de la fonction exponentielle

Aujourd'hui comme toujours, nos croissances suivent leur route en grandissant chaque jour. Malgré des minis ruptures, des ralentissements, l'image globale reste inexorablement une simple fonction exponentielle.

En comprenant la fonction exponentielle et son fonctionnement nous acceptons de penser aux problèmes qu'elle engendre : nous ne pouvons plus ignorer les limites et les murs qui nous attendent. Percevoir de façon illimitée un environnement et des ressources réelles et limitées en matière et en taille, en volume et en poids, n'est plus un raisonnement que nous pouvons tenir.

Devant nous s'élève un mur énergétique, qui représente le moment où la production ne peut plus augmenter, et doit à présent suivre la courbe de déplétion des énergies fossiles. Un mur environnemental s'élève aussi devant nous, où la destruction de l'environnement, de l'eau, des forêts, des lacs, la fonte des glaciers vont atteindre des points de non retour dangereux, pour des écosystèmes qui ont mis des millénaires à se constituer dans des états d'équilibres. Enfin le dernier mur est un mur carbonique, si nous continuons notre consommation d'énergie telle quelle, nous allons faire fondre les glaciers, inonder les populations et irradier toute vie.

Ces trois murs, sont les limites de la croissance exponentielle appliquée à ces trois variables. Comprendre et accepter les modèles de croissance exponentielle tels que nous les avons créés, c'est accepter et voir ces trois murs que la nature humaine va devoir dépasser. Il n'est plus question aujourd'hui de fermer les yeux, de se mentir ou d'omettre ces limites. Elles sont réelles et menaçantes, elles sont devant nous, inévitables et préoccupantes. Comme une maladie qu'on annoncerait à un patient, même si cela peut permettre de mieux dormir, on aimerait se mentir et penser que ce n'est qu'un rêve, cependant il faut faire face. Reculer pour mieux sauter ne servira à rien. Le plus tôt le patient accepte sa maladie, le plus tôt il se donne les chances de la soigner et de l'affronter avec le plus de cordes à son arc possible. L'autre raison pour accepter cette montagne, c'est que nous n'avons pas d'autres choix, c'est comme ça et pas autrement, cela nous situe donc en victime, mais nous sommes capables de tout, avec ou sans la technologies, et il est de noter devoir de prouver que nous dépasserons la nature et ces murs car il est trop tard pour être pessimiste.

Pour mieux comprendre comment ils se sont créés, de quoi ils sont constitués, et comment nous allons pouvoir les contourner, il faut comprendre et connaître leurs variables et leur composition. C'est ce que nous allons étudier dans la seconde partie en commençant par l'énergie.

2. Les variables choisies

2.1. L'énergie

D'abord nous définirons l'énergie telle que nous comptons l'étudier, ses différentes sources et son histoire. Dans un second point nous regarderons notre consommation et son évolution au fil du temps. Ensuite nous ferons un bilan des différentes sources d'énergies à notre disposition avec leurs caractéristiques avant de faire un bilan sur les ressources restantes. Dans une dernière partie nous chercherons les alternatives aux énergies non renouvelables.

2.1.1. Définition

Définition de l'énergie selon Wikipédia[3] :

L'énergie (du grec : ενεργεια, energeia, force en action) est la capacité d'un système à produire un travail entraînant un mouvement, de la lumière ou de la chaleur. C'est une grandeur physique qui caractérise l'état d'un système et qui est d'une manière globale conservée au cours des transformations. Dans le Système international d'unités, l'énergie s'exprime en joules.
L'énergie se manifeste sous diverses formes :

* l'énergie cinétique d'une masse en mouvement ;
* l'énergie potentielle des divers types de forces s'exerçant entre systèmes ;
* l'énergie électromagnétique par exemple la lumière.

On qualifie également l'énergie selon la source d'où elle est extraite ou le moyen par lequel elle est acheminée: l'énergie nucléaire, l'énergie de masse, l'énergie solaire, l'énergie électrique, l'énergie chimique, l'énergie thermique, l'énergie éolienne... L'énergie mécanique désigne la combinaison de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle mécanique.

De tous temps donc l'homme a évolué avec l'énergie, afin de se chauffer, de se nourrir, de se déplacer. Puis en améliorant sa maîtrise et en allant de découverte en découverte, il a su apprivoiser et domestiquer son environnement afin d'augmenter son confort.

D'abord nous obtenions l'énergie nécessaire grâce à la force humaine, puis la force animale, puis la mécanique. La poulie, et les forces naturelles, le moulin à vent, le barrage, et puis la découverte la machine à vapeur, autant de découvertes qui se succédèrent pour améliorer le taux de performance d'énergie fournie. Le moteur à explosion, puis l'industrialisation permettront de donner un deuxième coup virage à l'histoire de l'énergie. Le charbon marquera l'histoire des pays européens et toute une époque, ce sera le signe d'une société et de régions entières.

En 1859, soit il y a 150 ans exactement commence la ruée vers l'or noir aux Etats-Unis avec la découverte du pétrole. Les découvertes de cette énergie ont été

[3] Energie– Wikipédia.org - http://fr.wikipedia.org/wiki/Energie

nombreuses dans un grand nombre de pays à travers le monde et le pétrole s'est aujourd'hui imposé comme l'énergie clé de notre société. Même si ce n'est pas la seule, elle joue un rôle prépondérant dans notre quotidien.

Ce qui a changé entre l'époque et aujourd'hui, ce sont les ordres de grandeur. C'est la dose qui fait le poison. Nous avons effectué un changement d'ordre de grandeur au moment de la révolution industrielle. C'est à partir de ce moment là que la pression de l'homme sur son environnement change également.

L'énergie, c'est aussi ce qui est à l'origine de tout. On ne peut rien faire sans elle, on ne peut la créer, tout comme la matière. On peut juste la transformer, la modifier, la déplacer, la déformer, mais nous ne savons la créer, ni la détruire.

L'énergie que nous stockons en attendant d'être utilisée est l'énergie potentielle, avant d'être transformée en une autre forme d'énergie, thermique ou cinétique.

La plus grosse source d'énergie à notre disposition est notre grande étoile : le soleil. Une partie de son énergie nous arrive sous forme de lumière et de chaleur.

C'est grâce au soleil que les êtres vivants peuvent vivre.
Sans lui on n'aurait pas d'oxygène et l'eau ne se renouvellerait pas. L'oxygène nous permet de respirer, l'eau nous permet de nous hydrater mais ausssi de faire pousser les plantes dont nous nous nourrissons.

L'oxygène se renouvelle grâce aux plantes qui absorbent le gaz carbonique que nous rejetons en respirant.

Les principales sources d'énergies sont divisées en deux types :

- Les énergies non renouvelables (ENR)
- Les énergies renouvelables

Les énergies non renouvelables sont les énergies qui disparaissent quand on les utilise. Elles sont constituées de substances qui mettent des millions d'années à se reconstituer.

Les énergies renouvelables sont celles qui sont presque inépuisables. Certaines peuvent également disparaître si on ne les protège pas.
D'une autre façon, qui nous servira plus tard, on peut dire que les énergies non renouvelables, sont celles dont le cycle de régénération est beaucoup plus lent que le cycle de consommation.

Les énergies non renouvelables se divisent en deux grandes sortes :

- les énergies fossiles
- l'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est produite à partir d'un minerai appelé uranium. La fission des atomes d'uranium libère une très grande quantité d'énergie dont on se sert pour chauffer de l'eau permettant de produire de l'électricité.

Les énergies fossiles : le charbon, le pétrole, et le gaz naturel proviennent de la décomposition de végétaux et d'organismes vivants qui ont été enfouis sous la terre. Les ressources diminuent quand on les utilise car il leur faut des millions

d’années pour se former.
Il est important de déjà faire la différence entre les deux formes d’énergies non renouvelables car elles sont toutes les deux limitées mais leurs effets et conséquences ne sont pas tout à fait les mêmes. Nous en reparlerons.

2.1.2. Consommation de l'énergie

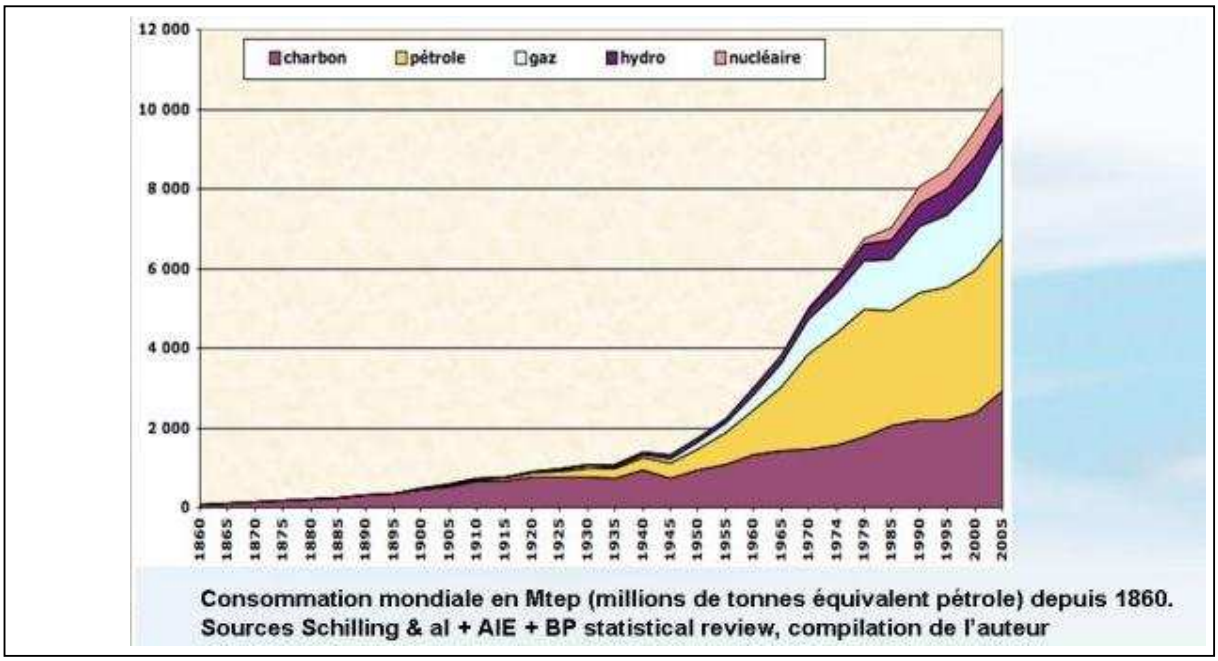


Figure 10 – Consommation mondiale totale d'énergie depuis 1860

Afin de comprendre l'évolution de la consommation énergétique et avant de s'orienter vers le futur, faisons un bilan des consommations passées depuis 1860.

On découvre ici un graphique avec 5 variables croissantes qui rappellent la fonction exponentielle. La première énergie est le charbon, toujours présente et avec un rythme doucement croissant. Ensuite vient le pétrole qui occupe aujourd'hui la place prédominante. Le gaz apparaît après la seconde guerre mondiale. L'hydro correspond à l'énergie réalisée grâce aux barrages, elle reste faible, tout comme le nucléaire. L'énergie nucléaire est la dernière de la liste et apparaît seulement dans certains pays ayant développé la fission nucléaire, à partir des années 70.

Alors que l'énergie totale consommée en 1950 n'était même pas de 2 000 millions de tonnes équivalent pétrole, nous sommes aujourd'hui au-delà des 10 000 millions de tonnes équivalent pétrole.

De plus, comme nous l'avions observé avec la première partie, la consommation réalisée entre 2000 et 2005 équivaut à la consommation cumulée de 1900 à 1950.

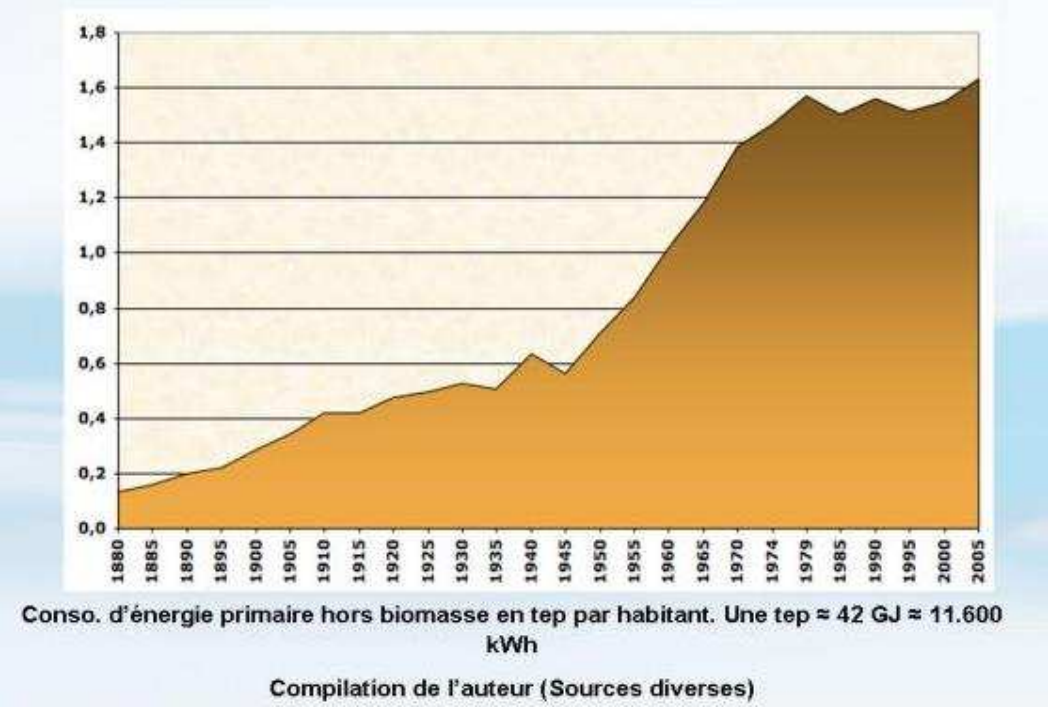


Figure 11 – Consommation d'énergie primaire par habitant

Après avoir observé la consommation mondiale, penchons nous maintenant sur la consommation par habitant. On augmente encore une fois une courbe similaire à une courbe exponentielle avec une phase de lancement entre 1880 et 1950, de 1950 à 1985, pendant les 30 glorieuses on a la phase de décollage, ensuite un plateau apparaît.

Cela signifie qu'en moyenne, les habitants du globe ont bénéficié jour après jour d'une consommation toujours supérieure à ce qu'ils avaient connu la veille. Comme un consommateur de drogues qui augmenterait sa dose chaque jour, nous n'avons en moyenne jamais diminuée notre consommation par habitant.

Pourquoi l'aurions nous fait ? Son utilisation est synonyme de confort, de simplicité, de lumière, de facilité et de réduction des efforts humains. Toute augmentation de la consommation d'énergie n'était que la simple évolution de l'histoire.

C'est maintenant que les choses commencent à changer.

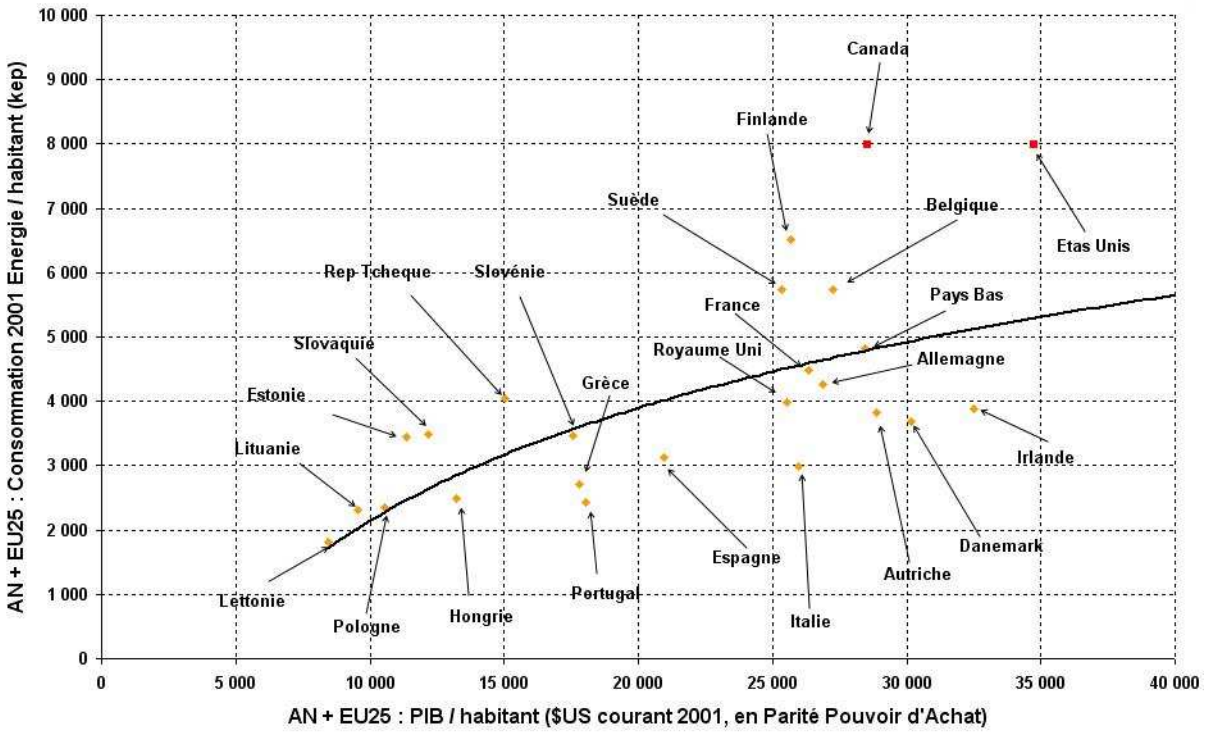


Figure 12 – Dépendance entre Consommation énergétique par habitant et PIB par habitant

Afin de voir qui consomme le plus d'énergie, il est important de voir sa relation avec la richesse du pays. Ainsi, lorsque l'on cherche un lien entre les variables Consommation d'énergie par habitant et PIB par habitant, on observe une courbe qui montre bien une relation de dépendance de manière globale entre ces deux variables. Seuls les Etats-Unis et le Canada paraissent en dehors de cette relation, avec une consommation bien plus gourmande à PIB égal, que l'on peut expliquer par l'étendue de leurs pays.

On en déduit donc que plus le pays est riche, plus sa consommation énergétique est forte, avec en tête des gros consommateurs la Finlande. Plus un pays va se développer économiquement, plus il va consommer par habitant, plus il va être gourmand en énergie. Ces deux pensées sont même une règle : tout pays riche a une dépense énergétique forte, et inversement, un pays qui a une grosse consommation énergétique a un PIB élevé. C'est d'ailleurs par rapport à ce modèle que se développent les autres pays. Qui ne rêve pas d'avoir un gros 4x4, un frigidaire, une télé, un ordinateur, un lave-linge et tout l'ensemble électroménager, couplé avec un chauffage central ?

C'est ici même la définition de la belle vie que nous occidentaux avons construits au fur et à mesure des inventions électriques.

France, Allemagne et Royaume-Uni se situent dans une zone identique avec les autres pays du Benelux.

Nous roulons en voiture, nous consommons beaucoup de biens de consommations, nous mangeons beaucoup de viandes (la consommation française a été multipliée par 5 en France entre 1800 et 2000), et nous exportons via l'audio-visuel notre mode de vie. C'est ce que Veblen appelle la classe des loisirs, chacun prend pour modèle la classe au-dessus de lui. Aujourd'hui dans le

monde c'est la classe des occidentaux, européens ou américains qui montrent aux pays émergents la triste voie à suivre. Ainsi s'ils pratiquent et deviennent comme nous, tout ce que nous avons déjà démontré ne risque pas seulement de s'appliquer mais va arriver beaucoup plus vite que prévu, en s'accélérant.

De plus, nous ne pouvons les empêcher d'augmenter leur consommation de manière pacifique sans changer nous-mêmes nos modes de vie.

Aujourd'hui nos consommations énergétiques doivent être remises en question et nous devons réfléchir à d'autres sources d'énergies si nous voulons continuer à vivre à ce rythme de rêve énergétique.

2.1.3. Les principales Energies Non Renouvelables (ENR)

1. Le pétrole

Le pétrole est l'énergie la plus connue est la plus présente dans notre vie quotidienne. Facile à transformer, à transporter, elle a pris le rôle d'énergie première dans notre économie.

Le pétrole est également une énergie qui se transforme en un grand nombre d'objet. C'est un hydrocarbure, composé de Carbones et d'Hydrogènes. Il était à l'origine très facile à récolter, c'est aujourd'hui de moins en moins vrai.

Le pétrole est très présent dans les transports, le bâtiment et 85% des objets qui nous entourent. Son pic de production est envisagé aux environ de 2006. Il est répartit selon quelques pays producteurs.

Comme le charbon, c'est un combustible fossile qui s'est formé par décomposition de plantes et d'animaux enfouis dans le sol depuis des millions d'années. On utilise cette énergie sous forme de combustible mais on peut aussi le transformer en carburant ou l'utiliser pour fabriquer certaines matières plastiques.

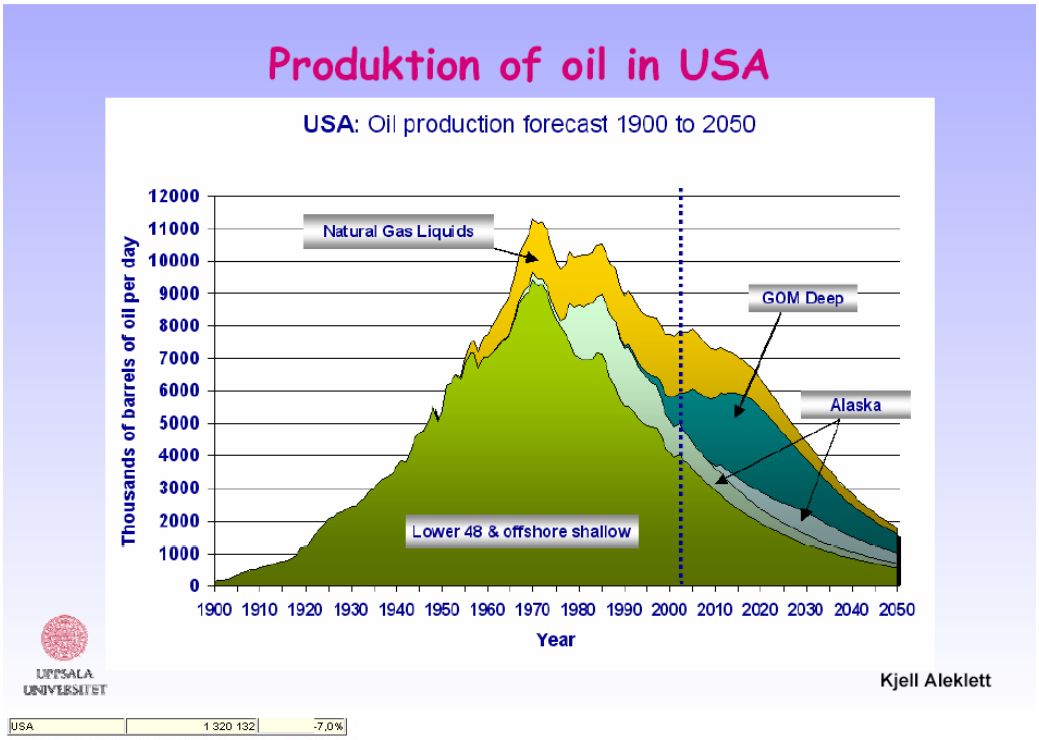


Figure 13 – Production de pétrole aux USA

La production de pétrole dépend des ressources disponibles en sous-sol. Alors que les découvertes se tarissent, les prédictions sur la dernière goutte s'affinent et on commence à voir la limite réelle de notre consommation effrénée. Aux USA, le pic du pétrole est survenu en 1970. Le pic du pétrole ou *peak oil* est le moment à partir duquel on estime avoir consommé la moitié des ressources restant en sous sol.

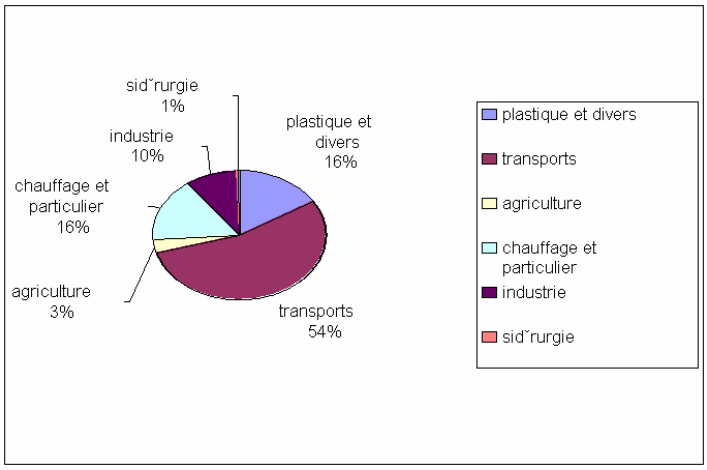


Figure 14 – Utilisation du pétrole en France

La puissance du pétrole, présent sous toutes les formes :

on utilise le pétrole de nos jours pour :

Les carburants (GPL, essence, gazole, carburéacteur) : industrie automobile, aviation

Les combustibles (fioul domestique, fioul lourd) : chauffage domestique, chauffage urbain, transport maritime, locomotives, fours industriels, industries (cimenteries, tuileries, papeteries, verreries) et usines thermiques (production d'électricité)

Les lubrifiants : huile pour moteur, huile pour transmission automatique et hydraulique, huiles de procédés (encres, insecticides, caoutchouc), huiles blanches pharmaceutiques, graisses (roulement à billes), cires (encaustiques, enduction de tissus, protection des métaux), paraffines (emballages, produits d'entretien, produits pharmaceutiques, explosifs, imperméabilisation du bois)

Les bases pétrochimiques: polymères (plastiques, isolants), fibres synthétiques (nylon) caoutchouc synthétique, solvants (encres d'imprimerie, peintures, colles, teintureries, détergents)
Agronomie: pesticides
Les bitumes: revêtement routier, étanchéité des bâtiments, isolation, anticorrosion
Les gaz : usage domestique

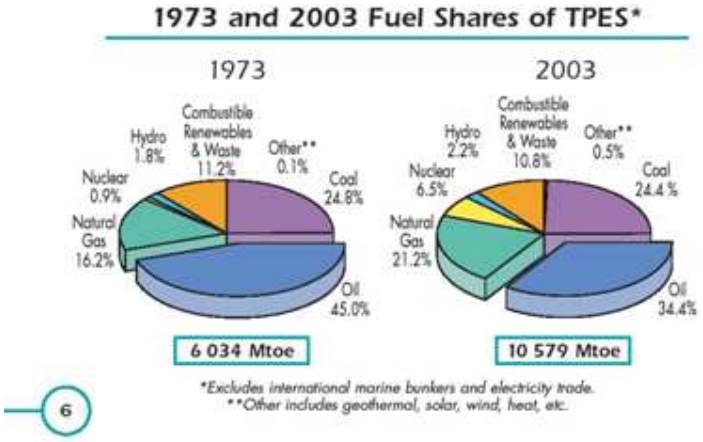


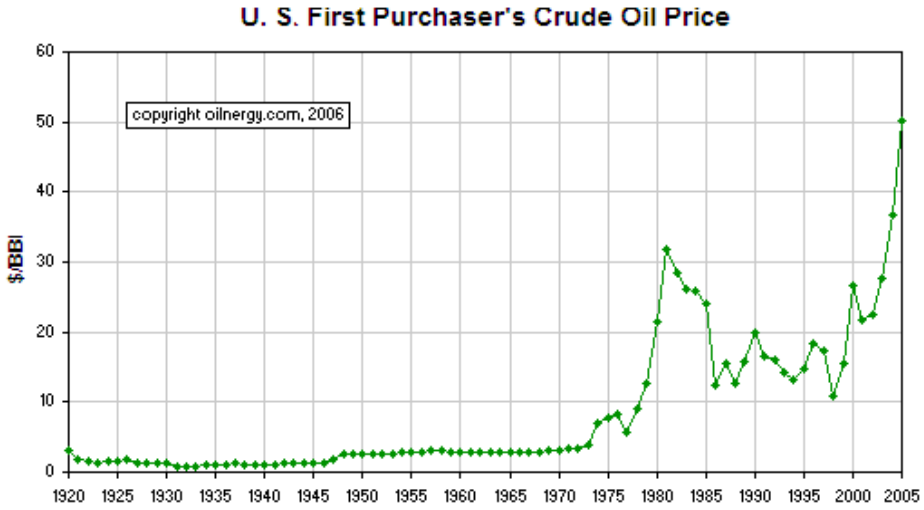
Figure 15 – La prédominance du pétrole dans les énergies

On le constate bien sur le schéma, Bien que sa part se soit réduite en 30 ans, il reste l'énergie numéro 1. Avec 45% en 1973 c'est près de la moitié de l'énergie mondiale qui est fournie par l'or noir. On arrive à un tiers en 2003.

La propreté du pétrole :

Il est important de savoir que le pétrole relâche du gaz carbonique dans l'atmosphère et que celui-ci séjourne approximativement 100 ans dans l'atmosphère. Ceci est le cas de toutes les énergies fossiles.

Pour la quantité, nous retrouverons à la fin des énergies renouvelables un tableau sur les quantités de CO_2 relâchées dans l'atmosphère.



Prix du pétrole entre 1920 et 2005.

Jusqu'à maintenant, l'énergie fossile ne coûtait quasiment rien, même à 120$ le baril, le litre à la pompe pour le consommateur final reste déraisonnablement peu cher en comparaison à ce que coûterait en terme d'humain la même production d'énergie.

2. Le charbon

Figure 16 – la Houille ou charbon

Le charbon est une énergie utilisée depuis le XIème siècle. Cependant c'est à partir de la révolution industrielle qu'il prendra la place qu'il occupe aujourd'hui dans notre société. Plus il est chargé en carbone, plus il dégagera d'énergie.

L'utilisation du charbon dans les centrales thermiques est très importante ; ces centrales fournissent 40 % de la production mondiale d'électricité, la moitié aux États-Unis et en Allemagne. Longtemps considéré comme dépassé, l'intérêt du charbon revient quand les besoins énergétiques atteignent les capacités maximales de production de pétrole ou de gaz naturel, renchérissant leur coût. L'utilisation du charbon, notamment dans les centrales électriques, a fait et continue à faire des progrès énormes en matière de réduction des émissions de polluants tels que le soufre, les oxydes d'azote et les particules fines. Par contre rien ou presque n'a changé en matière d'émission de gaz à effet de serre.

3. Le gaz

Le gaz naturel est un combustible fossile, il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures présent naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse. Le gaz naturel, comme son nom l'indique est une énergie qui se présente sous la forme de gaz.
C'est la troisième énergie produite après le pétrole et le charbon. Elle représente en 2003 environ 21% de la production d'énergie mondiale. C'est la plus propre des énergies non renouvelables.

Souvent présenté comme l'énergie idéale du futur, peu cher pour l'instant, relativement abondant, l'estimation des réserves[4] prouvées oscille entre 65 et 100 ans de production au rythme actuel de consommation. Il est également mieux réparti à la surface du globe que le pétrole, lequel a ses réserves massivement concentrées dans les pays du Moyen Orient.

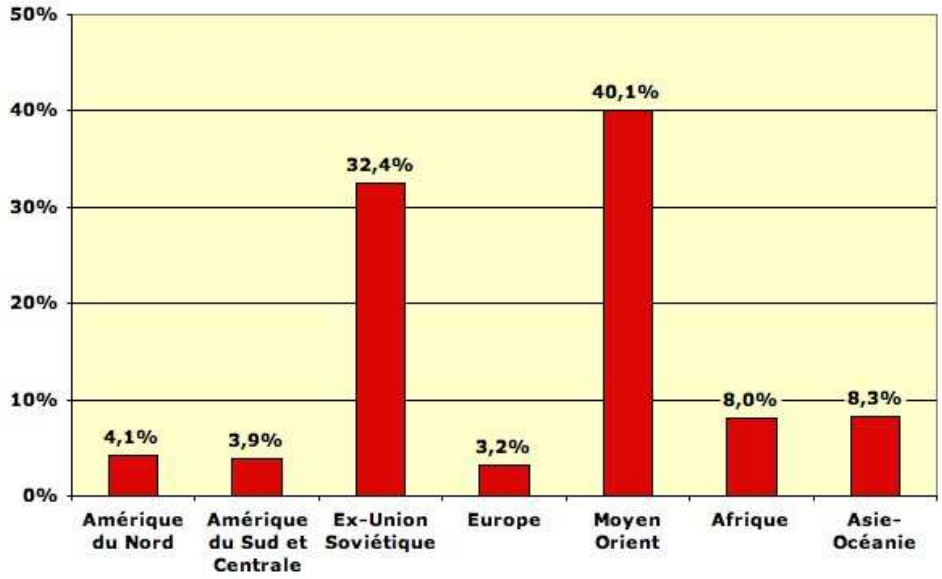


Figure 17 – Les réserves de gaz naturel mondiales par zone géographique

Il contient moins de composants mineurs produisant de la pollution locale (soufre, particules, métaux lourds, etc..) que le pétrole ou le charbon.

[4] Source : Exxon Mobil, 2002 : Découvertes annuelles de gaz depuis 1900, et comparaison avec les découvertes

Combustible	CO_2 dégagé par tonne équivalent pétrole brûlée, en kg équivalent carbone	Emissions par tep, par rapport au gaz naturel	Emissions par tep, par rapport au charbon
Gaz naturel	651	0%	-42%
Charbon (moyenne)	1.123	+73%	0%
Pétrole, essence	830	+27%	-26%
Fioul lourd	890	+37%	-21%
Diesel, fioul domestique	856	+31%	-24%
GPL	731	+12%	-35%
Kérosène	845	+30%	-25%
Coke de pétrole	1.096	+68%	-2%

Figure 18 – Emissions de CO2 par tonne équivalent pétrole d'énergie selon les différentes énergies

On constate que le gaz naturel est effectivement l'énergie la plus propre vis-à-vis des autres énergies non renouvelables, mais il faut également remarquer que son émission de CO2 n'est pas nulle.

Par ces différentes propriétés sus nommées, on aurait tendance à penser que le gaz peut donc être l'énergie du future, mais celui-ci rejette essentiellement du méthane, qui est un gaz à effet de serre 23 fois plus puissant que le CO2. Il suffit que le taux de fuite du puit à l'utilisation finale soit de 4% pour que l'utilisation du gaz soit équivalente celle du charbon en termes d'émissions de gaz à effet de serre. 4% étant bien supérieur au taux réel pour l'essentiel des réseaux mais qui n'est peut-être pas impossible en quelques endroits du monde, notamment certaines installations russes.

Le gaz naturel, par sa définition d'énergie non renouvelable n'est pas plus renouvelable que le pétrole.

En particulier, une substitution totale du charbon et du pétrole par le gaz pour permettre cette « propreté » conduirait à augmenter notre consommation d'un facteur 4 à 5, ce qui nous laisserait seulement 15 ans de réserves prouvées.

L'engouement que l'on pourrait manifester pour le gaz naturel n'est donc pas encore justifié comme choix de long terme. Il peut éventuellement s'argumenter comme solution de transition, afin d'enclencher un début de décroissance des émissions, le temps de diminuer la consommation d'énergie, de recouvrir à certaines renouvelables.

Le pic du gaz est prévu entre 2008 et 2025 selon l'ASPO[5].

4. L'uranium

L'uranium est un élément chimique radioactif. Utilisé dans la fission nucléaire, c'est ce qui va alimenter l'énergie nucléaire. Il se trouve en abondance réparti sur la surface de la planète. Cependant c'est dans des mines que l'on pourra l'extraire et le transformer afin de pouvoir produire de l'énergie.

[5] L'ASPO est l'Association pour l'étude des pics de production de pétrole et de gaz naturel

10 pays seulement produisent 94% de l'uranium extrait dans le monde.

Les réserves prouvées correspondent à quatre-vingt cinq ans de production. L'équilibre se faisant quand les conditions ne justifient pas un effort de prospection supplémentaire. Cette évaluation est très fortement dépendante des conditions économiques. Selon l'Agence pour l'Énergie Nucléaire, il y a encore assez d'uranium pour répondre à la demande mondiale pendant un siècle.

Figure 19 – Minerai d'Uranium

Figure 20 – Yellow cake

Dans un scénario du "tout nucléaire" si l'on remplaçait dans les pays disposant déjà de l'arme nucléaire toutes les sources d'énergie par l'uranium, on permettrait de réduire d'environ 50% les émissions en CO2, cela décalerait de 20 ans la courbe des émissions et ne permettrait pas d'éviter les ennuis à long terme. C'est bien dans le contexte d'une très forte maîtrise de la consommation énergétique que le nucléaire est un des éléments de réponse appropriés au changement climatique. Sans une telle maîtrise, il fait gagner quelques petites décennies, mais c'est tout.

L'autre inconvénient du nucléaire, est par son essence, sa radioactivité. Ainsi alors qu'en terme de rejet de CO2 dans l'atmosphère il est dans les énergies non renouvelables l'énergie la plus propre cependant, son exploitation pose deux problèmes et non des moindres :

- les risques liés à sa technologie
- les déchets nucléaires non recyclables

Dans un monde où l'on prône la propreté et la durabilité, il est inconcevable aujourd'hui de produire des déchets radioactifs qui seront actifs et dangereux pendant au moins 1000 ans. Ainsi penser que le nucléaire est une énergie propre est une aberration, c'est certes l'énergie la plus propre en terme de CO2 vis-à-vis des énergies fossiles, mais elle n'est en rien une solution du futur[6]. Eventuellement pour la transition vers le renouvelable, mais elle ne doit pas proliférer, de la même façon que nous limitons l'utilisation des armes nucléaires, nous devrions limiter l'utilisation des centrales, qui restent des bombes à retardement.

2.1.4. Réserves probables et à découvrir

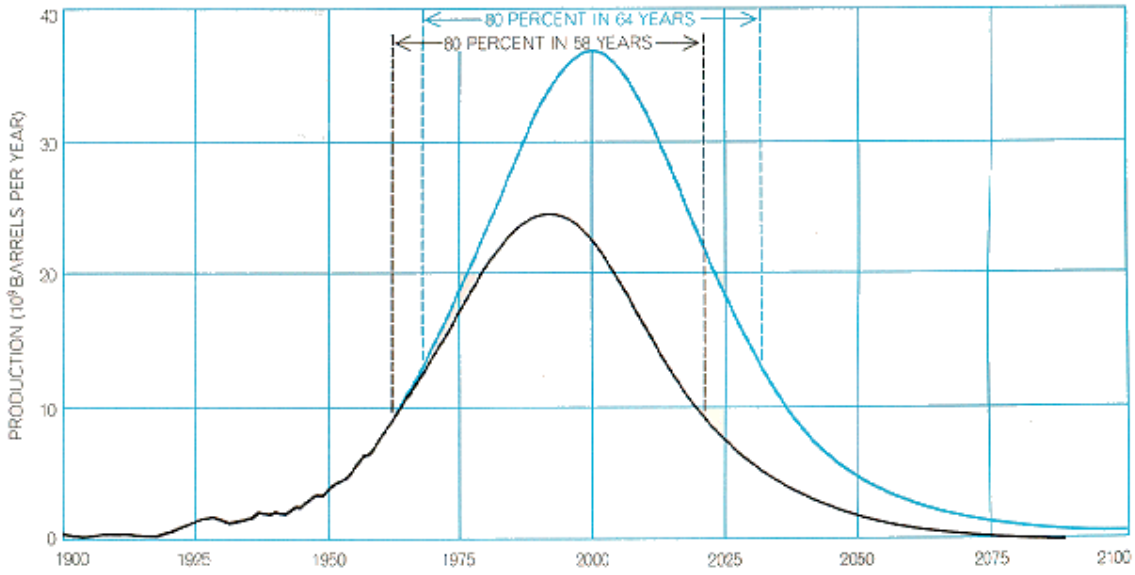
Puisque rien n'est illimité et que le rythme de reconstitution des énergies fossiles est à l'échelle de millions d'années, il fallait finir un jour par penser qu'avec notre consommation toujours croissante de pétrole et d'énergies non renouvelables de façon plus générale, nous arriverions à une limite finie. En admettant ceci, il s'agit de compter combien nous avons déjà consommé, à quel rythme nous consommons aujourd'hui, et par rapport à ce qui reste dans le sol à pomper, ou à trouver, on peut donc déduire les ressources totales.

[6] Le nucléaire, un leurre contre le réchauffement climatique- Hervé Kempf – Pour sauver la planète, sortez du capitalisme – p82

C'est Docteur King Hubbert[7] qui en 1956 a fait la première modélisation de la courbe totale de consommation du pétrole pour les Etats-Unis. Puisque tout ce qui monte est appelé à redescendre, si nous avons une quantité totale limitée, il arrive forcément un moment ou nous avons consommé la moitié, et la seconde moitié est devant nous. En prenant en compte le rythme ralentissant des découvertes et la probabilité d'en réaliser d'autres, combiné à notre consommation toujours croissante, King Hubbert établit pour 2006 le « peak oil », ou pic pétrolier ou pic de Hubbert qui détermine de façon approximative le moment où nous attaquons la phase décroissante de la production pétrolière.

Pour découvrir le pic de pétrole, c'est une équation savante entre les découvertes, la production et les réserves restantes. En fonction du rythme des découvertes, on établit la probabilité de trouver encore du pétrole. Au fur et à mesure que l'on a découvert et consommé du pétrole, la probabilité d'en trouver encore diminue au fur et à mesure que l'on avance dans le temps.

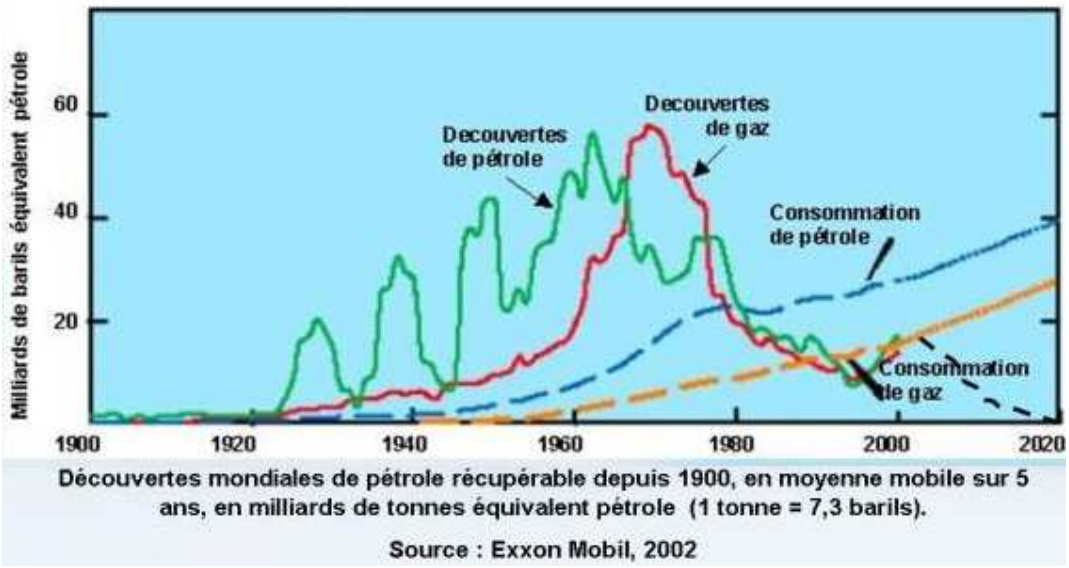
On découvre ainsi Figure 21 que les découvertes ont bien ralenties dans les années 70.



CYCLE OF WORLD OIL PRODUCTION is plotted on the basis of two estimates of the amount of oil that will ultimately be produced. The colored curve reflects Ryman's estimate of $2{,}100 \times 10^9$ barrels and the black curve represents an estimate of $1{,}350 \times 10^9$ barrels.

Figure 21 – Cycle mondial de production de pétrole – Pic de Hubbert

[7] Géophysicien très connu pour avoir modélisé la production des énergies fossiles et pour avoir prédit que l'ère des énergies fossiles serait courte (1949). Il a travaillé pour Shell, pour l'USGS et a prédit en 1956, dans un article « Nuclear energy and the fossil fuels » que la production pétrolière US piquerait en 1970, ce qui s'est effectivement produit.



Découvertes mondiales de pétrole récupérable depuis 1900, en moyenne mobile sur 5 ans, en milliards de tonnes équivalent pétrole (1 tonne = 7,3 barils).

Source : Exxon Mobil, 2002

Figure 22 – Découvertes mondiales de pétrole

Voici donc en image l'évolution des découvertes et les scénarios d'avenir entre production/découverte et réserves probables. Aucune énergie n'échappe à la règle du Pic de Hubbert et toutes trouveront une fin tôt ou tard. Encore une fois l'essentiel n'est pas de savoir quand nous aurons accès à la dernière goutte, mais de prévoir la vitesse de déplétion et de comprendre à partir de quand la rareté risque d'affecter le prix, ce qui aura pour conséquence de crisper l'économie et comme une crise du crédit ponctionne le sang, circuit vital du corps entier, sans énergie à faible prix, c'est tout notre système de transport, de construction, toute notre vie qui va tourner au ralenti.

Imaginez des coupures de courant, des journées sans approvisionnement du pétrole. Imaginez le baril à 2000$, comment voulez vous qu'on y arrive pas un jour ? Puisque le besoin va être constamment croissant et les réserves constamment décroissantes, nous finirons par en avoir tellement besoin que sa rareté décrochera en flèche comme nous l'avons déjà vu avec d'autres variables. De plus, en terme économique il y a fort à parier comme nous l'avons vu à l'été 2008 que chaque augmentation sur le baril sera accompagnée de son lot de spéculateurs[8] qui, ayant perdu leur confiance dans l'or ou l'argent papier, investiront dans une valeur strictement croissante et vitale dans la vie quotidienne. Nul ne peut prédire à quelle vitesse nous atteindrons cet état de quasi-paralysie énergétique, mais nous plafonnons déjà la production mondiale maximum à 105 millions de barils par jour, et même une fois que l'économie aura repris un cycle plus soutenu, nul doute que le prix du baril reprendra des allures plus onéreuses.
C'est encore une fois une chance que cette limite économique qui s'aperçoit à l'horizon nous menace dès aujourd'hui et que nous en soyons conscients, cela nous permet d'ores et déjà d'envisager l'après pétrole et de penser à son utilisation comme un objet tellement rare qu'il ne sera plus intéressant.

[8] Paul Jorion, La crise des subprimes au séisme financier planétaire, p 165

En utilisant cette force nous nous orientons plus rapidement et plus concrètement vers l'indépendance vis-à-vis du distributeur, vers la propreté avec les énergies renouvelables, et vers l'autonomie électrique en produisant sa propre énergie, libre et gratuite.

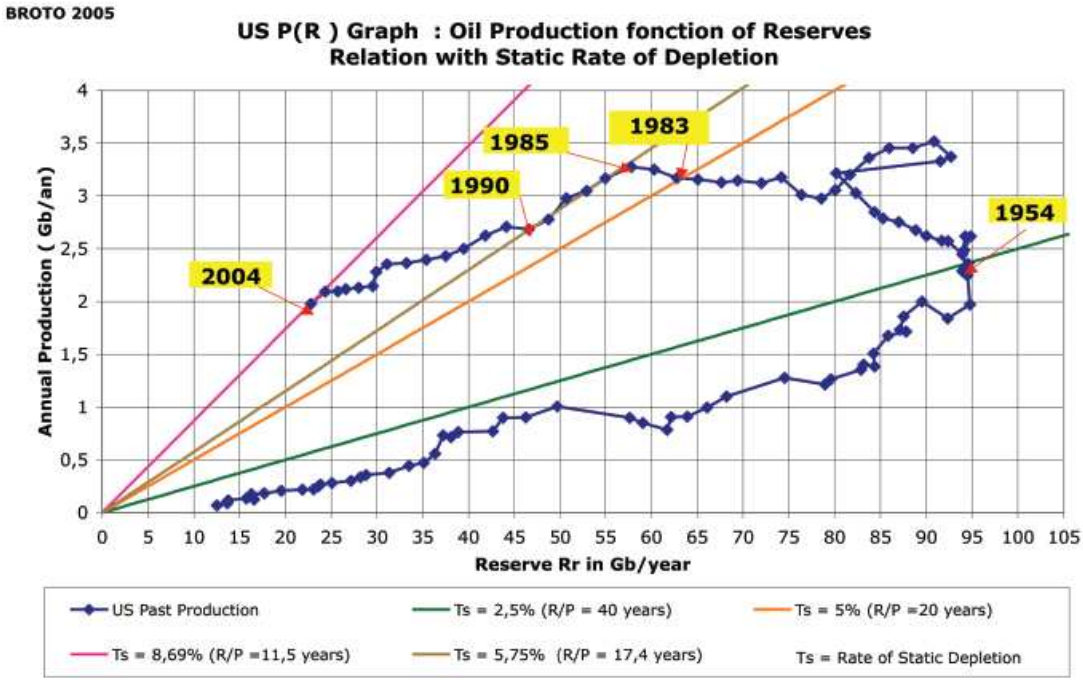


Figure 23 – Taux de déplétion à prévoir en fonction des réserves restantes et de la production annuelle

Graphique intéressant appliqué seulement aux USA qui présente les différentes conséquences de notre production et donc consommation de pétrole pour le taux de déplétion.

On sait que l'on consomme le pétrole aussi vite qu'on le produit. Cela signifie que nous n'avons pas de stock de pétrole et que tout ce qui est produit est consommé.

Jusqu'à 197 les réserves augmentent car les découvertes continuent, ainsi la production annuelle peut de fait, suivre l'augmentation. A partir de 1970, la production reste la même, mais les réserves elles diminuent, ce qui signifie qu'il n'y a plus de découvertes. Ainsi on découvre en 1983, 1985 1990 et 2004 des droites qui représentent la déplétion, la vitesse de diminution par rapport à la production de pétrole.

Notons toutefois que dans le cas des USA, ils sont également un importateur de pétrole très fort et que donc même si leur réserve semble tendre vers zéro, ils continuent d'être des consommateurs acharnés du pétrole des autres. Cependant on se rend bien compte qu'au fur et à mesure que le temps passe, si la consommation ne descend pas assez vite par rapport aux réserves, la pente de déplétion n'en sera que plus dure.

Une déplétion de 8,89% par an implique une diminution de la quantité de barils utilisés de quasi 9%. Dans des sociétés où nous sommes habitués à une

augmentation constante de quasi 5%, penser faire marche à arrière n'est pas la pensée dominante à l'heure actuelle, et pourtant, pour les énergies fossiles, il n'y a pas vraiment de miracles à espérer.

Il est donc important de trouver des énergies pour combler ces 9% de déplétion, sans quoi, nous manquerons d'énergies par rapport à nos besoins actuels. Quelle alternative pouvons-nous trouver face aux énergies fossiles ? C'est ce que nous allons voir dans le point suivant.

2.1.5. Alternatives aux ENR (Energies Non Renouvelables)

Les énergies renouvelables sont par définition des énergies qui ne s'épuisent pas au fur et à mesure que l'on se sert du moyen de production. Dis autrement, ce sont des énergies dont le cycle de régénération est égal ou supérieur au cycle de consommation que nous en faisons.

Ainsi, ce n'est pas parce que l'on place une éolienne que le vent va s'arrêter et s'épuiser. Il en est de même avec l'énergie des marées, le rayonnement du soleil, la force gravitationnelle terrestre etc..

Peu utilisées jusqu'à maintenant, les énergies renouvelables constituent les grands espoirs pour les énergies de demain. Leur développement pour l'avenir est donc primordial.

Historiquement, il y a longtemps qu'elles sont utilisées à faible échelle dans les moulins, avec le feu ou sur des systèmes de barrages et de moulins à eaux. Cependant cette utilisation reste faible comparée à la découverte progressive des énergies fossiles. Nous avons donc développer et concentré la plus grosse partie de notre capital et de nos recherches sur les énergies fossiles pour en extraire le plus grand rendement énergétique et propager leur export.

Alors que l'énergie renouvelable est accessible à tous et presque également répartie à la surface de la planète, les énergies fossiles, ressources et usines sont concentrées dans certains pays qui en ont tiré un avantage concurrentiel non négligeable pendant de nombreuses années.

En terme de comparaison on peut dire que l'énergie renouvelable est une énergie libre et gratuite, accessible à tous en tout point du globe, alors que les énergies fossiles ont des barrières à l'entrée et présentent une restriction géographique.

Les énergies renouvelables correspondent aujourd'hui à seulement 16% de l'ensemble énergétique. Il ne faut pas se mentir et reconnaître que ce score est très faible compte tenu des diminutions que nous allons affronter pour les autres énergies.

Aujourd'hui, quand nous parlons d'énergies renouvelables, on pense souvent au solaire et l'éolien, celles que l'on voit ou dont on parle le plus souvent. En réalité, les deux cumulées représentent seulement 0,05% de l'énergie mondiale. C'est complètement ridicule !

Il est donc très important d'investir dans la recherche et le développement, à moyen et long terme pour à la fois améliorer le rendement de ces énergies, multiplier leur présence dans notre environnement, abaisser leur coût de construction et les démocratiser à l'échelle mondiale.

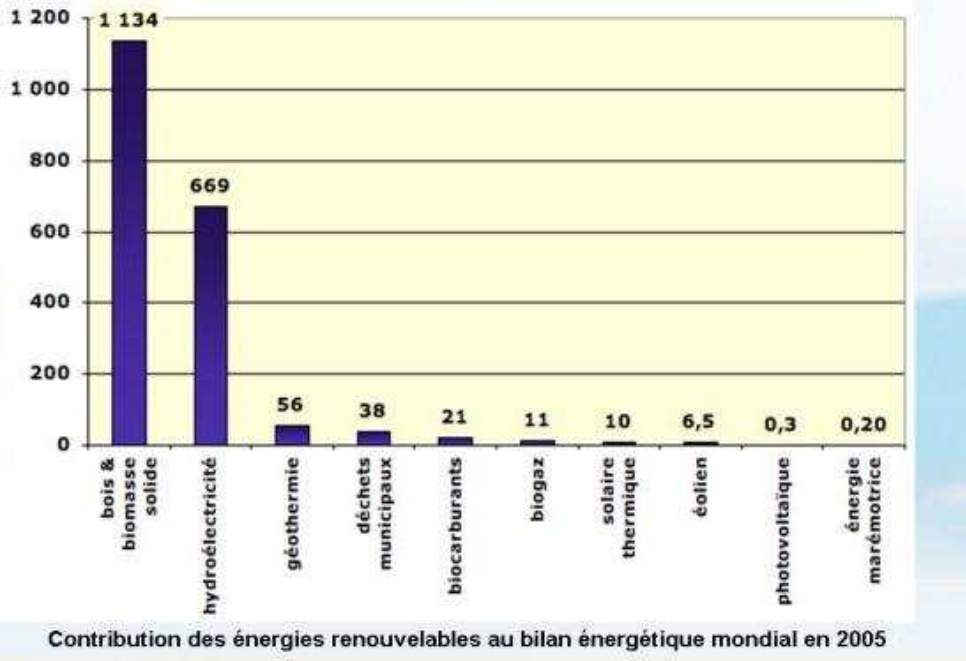


Figure 24 – Les Energies renouvelables dans le bilan énergétique mondial

Voici les différentes énergies renouvelables. Dans bois & biomasse, c'est la combustion du bois et des matières organiques que l'on retrouve dans un milieu naturel et qui peuvent être source d'énergie. Ces matières organiques qui proviennent des plantes sont une forme de stockage de l'énergie solaire captée et utilisée par les plantes grâce à la chlorophylle. Elles peuvent être utilisées soit directement soit après une méthanisation de la matière organique ou de transformation chimiques (biocarburant). Elles peuvent être aussi pour le compostage.

En terme de bilan quantitatif CO2, il ne faut pas oublier que le carbone stocké dans la biomasse a *récemment* été extrait de l'atmosphère par la photosynthèse des plantes ou algues, alors que ce processus a eu lieu il y a des millions d'années pour les ressources fossiles.

Avec 30,7% du total mondial, les USA sont le premier producteur d'électricité à partir de biomasse, devant l'Allemagne et le Brésil.

Exemple de biomasse : le bois, les résidus verts, la paille, la bagasse de canne à sucre, le fourrage, les céréales, les betteraves sucrières, les cannes à sucres, le colza et les palmiers à l'huile.

Si comme le nucléaire, on peut penser à la biomasse comme énergie propre en

terme de GES, il ne faut pas oublier que leur utilisation en masse pose d'autres problèmes : ici ce n'est pas tant les déchets qui viennent à l'esprit, mais l'utilisation éthique que l'on en fait.

Certains voient dans la biomasse d'excellentes alternatives pour les énergies du futur avec notamment les biocarburants pour les véhicules motorisés. Il ne faut pas oublier qu'il est complètement insensé de penser utiliser un carburant énergétique pour nos besoins de transport à base d'aliments, alors qu'une partie de la population n'a pas accès aux céréales primaires ou à la nourriture et que la crise alimentaire sévit pour 2 milliards d'être humains sur la planète.

A ce titre, considérer la biomasse comme une solution totale et un crime contre l'humanité, et toute culture alimentaire, devrait d'abord servir à nourrir la population terrestre avant de penser à distribuer de l'énergie pour le confort de nos installations électriques.

Conclusion de l'analyse de la variable énergétique

Alors que l'on découvre le mur énergétique, on s'aperçoit que c'est un double mur et qu'il est complètement lié au problème des gaz à effets de serre.

Le mur énergétique : nos ressources énergétiques principales sont limitées à court terme par leur cycle de reproduction : nous avons presque tout consommé. Chaque énergie non renouvelable qui puisse proposer une alternative un peu meilleure que le charbon ou le pétrole, si elle devenait l'unique alternative, transformerait sa durée de vie de 50-80 ans à 15-30 et réduirait l'horizon des possibilités à très court terme.

Les solutions illimitées sont donc déjà présentes mais en très petite quantité et c'est vers celles-ci qu'on va donc se tourner : l'éolien, le solaire, l'énergie marémotrice, la chaleur thermique, la biomasse, l'énergie des déserts et des autres phénomènes naturels que notre Gaïa a conservé intacte.

Le mur carbonique : nos énergies principales ne sont pas seulement en quantité finie, elles sont également très polluantes en teneur en Gaz carbonique et autres gaz à effet de serre (GES) et ceux-ci sont mortels pour notre environnement et l'équilibre de l'écosystème dans son ensemble. Si donc on peut regretter que nous n'ayons pas des réserves de pétrole infinie pour sa densité énergétique, sa limite est une bénédiction dans le sens où celui-ci nous tuerait à grande vitesse. Il en va de même pour les autres énergies fossiles, il y a fort à parier que dans un monde où les réserves seraient illimitées, nous n'hésiterions pas à continuer à dépenser notre argent dans la recherche de la densité énergétique sans penser aux conséquences environnementales dramatiques.

Prenons cette limite comme une opportunité et une chance de faire d'une pierre deux coups et de régler ces deux problèmes avec la même arme, car il existe des énergies renouvelables qui ne génèrent pas de GES. Il y a donc un remède à nos problèmes : celui-ci est à développer absolument et avec toute l'énergie possible que l'on puisse lui accorder, c'est notre clé de sortie du monde polluant et sale des énergies fossiles.

En sus, il faudra toujours considérer que notre population et notre consommation énergétique étant croissantes, il va non seulement falloir basculer d'un monde de production fossile à un monde d'énergie propre et renouvelable, tout en satisfaisant des besoins croissants, le tout en partant avec un énorme retard.
C'est donc un défi énorme, qui va nécessiter des phases de transitions avec des étapes. Il est cependant évident que chaque être humain qui ne sait pas à quoi consacrer sa vie, son travail ou son énergie peut la mobiliser dans cet axe qui va rester une des priorités de tous les états pour au moins 50 ans à venir.

Pour comprendre la résistance de notre environnement et ses limites, pour savoir jusqu'à quel point il supportera les sévisses que nous lui faisons subir, il nous est maintenant nécessaire d'étudier son origine, sa forme, son comportement et son évolution. C'est ce que nous allons étudier dans la partie suivante consacrée à l'environnement.

2.2 L'environnement

Après avoir défini la variable de l'environnement, et les aspects qui nous intéressent pour notre étude, nous découvrirons l'empreinte écologique et sa signification. Pour comprendre les dégâts que nous causons à notre atmosphère, nous redéfinirons les gaz à effets de serre, leur origine et leur conséquence sur notre planète. Enfin, nous étudierons le couple consommation-émission de CO2, qui nous mènera vers l'équation de Kaya qui reprend la somme de nos problèmes. Avant d'attaquer les scénarios, nous ferons un point sur l'état de la situation actuelle.

2.2.1 Définition de l'environnement et état actuel

Selon Wikipédia, l'environnement est l'ensemble naturel et culturel dans lequel les êtres vivants et les éléments existent et évoluent.

Bénéficiant de nombreuses définitions très complexes et variant selon les milieux dans lesquels on opère, voici celle qui nous intéresse pour notre étude :

L'environnement est l'habitat dans lequel les espèces et l'individu évoluent. Constitués de milieux, ceux-ci incluent l'air, l'eau, le sol et leurs interfaces. Les ressources naturelles, la faune, la flore, les écosystèmes et la biosphère composent globalement l'environnement biophysique. À ces milieux s'ajoute l'environnement humain constitué d'activités en relation avec les cultures humaines.

Pour notre étude, l'environnement est donc ce qui nous entoure, à savoir la nature, l'air, l'eau, le sol, les espèces animales, la faune, la flore, les ressources naturelles et l'atmosphère.

Dans la variable définie comme environnement voici ce que nous allons étudier en détail : la variable atmosphérique souvent représentée par la concentration en CO2. Nous étudierons également rapidement l'évolution des variables eau, forêts et espèces animales, et puis la biodiversité des sols. De manière plus générale on parlera d'empreinte écologique lorsque notre action se fait sentir à différents niveaux de l'environnement :

L'empreinte écologique est une mesure de la pression qu'exerce l'homme sur la nature. Elle représente la surface nécessaire à une population pour y vivre durablement, en termes de consommation de ressources et d'absorption des déchets.

Ce concept, consacré par l'ONG WWF, consiste à évaluer le volume de ressources renouvelables prélevées sur l'écosystème, par une population. L'empreinte écologique est traduite en hectares globaux (hag), nécessaires pour régénérer les ressources mobilisées par l'empreinte.
La biocapacité d'un territoire donné désigne sa capacité à générer une offre continue en ressources renouvelables et à absorber les déchets découlant de leur consommation. Si l'empreinte écologique d'un territoire dépasse sa biocapacité,

cela signifie alors qu'il n'est pas utilisé de manière durable et qu'il y a surconsommation. Il y a donc un risque d'épuisement des ressources sur le long terme.

Or, c'est la situation dans laquelle la planète se trouve actuellement. En 2001, l'équivalent de 1,21 planète était nécessaire pour compenser l'empreinte écologique humaine. Si les habitants de la planète, et notamment ceux des pays développés, ne réduisent pas leur train de vie, c'est au détriment des générations futures.
Au niveau de l'individu, l'empreinte se calcule en fonction des habitudes alimentaires, de l'habitat, des modes de transports, et de la gestion des déchets.
Il devient, aujourd'hui, inévitable de réduire l'empreinte écologique, tant au niveau individuel, qu'au niveau collectif, pour parvenir à une sauvegarde des ressources, et à une protection de l'écosystème.

« Vivre simplement, pour que simplement d'autres puissent vivre » - Gandhi

Une réduction de l'empreinte écologique passe par un changement des habitudes et des mentalités, et de nouveaux modes de production. Après les Trente Glorieuses, et la consécration de la consommation de masse, la planète est arrivée à la fin d'un modèle. Des habitudes individuelles et collectives se sont installées, et il a fallu attendre la fin des années 90, pour prendre des mesures fortes et effectives. En effet, avant le Protocole de Kyoto, les Etats étaient en proie à l'immobilisme.
Aujourd'hui, les modes de production doivent évoluer pour laisser place à des processus plus « verts ». L'écoconception est un de ces modes de production, plus respectueux de l'environnement. Ce concept engage une réduction du prélèvement de matières premières, une réduction de la consommation d'énergie, et une politique de recyclage. Même si aucune production n'est totalement dénuée d'impacts sur l'environnement, le but de l'écoconception est de les limiter, au niveau de la fabrication, de l'utilisation et de la fin de la vie des produits. Un tel mode de production, est une opportunité pour l'innovation et le progrès.
L'entreprise a un rôle à jouer dans ce processus. Elle sera inévitablement amenée à repenser ses produits et ses habitudes, à faire pression sur ses fournisseurs et à sensibiliser en interne (salariés) et en externe (clients)

Au niveau individuel, des modifications des habitudes seront indispensables pour réduire l'empreinte écologique de chaque habitant. Cela passe par une réduction des besoins de transports, rendue nécessaire par la raréfaction, du coût et de l'émission de gaz à effet de serre du pétrole. Ainsi, une mutation, vers des moyens de transports plus propres (train, vélo…) et l'utilisation des transports en communs, entre autres, devient obligatoire.
Il faut également repenser l'habitat et les bureaux, pour permettre une meilleure isolation, l'installation d'énergies renouvelables, le recyclage des matériaux…
Un changement de consommation passe aussi par une réduction des emballages et des déchets, le tri sélectif et d'une manière générale tous les gestes simples permettant de réduire la consommation d'énergie et de limiter la pollution de la nature.

Figure 25 – L'empreinte écologique

Pour mieux comprendre notre cycle de vie et notre rapport à l'environnement ont été crée des valeurs comme l'empreinte écologique. C'est le rapport entre les ressources que l'on ponctionne au milieu dans lequel on vit et les déchets que l'on y rejette. Ainsi une empreinte écologique faible signifie que l'on laisse intègre l'environnement dans lequel on évolue. Comme on peut d'ores et déjà s'en douter, ce n'est pas vraiment le cas du mode de vie à l'occidental.

Figure 26 – Décomposition de l'empreinte écologique

Voici les décompositions de l'empreinte écologique, les différents niveaux où nous agissons sur elle, là où nous la dégradons, mais aussi là où nous pouvons la reconstruire.

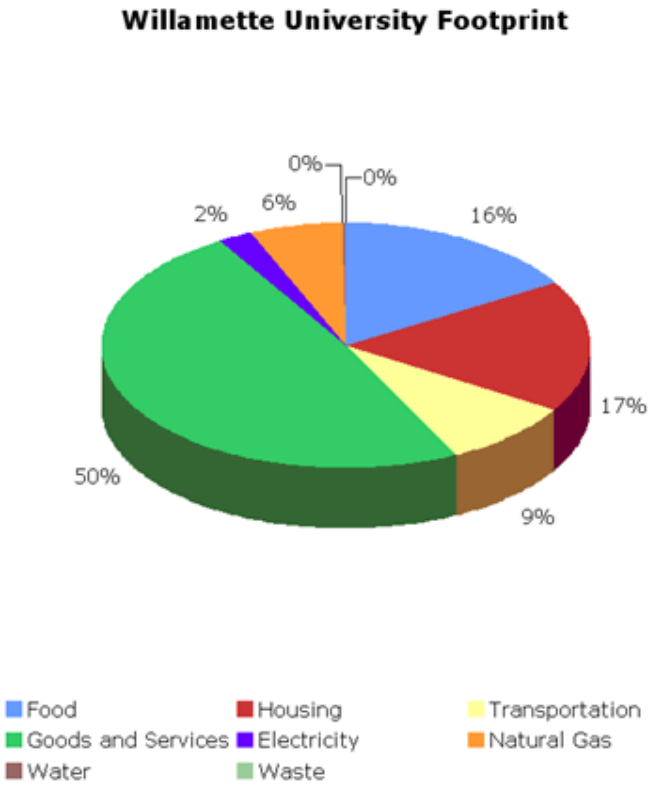


Figure 27 – Composant énergétiques de l'empreinte écologique

Figure 27 : parmi les différents composants de l'empreinte écologique, on peut observer les actions les plus importantes en terme d'impact énergétiques, ainsi avec 50% ce sont les biens et les services qui dominent. Suivi ensuite avec 17% le logement, 16% pour la nourriture et 9% pour les transports.

Un environnement évolue en fonction d'un climat, il passe d'ères en ères à travers différents changements.

Selon la société de Londres[9], l'époque de l'Holocène, débutée voici plus de 10 000 ans, s'est achevée pour laisser place à l'Anthropocène, nouvelle période où l'empreinte humaine surdétermine l'ensemble des mécanismes naturels. Les bouleversements de l'écosystème terrestre sont d'une telle ampleur que l'évolution sur la planète prend un virage décisif, lourd de conséquences. C'est selon la plus ancienne association de scientifiques au monde créée en 1807 ce qui vient de se passer.

Les experts qui nous intéressent pour ce qui concerne le climat et l'évolution environnementale est le GIEC : Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) qui doit évaluer sans parti-pris l'évolution de la situation climatique préconise d'ores et déjà aux Etats un objectif de réduction de 75% des GES pour 2050, tout en réduisant la consommation énergétique de 40%, le tout passant par une augmentation de la part des énergies renouvelables jusqu'à 60% par rapport à 2008.

[9] Interview de Mike Davis, datant du 26 juin 2008
http://www.tomdispatch.com/post/174949/mike_davis_welcome_to_the_next_epoch &
http://contreinfo.info/article.php3?id_article=2103&var_recherche=davis

Voilà la mission complexe et intense qui nous attend et qui devrait déjà nous mobiliser à tous les niveaux de notre vie collective.

En cherchant dans leurs rapports, voici ce que l'on découvre dans celui[10] datant de 2007. Nul besoin d'explication, ce sont ici des conclusions compréhensibles et accessibles à tous, c'est là que réside toute la mission du GIEC.

ACTIVITE HUMAINE

- L'essentiel de l'accroissement constaté de la température moyenne de la planète depuis le milieu du 20e siècle est "très vraisemblablement" dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre émis par l'homme (+de 90% de certitude contre 66% en 2001).
- Le réchauffement général observé de l'atmosphère et de l'océan, ainsi que la diminution de la masse des glaces, étayent la conclusion qu'il est "extrêmement invraisemblable" que le changement climatique mondial des 50 dernières années puisse être expliqué par les seules causes naturelles.
- Les émissions "passées et futures de CO2 continueront à contribuer au réchauffement et à l'élévation du niveau de la mer pendant plus d'un millénaire", du fait de la durée de vie des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

TEMPERATURES

- Onze des 12 dernières années figurent au palmarès des 12 années les plus chaudes depuis que l'on dispose d'enregistrements (1850).
- Le réchauffement s'est accéléré ces dernières années : 0,74 degrés supplémentaires sur les 100 dernières années (1906-2005), contre 0,6 degrés retenus pour la période 1901-2000 dans le précédent rapport publié en 2001.
- A la fin du siècle, les températures devraient augmenter de +1,8 à 4° par rapport à 1980-1999. Ces "meilleures estimations" sont des valeurs moyennes, au sein d'une fourchette plus large de 1,1 à 6,4 degrés (1,4 à 5,8 degrés dans le précédent rapport de 2001).
- le réchauffement tend à réduire la capacité d'absorption du dioxyde de carbone (CO2) par les terres et les océans, accroissant d'autant la part des émissions humaines qui restent stationnées dans l'atmosphère.

OCEANS

- Les observations depuis 1961 montrent que la température moyenne de l'océan mondial a augmenté jusqu'à une profondeur de 3.000 m et que l'océan a absorbé plus de 80% de la chaleur ajoutée au système climatique.
- Le réchauffement de l'eau de mer provoque sa dilatation. Le niveau des océans pourrait, selon les scénarios, s'élever de 0,18 m à 0,59 m à la fin du siècle (par rapport à 1980-1999).
- un réchauffement moyen de 1,9 à 4,6°C par rapport aux valeurs de l'ère pré-industrielle entraînerait la disparition complète de la glace au Groenland, avec pour conséquence une élévation du niveau de la mer d'environ 7 mètres.

IMPACTS

- Le réchauffement le plus important est attendu sur les terres émergées et aux latitudes élevées, et le moins important devrait apparaître dans le sud de l'océan

[10] IPCC – Rapport février 2007 : http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

indien et dans certaines parties de l'Atlantique nord.
- Les simulations produisent une diminution de la glace de mer dans l'Arctique comme dans l'Antarctique pour tous les scénarios climatiques. Pour certaines simulations, la glace disparaît presque entièrement en Arctique à la fin de l'été dans la seconde partie du 21e siècle.

PHENOMENES EXTREMES

- Il est "très probable" que les chaleurs extrêmes, les vagues de chaleur, et les événements de fortes précipitations continueront à devenir plus fréquents.
- "Il est "vraisemblable" que les cyclones tropicaux futurs (ainsi que les typhons et ouragans) deviennent plus intenses, avec des vents maximum plus forts et des précipitations plus fortes.
- Des augmentations des quantités de précipitations sont "très vraisemblables" aux latitudes élevées alors que des diminutions sont vraisemblables dans la plupart des régions émergées subtropicales (jusqu'à environ 20% en 2100 pour le scénario A1B, le plus proche des projections faites par l'Agence internationale de l'énergie).
- Il est "très vraisemblable" que la circulation thermohaline de l'Atlantique nord (qui inclut le Gulf Stream) ralentira au cours du 21e siècle (- 25% en moyenne selon plusieurs modèles). La température continuera toutefois d'augmenter dans la région Atlantique, à cause de l'impact beaucoup plus important de l'effet de serre.

Lexique :

- probable ou vraisemblable : plus de 66% de chances de se réaliser
- très probable ou très vraisemblable : plus de 90% de chances de se réaliser
- extrêmement invraisemblable : moins de 5% de chances

Voici donc les conclusions peu enthousiasmantes du rapport datant seulement de 2007. Au même moment les scientifiques qui apportent les dernières données des dernières études ont une longueur d'avance et sont dans des dimensions encore plus dramatiques.

En une simple lecture d'un passage du rapport on comprend donc ce qu'implique notre rythme de vie, notre consommation et ce que nous faisons subir à la planète, qui nous le rend bien.

En agissant ainsi nous changeons l'aspect du systèmes qui nous entoure et nous abrite.

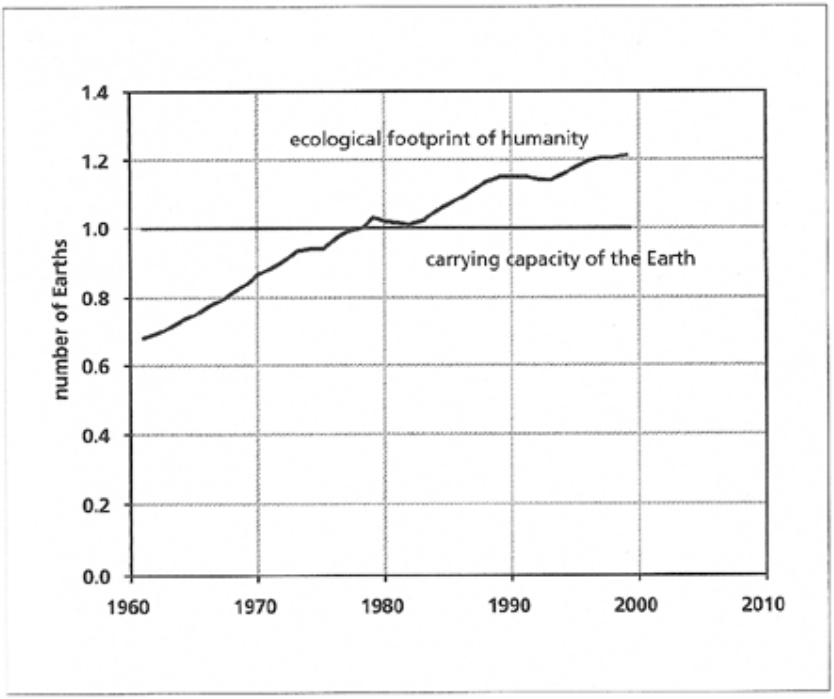


FIGURE P-1 Ecological Footprint versus Carrying Capacity
This graph shows the number of Earths required to provide the resources used by humanity and to absorb their emissions for each year since 1960. This human demand is compared with the available supply: our one planet Earth. Human demand exceeds nature's supply from the 1980s onward, overshooting it by some 20 percent in 1999. (Source: M. Wackernagel et al.)

Figure 28 – Empreinte écologique mondiale par rapport à la capacité de support de la Terre

Voici l'action que nous faisons subir à la Terre : jusqu'en 1980, nous étions environ à une terre en terme d'empreinte écologique. Depuis nous tirons sur la corde, et utilisons plus que ce que la Terre peut nous offrir. Comme un sportif qui n'aurait pas mangé assez mais qui continuerait de courir sans cesse, nous sommes en train de puiser dans les muscles et dans l'organisme des ressources que nous ne laissons pas le temps de se régénérer. Sans réveil ou prise de conscience, le coureur tombe généralement en état de syncope ou d'hypoglycémie. C'est ce que, d'une façon qui nous est plus difficilement perceptible est en train d'arriver.

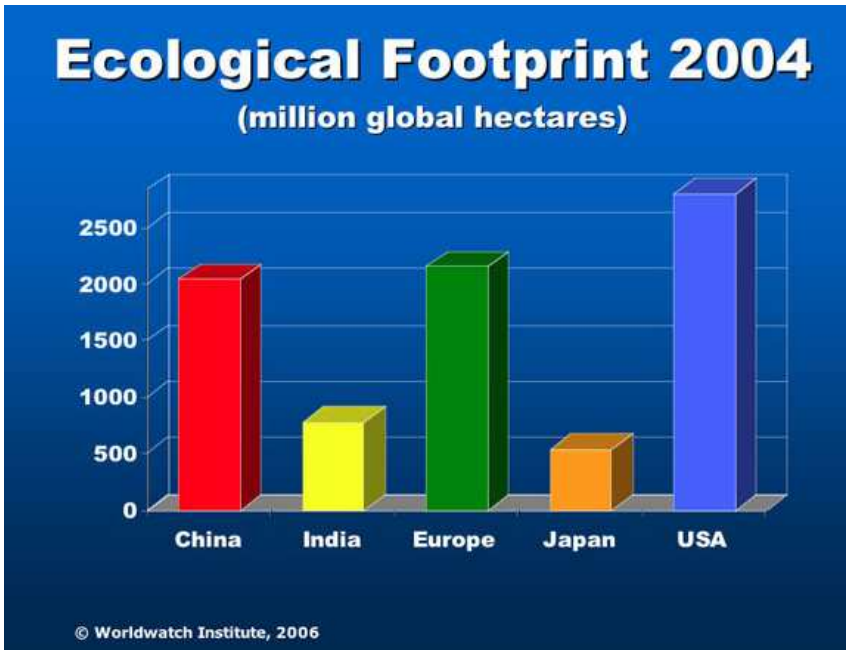


Figure 28 – Empreinte écologique des grandes puissances mondiales

Lorsque l'on compare les empreintes écologiques des grandes puissances mondiales, on découvre, en terme absolu, indifféremment de leur population les millions d'hectares correspondants. Les premiers sont les USA avec plus de 2,5 milliards pour seulement 300 millions d'habitants. Si tous les humains avaient l'empreinte écologique des USA ou du Canada, il faudrait 5 à 8 planètes pour satisfaire les besoins de chacun.

On trouve aussi dans le rapport[11] de l'UNEP la crise des espèces animales : « *les changements dans la biodiversité sont les plus rapides jamais vues à l'échelle humaine. Les espèces s'éteignent à un rythme 100 fois supérieur à celui rencontré dans les traces fossiles.* »

Ce n'est pas un cycle : « Il y a maintenant une preuve visible et irréfutable que les impacts du changement de climat et le consensus de l'activité humaine aient été décisifs dans le changement : on observe en moyenne une augmentation de 0,7°C depuis 1906. Une meilleure estimation pour l'augmentation de ce siècle est estimée à être entre 1,8 et 2°C. Certains scientifiques pensent qu'une augmentation de 2°C dans la moyenne de la température globale par rapport à l'ère pré industrielle est un seuil au-delà duquel la menace de dommages majeurs et irréversibles devient plausible.

Rien n'est épargné, nourriture, pollution, océan, biodiversité, toutes les variables de notre environnement sont endommagées.

Pour la nourriture le rapport tire la sonnette d'alarme :

« *Les pertes en production agricole totale, due à des pestes insecticides ont été estimées à 1%.*

[11] Rapport UNEP "Planet's Tougher Problems Persist" 25 Octobre 2007"
http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.Print.asp?DocumentID=519&ArticleID=5688&l=fr

L'utilisation de terre de façon non durable cause la dégradation, une menace aussi sérieuse que la perte de biodiversité et le changement climatique. Il affecte jusqu'à un tiers de la population mondiale, par la pollution, le ravinement, l'épuisement nutritif, la pénurie d'eau, la salinité et la rupture de cycles biologiques.
Le système nutritif dépend aux 2/3 de fertiliseurs, spécialement le nitrogène. La croissance de la population, la surconsommation et le déplacement continuel des consommations céréalières à la consommation de viande signifient une augmentation de la demande alimentaire de 2,5 à 3,5 fois celle d'aujourd'hui.

D'ici 2030, les pays en développements auront probablement besoin de 120 millions d'hectares en plus pour se nourrir. »

Pour ce qui concerne les disparitions d'espèces, le risque de voir disparaître certaines espèces est cent fois plus élevé que ce que les estimations actuelles laissent paraitre, affirment deux chercheurs.

Selon l'UICN[12] (Union internationale pour la conservation de la nature), plus de 16 000 espèces sont menacées d'extinction. Parmi elles, un mammifère sur quatre, un oiseau sur huit et un tiers des amphibiens. Pour toutes ces espèces, les scientifiques estiment le risque de disparition à partir de deux facteurs. Le premier est le nombre décès survenant dans une population réduite où la perte de quelques individus est une menace directe pour la survie de l'espèce. C'est le cas des baleines, dont beaucoup d'espèces comptent moins de 400 spécimens ou des tigres qui ne sont probablement pas plus de quatre mille à se promener encore en liberté. Le deuxième facteur prend en compte les modifications des conditions environnementales qui peuvent influer directement sur le nombre de naissances et la mortalité comme la destruction de l'habitat, la raréfaction de la nourriture ou les fluctuations de température.

Parmi les variables de notre environnement que nous dégradons quotidiennement, celle qui semble avoir le plus de conséquences sur la suite des événements et celle déterminée par les GES. Procédons donc à sa définition.

[12] Interview et source sur http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/sciences/vivant/20080704.OBS1469/especes_menacees_danger_sousestime.html et sciences-avenir.com

2.2.2 Définition de l'effet de serre

Selon Wikipédia, les gaz à effet de serre [13](GES) sont des composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un des principaux facteurs à l'origine du réchauffement climatique.

Les principaux gaz à effet de serre non-artificiels sont :

* la vapeur d'eau (H2O) ;
* le dioxyde de carbone (CO2) ;
* le méthane (CH4) ;
* le protoxyde d'azote (N2O) ;
* et l'ozone (O3).

Dire que ces gaz sont "naturels" - et donc qu'ils ont des sources naturelles - ne signifie bien évidemment pas que l'homme n'a pas d'influence sur leurs émissions ou sur leur concentration dans l'atmosphère. Pour les 3 derniers gaz mentionnés ci-dessus, comme pour le CO2, il est avéré que l'homme ajoute sa part et a augmenté leur concentration dans l'air de manière significative. C'est du reste pour cela que, comme pour le CO2, le méthane et le protoxyde d'azote sont pris en compte dans les accords internationaux comme le protocole de Kyoto par exemple.

Voici les GES et leur comparaison en terme d'émissions :

Combustible	CO_2 dégagé par tonne équivalent pétrole brûlée, en kg équivalent carbone	Emissions par tep, par rapport au gaz naturel	Emissions par tep, par rapport au charbon
Gaz naturel	651	0%	-42%
Charbon (moyenne)	1.123	+73%	0%
Pétrole, essence	830	+27%	-26%
Fioul lourd	890	+37%	-21%
Diesel, fioul domestique	856	+31%	-24%
GPL	731	+12%	-35%
Kérosène	845	+30%	-25%
Coke de pétrole	1.096	+68%	-2%

Figure 29 – Emissions de CO2 par tonne équivalent pétrole selon l'énergie choisie

On constate que le Gaz Naturel ressort comme l'énergie la plus propre, suivi du GPL et du pétrole. Suivent ensuite les différents composés d'essence, et enfin le charbon arrive en bon dernier.

[13] Définition des GES : http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_%C3%A0_effet_de_serre

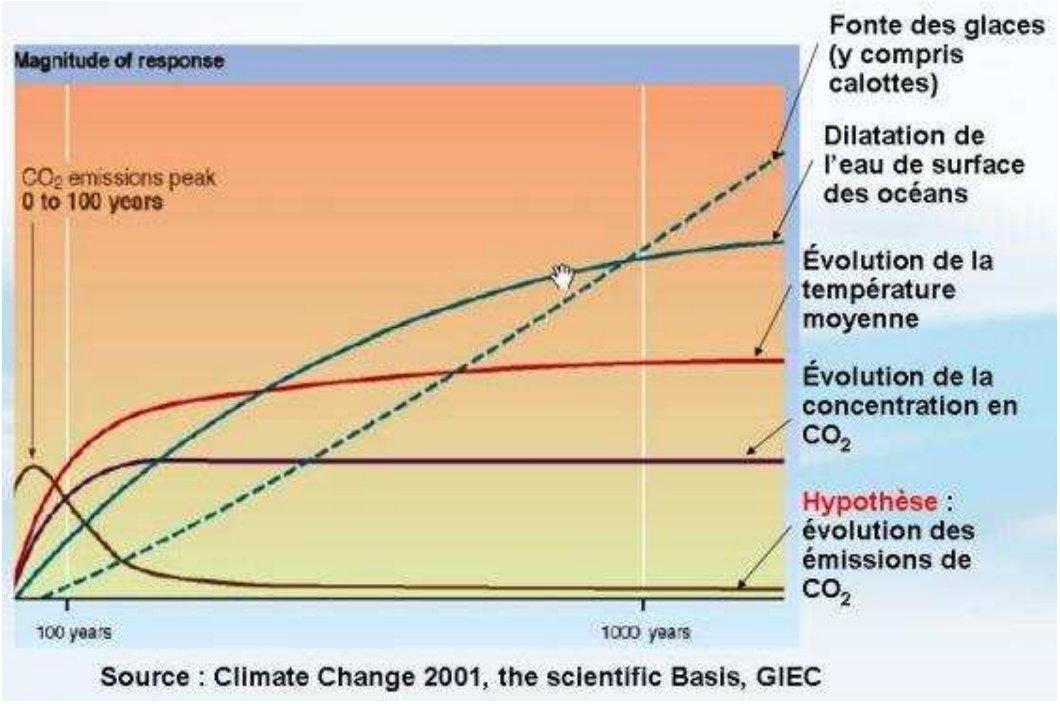


Figure 30 – Conséquences à long terme de variables environnementales

Dans un scénario où nous atteindrions notre pic d'émission de CO2 d'ici 0 à 100 ans, cela n'empêcherait pas les concentrations atmosphériques, la température moyenne, la dilatation de l'eau, la fonte des glaces de continuer jusqu'à 1000 ans.

Quelle est la cause de tant de mauvaises nouvelles ? Le simple fait que le Carbone reste dans l'atmosphère 1000 ans.

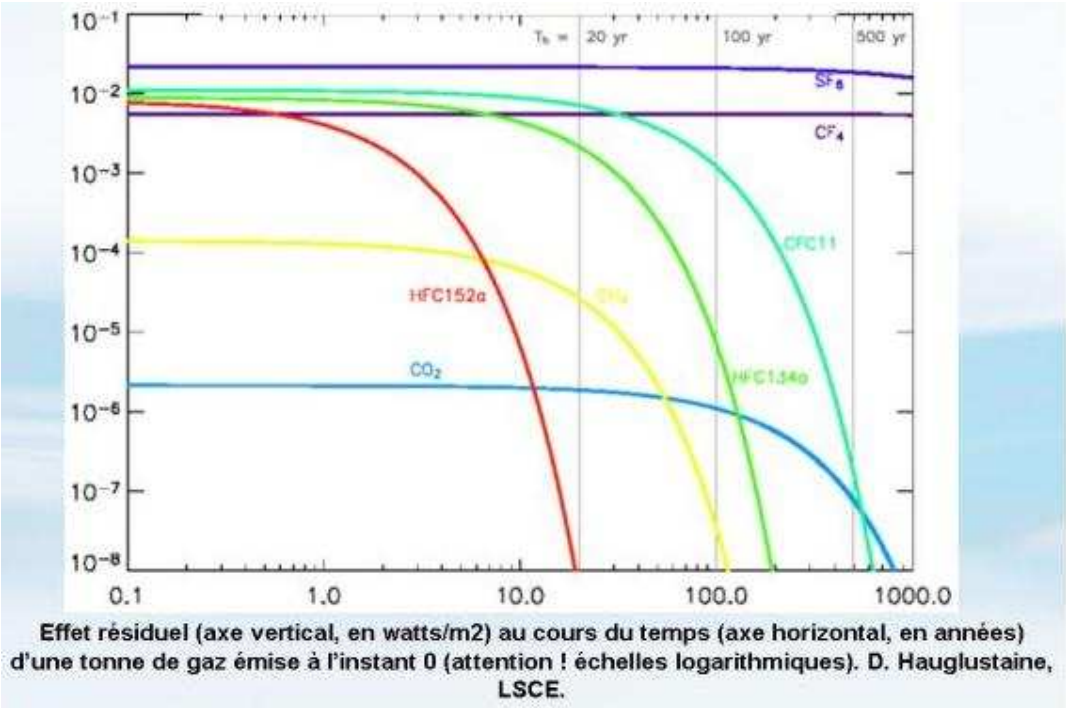


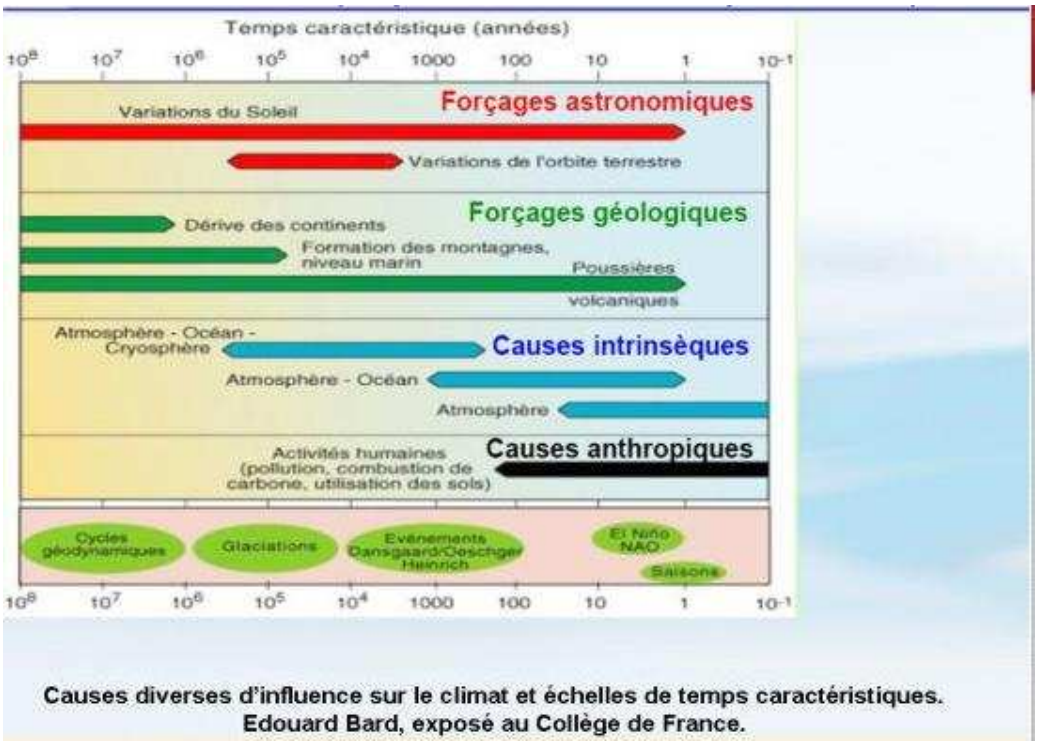
Figure 31 – Effet résiduel d'une tonne de gaz dans l'atmosphère

Comme le montre le graphique ci-dessus, chaque gaz carbonique que nous émettons aujourd'hui restera dans l'atmosphère jusqu'à 1000 ans, le même sort est donné aux autres GES, dans l'absolu, ce n'est pas très encourageant, cela signifie que chaque émission produite aujourd'hui a des conséquences et des risques d'effets de boule de neige jusque dans 1000 ans. Comme les produits radioactifs et leur radioactivité dont nous ne saurions nous débarrasser et que nous sommes obligés d'enfouir et de cacher pour nous protéger, le CO2 émis pollue l'atmosphère pour 10 siècles environ.

Il est donc primordial de comprendre au plus vite d'où viennent ces GES, à quelle teneur ? Quelle est leur composition globale ? Quelle est notre influence ? Quelle est notre marge de manœuvre ? Que pouvons-nous faire pour, dès aujourd'hui, optimiser le scénario de la figure 30 et passer au plus vite le pic carbonique avant d'arriver dans le mur.

Quand on réalise que même le passage du pic dans les 100 ans à venir (à savoir avant 2100), influe la température et la fonte des glaces pour les dix siècles à venir, cela nous fait prendre conscience à la fois de l'urgence, du fait que chaque seconde compte, et du fait que chaque seconde à une conséquence incroyablement lourde à 1 000 ans sur l'ensemble du système qui va continuer, comme le Titanic, à suivre sa douce traversée parsemée d'icebergs.

2.2.3 Origines et conséquences de l'effet de serre



Causes diverses d'influence sur le climat et échelles de temps caractéristiques. Edouard Bard, exposé au Collège de France.

Figure 32 – Causes de dégradation du climat mondial

En figure 29 on constate l'arrivée des causes anthropiques dans les différentes causes et forces qui gouverne le climat et son évolution. Cela ne fait plus aucun doute quant à l'effet de l'homme sur son milieu.

Quels sont les gaz qui font le plus d'effet sur l'atmosphère et d'où proviennent-ils ? Vu et copié[14] sur le site de Jean Marc Jancovici, ingénieur français, spécialiste dans le domaine de l'énergie et du climat, et consultant auprès de divers organismes publics et privés. Il est connu pour son travail de sensibilisation et de vulgarisation sur le changement climatique et la crise énergétique.

Si l'on se limite à l'effet de serre d'origine humaine, que l'on appelle parfois effet de serre "additionnel" (parce qu'il se rajoute à celui d'origine naturelle), ou anthropique, la répartition par gaz est totalement différente :

Les émissions directes de vapeur d'eau des hommes (provenant des centrales électriques, de l'irrigation, des barrages, de la déforestation...) ne contribuent pas à augmenter l'effet de serre de manière décelable, et ne sont donc pas prises en compte dans les émissions humaines. En effet, sur une planète couverte aux 2/3 d'eau (les océans), et compte tenu du fait que l'eau ne s'accumule pas dans l'atmosphère - où son temps de résidence est de l'ordre d'une semaine seulement -, les émissions d'origine humaine sont totalement marginales dans le cycle global de l'eau (à titre indicatif, les émissions annuelles de vapeur d'eau de l'humanité provenant de la combustion des hydrocarbures représentent moins de 1% de l'évaporation naturelle survenant en une seule journée). L'action de l'homme peut

[14] Les GES anthropiques : http://manicore.com/documentation/serre/gaz.html

très significativement perturber le cycle local de l'eau (la Mer d'Aral ou le barrage d'Assouan en offrent de bons exemples), mais cela n'a pas de répercussions significatives au niveau de la teneur moyenne en vapeur d'eau de l'ensemble de l'atmosphère, or c'est celle-là qui gouverne l'effet de serre qui en résulte.

Ce qui précède explique pourquoi il n'est pas tenu compte de la vapeur d'eau, excepté dans quelques cas bien particuliers tels l'aviation, lorsque l'on calcule les émissions de gaz à effet de serre liées à l'activité humaine.

Le gaz carbonique d'origine humaine est responsable d'un peu plus de 55% de l'effet de serre additionel dû à l'homme. Ce gaz comporte bien sûr des émissions naturelles (la respiration des animaux, une partie de la putréfaction, les incendies naturels, ou encore le réchauffement de l'océan de surface) très importantes, mais elles sont compensées par des "puits" tout aussi importants (le refroidissement d'autres portions de l'eau océanique de surface, et la photosynthèse). Le gaz carbonique venant des activités humaines (on parle d'émissions anthropiques, c'est à dire provoquées par l'homme) provient :

- pour l'essentiel de la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz),
- pour partie de certaines industries (par exemple pour la production de ciment),
- enfin pour une part non négligeable de la déforestation, notamment en zone tropicale (voir la page sur les puits pour les explications).

Le méthane engendre un peu plus de 15% de l'effet de serre anthropique. Le méthane est un gaz qui se forme dès qu'un composé organique (un reste d'animal ou de plante) se décompose à l'abri de l'oxygène de l'air (par fermentation ou putréfaction), par exemple au fond de l'eau ou sous terre. Une partie du méthane présent dans l'atmosphère est donc d'origine parfaitement naturelle, provenant notamment des zones humides (marécages, marais, etc) et...des termites !

Mais l'homme y rajoute sa part. Le méthane d'origine humaine provient :

- pour une part de la combustion de matière organique, notamment des brûlis en zone tropicale (la combustion du bois est toujours une combustion imparfaite, qui libère dans l'atmosphère des composés mal ou pas brûlés, dont du méthane),
- de l'élevage des ruminants (vaches, moutons, chèvres, yaks...), car les aliments qu'ils ingèrent fermentent dans leur estomac, en dégageant du méthane (à titre informatif il y a environ 20 millions de bovins en France : le poids des vaches est supérieur au poids des hommes !),
- de la culture du riz, car les zones humides en général émettent du méthane (ce gaz se forme dès que des composés organiques se décomposent - "pourrissent" - à l'abri de l'oxygène de l'air, comme par exemple au fond des marécages, ou encore dans les sédiments océaniques),
- des décharges d'ordures ménagères (encore le "pourrissement" à l'abri de l'oxygène de l'air),
- des exploitations pétrolières et gazières, à cause des fuites de gaz (le méthane est le principal constituant du gaz naturel), et des mines de charbon (le méthane est le principal constituant du grisou).

Les halocarbures engendrent un peu plus de 10% de l'effet de serre anthropique (ces gaz n'ont pas d'émissions naturelles). Les premiers représentants de cette famille sont connus de tous : il s'agissait des CFC, désormais remplacés par

d'autres gaz voisins, mais qui ne détruisent pas l'ozone stratosphérique. Ces gaz sont utilisés :

- comme gaz réfrigérants (dans les systèmes de climatisation et les chaînes du froid) ; les émissions de ce poste proviennent essentiellement des fuites et mise à la décharge des systèmes de climatisation,
- comme gaz propulseurs dans des bombes aerosols ; les fameux CFC constituent une sous-famille devenue célèbre des halocarbures. Le Protocole de Montreal a décidé leur éradication progressive car, en plus d'être de puissants gaz à effet de serre, ils sont aussi responsables de la diminution de l'ozone en haute altitude,
- dans certains procédés industriels (fabrication de mousses plastiques, mais aussi...de composants d'ordinateurs ou de téléphones portables).

Le protoxyde d'azote (N_2O) engendre environ 5% de l'effet de serre anthropique. Pour ce gaz il y a aussi des émissions naturelles, qui proviennent essentiellement des zones humides. La part "humaine" (anthropique) provient

- de l'utilisation des engrais azotés en agriculture,
- de certains procédés chimiques.

L'ozone (O_3) troposphérique engendre enfin environ 10% de l'effet de serre anthropique. L'ozone est une variante de l'oxygène (une molécule d'ozone comporte 3 atomes d'oxygène au lieu de 2 pour le gaz "oxygène" normal) qui est naturellement présent dans l'atmosphère. Selon l'endroit où il se trouve il nous intéresse beaucoup ou il nous est nuisible :

- dans la haute atmosphère, où l'on parle d'ozone stratosphérique (la stratosphère est la couche de l'atmosphère située entre 10 et 50 km d'altitude), il arrête les ultraviolets du soleil qui ont tendance à "casser" les liaisons chimiques indispensables à la vie ; il nous y est donc très utile (sans cette couche d'ozone stratosphérique la vie évoluée n'existerait probablement pas en dehors des océans),
- dans nos villes, bien qu'il continue aussi à arrêter les ultraviolets les plus agressifs qui viennent du soleil (mais près du sol il n'en reste plus beaucoup à arrêter, heureusement), il montre aussi une autre de ses facettes, c'est que c'est un oxydant très agressif, et donc que nos poumons n'aiment pas beaucoup en respirer. L'ozone troposphérique (la troposphère est la couche la plus basse de l'atmosphère, celle qui "touche" le sol, et elle va jusqu'à la stratosphère, à environ 10 km du sol) est l'un des composants de la pollution locale, et provient indirectement de la combustion d'hydrocarbures. Ce terme de l'effet de serre est donc - outre le CO_2 - une conséquence de l'utilisation des énergies fossiles (pour plus d'explications sur l'ozone, voir cette page).

Depuis le début de l'ère industrielle, c'est à dire depuis l'année 1750 environ, ce que nous avons mis dans l'atmosphère a pour effet d'introduire un "forçage radiatif" de l'ordre de 1% du rayonnement reçu.

Dit autrement, à travers ses émissions de gaz à effet de serre l'homme a modifié la situation "comme si" le soleil avait augmenté sa puissance d'environ 1%. Cela peut paraître peu. Pourtant, compte tenu des énergies considérables qui sont en jeu, de la fragilité de certains équilibres naturels, et du fait que ces effets agissent sur de longues périodes, c'est très significatif pour notre avenir.

2.2.4 Couple Consommation-Emission de CO2

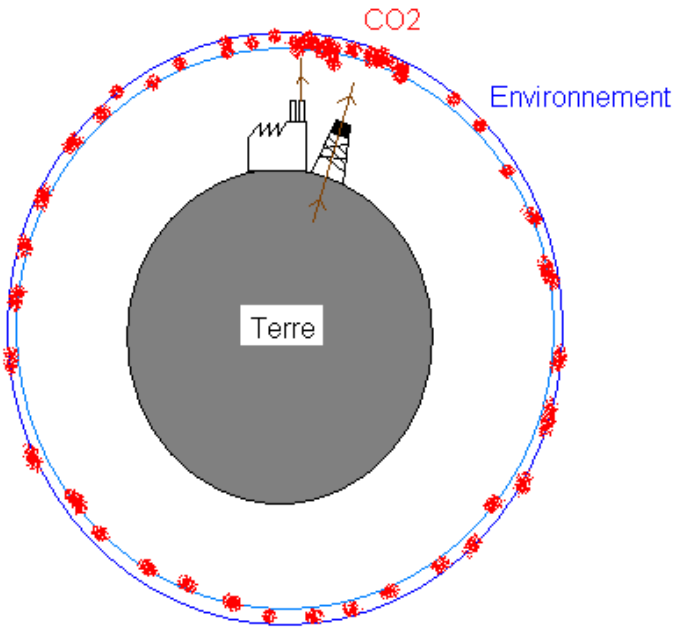


Figure 33 – Le couple consommation d'énergie – Impact sur l'environnement

C'est en puisant dans la Terre les ressources fossiles que nous rejetons dans l'atmosphère que nous générons notre empreinte écologique énergétique très néfaste. Qu'y a-t-il dans le raisonnement de faux ? Rien dans la théorie, si ce n'est le rythme avec lequel nous réalisons cet échange. En effet, ces substances et réserves qui ont mis des millions d'années à ce générer sont exploitées par l'Homme a des vitesses toujours croissantes et sont à moitié épuisées en 150 ans seulement d'existence. C'est donc suite aux nombreux booms technologiques que nous avons réalisés qui nous ont poussé les uns après les autres plus près du pied du mur carbonique : le boom industriel, le boom démographique, le boom des transports et le boom de la consommation de masse. Pour nous aider à résister face à ce rythme toujours croissant, en booms palliatifs sont arrivés les boom de la dématérialisation et de la communication qui nous ont permis de remplacer à de nombreux niveaux l'utilisations des ressources fossiles et de réduire les distances dans nos échanges. Ce n'est pas pour autant que notre consommation fossiles et son rythme en ont été significativement modifiés.

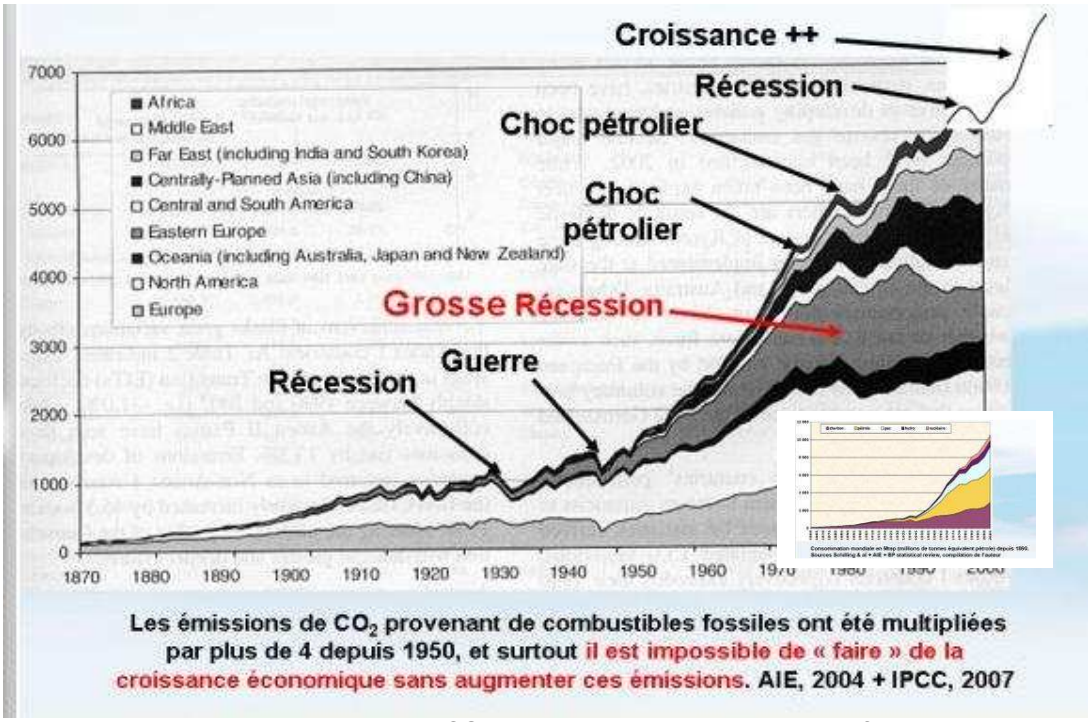


Figure 34 – Emissions de CO2 par rapport aux combustibles fossiles

Figure 30, on peut observer les émissions de CO2 par rapport aux combustibles fossiles. Comme on l'avait vu avec la consommation énergétique (rappelée en encart de la figure 30) l'augmentation est progressive et constante, rappelant la fonction exponentielle vue en première partie. Il n'y a donc aucun doute sur le fait que les deux variables sont très significativement liées: « il est impossible de faire de la croissance énergétique et économique sans augmenter ces émissions ».

Il s'agit maintenant de trouver **une nouvelle dimension** à ce couple consommation énergétique – impact carbonique sur l'atmosphère pour pouvoir continuer à nous développer sans porter atteinte à notre environnement.

2.2.5 L'équation de Kaya

Inventée [15]par Yoichi Kaya, économiste de l'énergie japonais, l'équation met en relation d'une part les émissions de gaz carbonique, et d'autre part la population mondiale, le PIB mondial et le PIB par habitant, la consommation d'énergie primaire mondiale et l'intensité énergétique mondiale du PIB d'ici 2050.

En proposant de part et d'autre de l'équation des termes s'annulant, l'économiste n'a rien fait d'autre que traduire une relation avec des termes que l'on connaît et que l'on peut mesurer.

Ainsi, selon le GIEC, que nous le voulions ou non, les GES doivent être divisés par deux. Diviser par deux le membre de gauche de l'équation équivaut à diviser par deux le résultat du membre de droite de l'équation.

Ayant donc à droite, le contenu en gaz carbonique de l'énergie multiplié par l'intensité énergétique de l'économie multiplié par la production par personne multiplié par la population, pour que cette relation soit divisé par deux, il faut étudier les variables séparément.

Le contenu en Gaz carbonique de le l'énergie a été amélioré de 10% en 30 ans sur les 30 dernières années. Le diminuer de moitié dans les 50 à venir n'est pas une mince affaire, mais on a de la marge de progression. Disons que pour l'instant nous n'y sommes pas tout à fait. De plus, en doublant notre approvisionnement énergétique, cela risque de se corser.

Ensuite vient l'intensité énergétique de l'économie, c'est-à-dire quelle est l'énergie que nous pouvons extraire avec l'équivalent d'1 dollar. Cette dernière a augmenté de 30% en 30 ans, un gain de 50% dans 50 ans peut laisser rêveur.

La production par personne, c'est la croissance du PIB par habitant. On sait qu'une croissance de 4% par an donnent une multiplication par 7 au bout de 50 ans, ici on parle de la diviser par deux, ceci implique donc une réduction du PIB, ou de la population.

Comment avoir une partie de l'équation à droite qui soit divisé par deux d'ici 50 ans alors que jusqu'ici la tendance est plutôt inversée. Technologiquement, nous sommes limités, l'efficacité énergétique et l'efficacité carbone sont bien les murs que nous voyons venir.

Face à cette équation, très souvent utilisée par le GIEC, il devient aisé de penser que la solution la plus facile est encore de réduire la population.

[15] Yoichi Kaya, Environment, Energy, and Economy : strategies for sustainbility

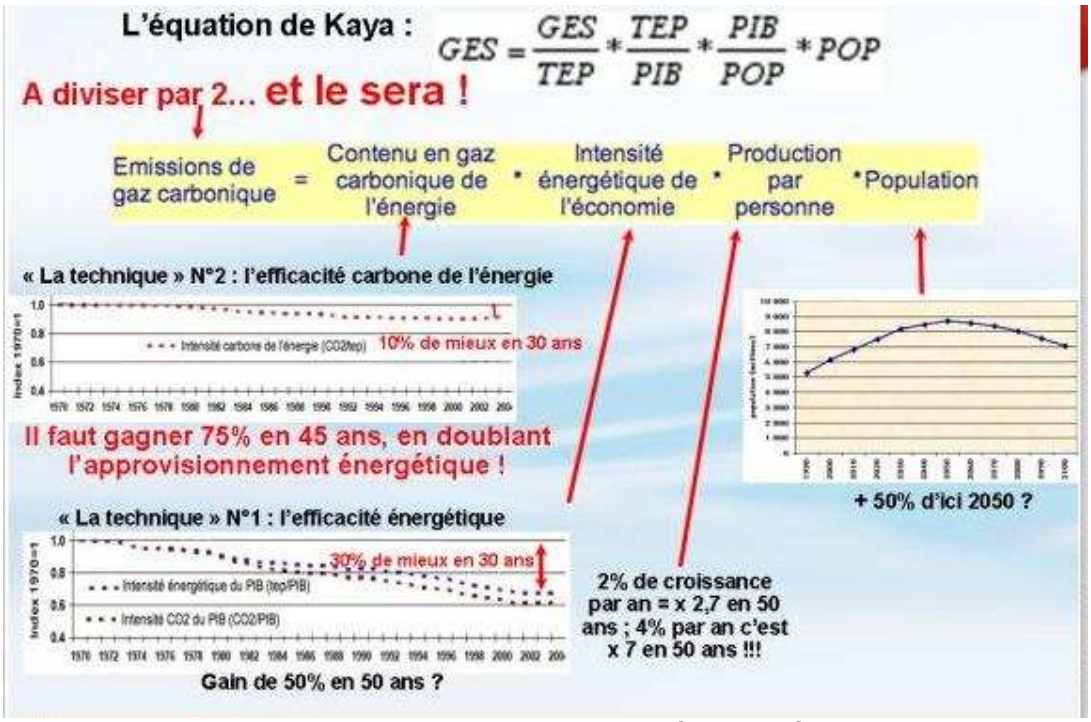


Figure 35 – Equation de Kaya – la clé du problème

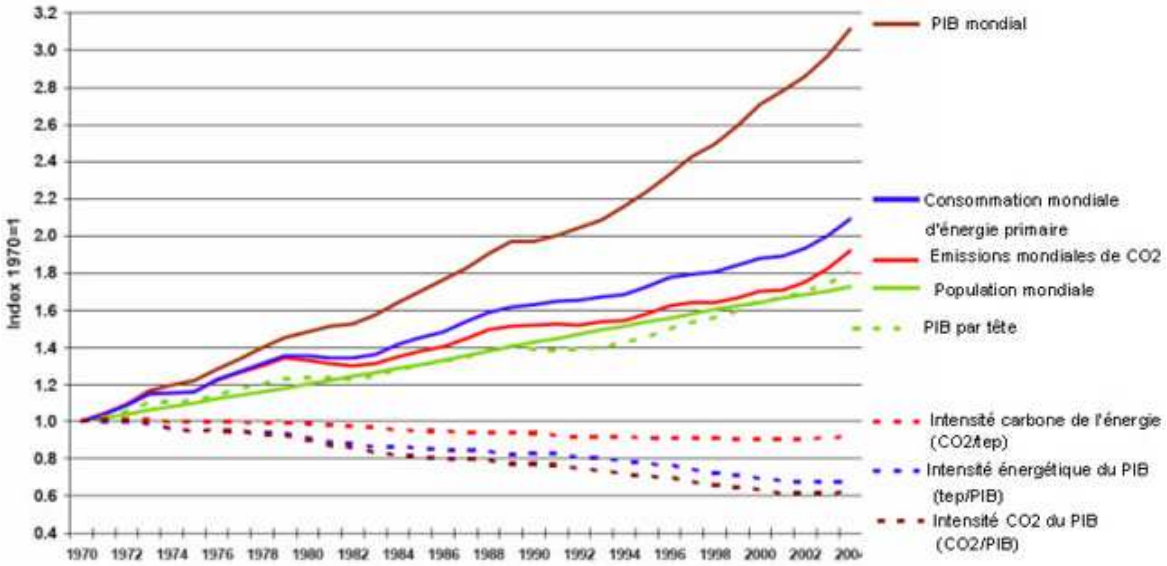
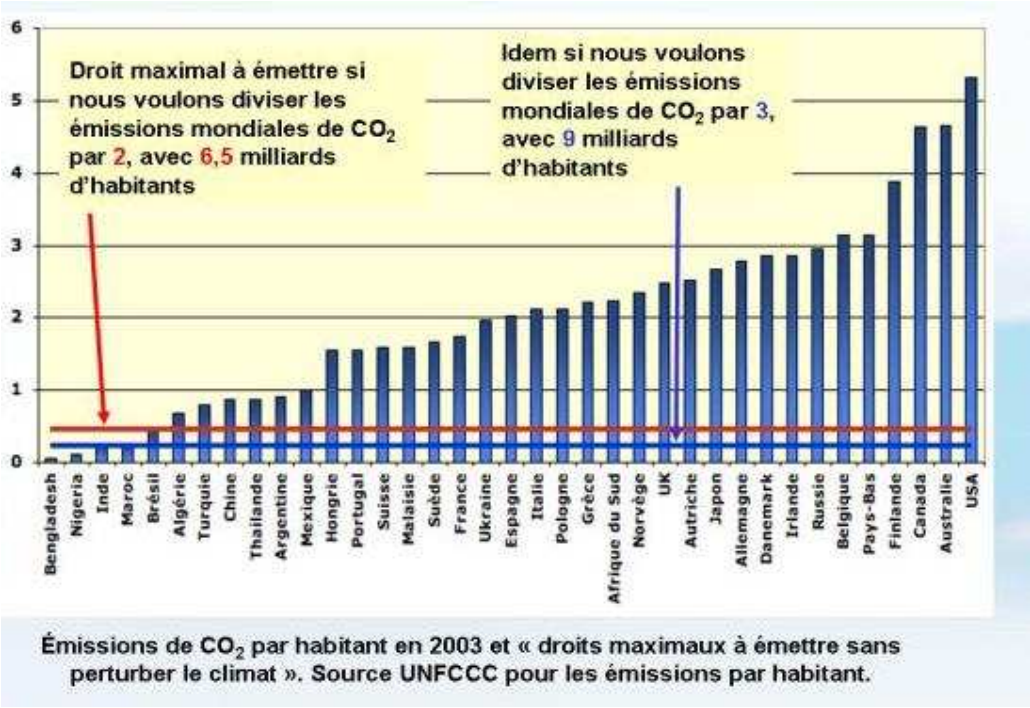


Figure 36 – Evolution des variables énergétiques et environnementales

En figure 36 on retrouve pour la nième fois les évolutions de nos principales variables : la population, le couple production / émission, ainsi que les variables de l'équation de Kaya : l'intensité Carbone, l'intensité énergétique ainsi que l'intensité CO2 du PIB. En comprenant les liens entre les variables, et les limites de l'équation de Kaya, on comprend l'urgence de nouvelles énergies, d'un nouveau couple production/émission afin de faire face aux réductions internationales nécessaires.



Émissions de CO_2 par habitant en 2003 et « droits maximaux à émettre sans perturber le climat ». Source UNFCCC pour les émissions par habitant.

Figure 37 – Emissions de CO2 par habitant, scénario normal et réduit

Enfin, sur la figure 37 on découvre les principaux pays et leurs émissions par habitant en 2003. La barre rouge représente le niveau que nous voulons atteindre pour 2050, seulement en 2050 la Terre sera occupée par 9 milliards d'habitants. La barre bleue représente donc une réduction par 3 avec 9 milliards d'habitants. Ainsi, si nous voulons nous préparer à une émission homogénéisée par habitant d'ici à 2050, nous devons dès aujourd'hui réduire notre consommation/émission énergétique au niveau de celle d'un Indien de 2003. Voilà qui devrait mettre des images sur des mots souvent peu représentatifs.

2.2.6 Etat de la situation actuelle

L'idée du réchauffement global a été redécouverte dans les années 1970 et étudiée attentivement à partir des années 1980. Une intense discussion entre scientifiques s'en est ensuivie. Le changement climatique est dû à l'accroissement de l'effet de serre, du faiti de l'accumulation récente de ces gaz dans l'atmosphère la chaleur moyenne de celle-ci augmente.

L'idée que le changement climatique est déjà engagé repose sur trois progrès de l'observation : le taux de dioxyde de carbone et d'autres gaz dans l'atmosphère ne cesse d'augmenter ; la température moyenne du globe s'accroît régulièrement ; la qualité des modèles physiques de la biosphère et celle des autres outils de connaissance du climat se sont beaucoup améliorées.

L'augmentation de la température moyenne à la fin du XXIème siècle envisagée en prolongeant les tendances actuelles, devrait se situer entre 1,4 à 5,8°C. Elle est calculée par le GIEC, qu. Cela ne veut pas dire que l'on s'arrêterait là. Si rien ne change d'ici à la fin du siècle, ce réchauffement se poursuivra.

Ces chiffres apparemment modestes sont en fait importants. LA température moyenne du globe est de 15°C. Quelques degrés suffisent à un changement radical de régime climatique. Par exemple, moins de 3°C nous séparent de l'holocène, voilà de 6 mille à huit mille ans, une période très différente d'aujourd'hui ; de même, la température sous l'ère glaciaire d'il y a vingt mille ans n'était que de 5°C inférieure à celle d'aujourd'hui.

Même si l'on arrêtait d'un seul coup les émissions de gaz, l'augmentation de l'effet de serre provoquée par les émissions précédentes ne serait pas immédiatement interrompue. En effet, beaucoup de GES comme nous l'avons vu mettent plusieurs dizaines ou centaines d'années avant de disparaître.

Les systèmes naturels présentent une inertie importante : lents à se modifier, ils sont également lents à retrouver l'état antérieur.

C'est pour cela que la comparaison avec le Titanic, ou un énorme bateau est aisée, car une fois celui-ci lancé, il n'est pas si facile de changer sa trajectoire ou de lui faire marche arrière.

Nous ne pouvons plus espérer revenir rapidement à la situation qui existait avant le milieu du XIX ème siècle, moment où, lors de la révolution industrielle, l'émission massive de GES a commencé. En revanche, nous pouvons ralentir l'accélération de ces émissions, viser à leur stabilisation, puis à leur décroissance. Cela permettrait de limiter le réchauffement deux ou trois degrés Celsius. C'est devenu, en fait, le seul objectif réaliste.

Conclusion de l'analyse sur la variable environnementale

C'est maintenant sûr et évident, notre consommation énergétique et strictement croissante pour les énergies fossiles, avec la population et entraîne avec elle une émission de GES proportionnelle à la richesse des pays. Ainsi nous avons donc un mur énergétique qui créée lui-même un mur carbonique.

Le mur carbonique apparaît en même temps que le mur environnemental, c'est-à-dire que notre consommation d'énergie abusive et strictement croissante a entraîné des dommages sur les terres, l'air, la pollution des milieux, mis en danger des espèces et le cycle de l'eau à bien des niveaux. Nous n'avons pas seulement rempli l'atmosphère de CO2, nous avons également agit sur notre milieu en mettant en péril nombre des espèces qui nous entourent.

Notre chance est donc notre malheur puisqu'en affrontant le mur énergétique, nous réduisons nous même les conséquences du mur énergétique, et il ne nous resterait théoriquement plus qu'à tenter de réparer les dégâts sur l'environnement. Théoriquement, car avec l'effet boule de neige que nous découvrons sur l'effet d'action du CO2, n'est-il pas déjà trop tard ?

Ayant enclenché la grande machine à CO2 pour plus de 150 ans déjà, il est certain que nous n'arriverons pas à nous priver de toutes les réserves fossiles encore présentes, et nous savons pertinemment que cette consommation nous condamnerait, nous et les générations suivantes sur environ 1000 ans.

Dans le mur énergétique, la mauvaise nouvelle est le fait de la limite des ressources que l'on pensait jusque là infinie et illimitée, suivant notre gourmandise. Ce n'est pas le fait que ces ressources soient sales et ont des conséquences sur l'environnement dramatique. Dans l'épreuve du mur carbonique, la bonne nouvelle est justement que les ressources fossiles soient limitées et qu'on atteint bientôt leur limite.

Alors que le mur énergétique aurait suggéré l'optimisation à fond de toutes les techniques d'extraction et d'intensification de l'énergie produite par ressource fossile, la nécessité pour surpasser le mur carbonique nous oblige à trouver dès maintenant des structures de remplacement sans penser à la chance de consommer l'autre moitié des réserves qu'il nous reste. Le paradigme est complètement différent. L'argent allant toujours là où il tourne le plus vite, il coulera bientôt vers les énergies renouvelables, au lieu de perfectionner des techniques déjà bien avancées pour les anciennes énergies.

Toute augmentation énergétique devrait donc désormais ne se faire que sur des modèles propres et renouvelables. En théorie on devrait arrêter dès maintenant les centrales et raffineries à forte émission mais comme cela est quasiment impossible, utilisons ce qu'il nous reste prudemment afin de glisser lentement vers un système propre.

Cela ne résout absolument pas nos crises d'extinctions d'espèces, de biodiversité et alimentaires qui liées à notre population ne trouveront pas d'autres solutions que dans l'adaptation aux conditions du nouveau climat.

Autant d'optimisme peut apparaître quand on pense à la chance de la

synchronisation que ces deux murs peut présenter, en réalité, tout dépend de la vitesse à laquelle nous allons vers ce changement de monde, et tout dépend du retard que nous avons déjà pris vers la bonne direction.

La production d'énergie renouvelable étant toujours très faible aujourd'hui, de nombreux scientifiques ne croient plus seulement au changement climatique et à la façon de réduire nos émissions, face à cette situation dont ils ont déjà beaucoup travaillé les scénarios d'évolution, ils sont déjà dans des cas d'adaptations aux conséquences du réchauffement climatique.

Ainsi, aux Pays-Bas où plus de la moitié du pays se trouve sous le niveau de la mer, la prise de conscience face aux enjeux futurs apparaît beaucoup plus facilement à l'esprit quand on pense à la fonte des glaciers. Cependant, avec 2° de différence, la France comme l'ensemble des autres territoires mondiaux connaîtraient des changements que nous n'imaginons pas et aux conséquences similaires à l'inondation des Pays-Bas.

L'Homme est donc face à ces trois murs qui s'élèvent face à lui. Il est maintenant question de savoir si nous allons pouvoir les surmonter, tous les trois avec succès, et laisser aux générations prochaines une Terre aussi propre que celle que nous avions en arrivant. Nous possédons toutes les clés pour faire face, aussi bien la technologie, que les instruments, la technique, et la structure politique.

Tous ensemble, tous les habitants de la planète se retrouvent dans un petit bateau à la direction et à la survie commune. Nous sommes seuls responsables de ce qu'il nous arrive et il est temps de savoir si nous pouvons et voulons mettre toute notre énergie en œuvre pour éviter la catastrophe.

Nous n'avons rien à perdre, que le regret de se dire que nous n'avons rien fait.

Afin de savoir quelle est l'étendue des dégâts, il nous faut étudier les scénarios pour savoir s'il n'est pas déjà trop tard pour arrêter le changement climatique. De ces scénarios découleront également les adaptations et les recommandations pour non seulement enrayer l'effet boule de neige, mais aussi pour s'adapter au nouveau monde, avec les changements violents qu'il risque de connaître.

En établissant un scénario très positif et un scénario très négatif pour chaque variable, on prend en compte l'ensemble des variations possibles, chacun se situe ensuite dans les possibles entre ces deux scénarios.

C'est ce que nous allons développer dans la partie suivante.

3. Hypothèses de scénarios

Afin d'établir des scénarios et d'y voir plus clair sur les hypothèses du futur, il nous faut choisir les variables les plus pertinentes pour faire des scénarios d'évolution intéressant. Dans un premier temps donc nous choisirons ces variables et définirons leurs évolutions selon certains critères. Dans un second temps nous élaborerons 4 scénarios à partir de ces évolutions et différences. Enfin, de ces 4 scénarios que nous survolerons, nous nous concentrerons sur deux diamétralement opposés afin de prendre conscience de notre besoin d'action.

Parmi les variables qui risquent d'évoluer dans les 20 ans à venir, voici celles qui nous intéressent particulièrement :

- la production d'énergie renouvelable
- la production d'énergie fossile (hors énergie nucléaire)
- La consommation totale d'énergie

Quelles sont les variables qui sont intéressantes à étudier ? Quelles sont leurs composantes ? et sur quoi agissent-elles ?

L'émission de GES n'étant pas uniquement liée à la production d'énergie, nous n'obtiendrons pas des modèles donnant réponse à tout, il faut le reconnaître, mais le nombre de variables complexes étant très élevé, nous allons nous réduire à ce que nous pouvons maîtriser simplement.

Nous pouvons déterminer autant de scénarios fictifs que nous le souhaitons, cependant, l'idée est d'en définir un très positif et un très négatif, afin de bien stigmatiser les conséquences de notre choix d'action. En poussant à l'extrême dans un sens comme dans l'autre, on pourra déterminer quelle est la trajectoire qui nous intéresse et au moins s'engager vers celle-ci.

Le futur se trouvera probablement composé d'un peu des deux scénarios, à combien celui-ci sera composé du positif et à combien du négatif, ces deux résultats seront en tout cas très liés à l'évolution de la variable « production d'énergie fossile » par rapport à « la production d'énergie renouvelable ». Autrement dit, par rapport à nos 3 variables, on sait que la consommation d'énergie est égale à la production totale d'énergie puisque nous ne stockons presque pas l'énergie et que nous la consommons au rythme où nous la produisons.

L'inconnue est donc la vitesse à laquelle nous allons nous lancer dans les énergies renouvelables, qui représentent aujourd'hui, seulement 16% de la consommation totale d'énergie.

Soit 3 variables :

VAR 1 = Consommation totale d'énergie
VAR 2 = Production totale d'énergie renouvelables
VAR 3 = Production totale d'énergie fossile (hors énergie nucléaire)

On sait que VAR 1 = VAR 2 + VAR 3 à l'énergie nucléaire prêt.

Voici donc la situation de départ :

	Scénario de départ	
Energie totale	100	VAR 1
Energie renouvelable	16	VAR 2
Energie non renouvelable	84	VAR 3

L'énergie crée à base d'énergie renouvelable en 2009 est 16% du total, admettons donc 3 valeurs repères pour nos 3 consommations de 2009 : 16 pour l'ER, 84 pour l'ENR et 100 pour l'ensemble de la consommation en 2009.

Soient ces 3 mêmes variables d'ici 2030.

Appelons les VAR'1, VAR'2 et VAR'3, on a toujours la relation :

VAR'1 = VAR'2+ VAR'3

VAR'1 devrait logiquement augmenter, la population et la consommation individuelle augmentant, d'ici 2030, la demande globale énergétique sera donc supérieure à celle d'aujourd'hui, c'est un fait qui peut devenir problématique par rapport aux courbes de déplétion de nos énergies fossiles.

Maintenant la question est de savoir comment nous allons subvenir à cette demande, via quelle offre. Là nous avons 3 possibilités différentes, la première est la solution habituelle et historique, les énergies fossiles et polluantes, comme nous l'avons vu, ses impacts sont importants sur l'atmosphère et arrêter au plus tôt cette production doit être l'objectif numéro 1 des Etats. La seconde possibilité est le nucléaire, que nous ignorerons pour la suite de l'exercice tant sa situation est complexe puisqu'il ne peut pas remplacer les autres énergies, bien qu'il ne génère pas de CO2, il reste une énergie très sale et l'uranium est soumis à un pic lui aussi qui même s'il devrait arriver plus tard ne peut constituer une solution unique à moyen long terme. Même si c'est pour certains probablement une très bonne énergie de transition, séparons nous dès maintenant afin de résoudre tous nos problèmes d'un coup. La troisième et dernière possibilité est représentée évidemment par les énergies renouvelables, dans laquelle nous allons nous orienter à plus ou moins grande vitesse.

Soit VAR'2max la valeur maximum d'Energie renouvelable que nous produirons en 2030.

Soit VAR'2min la valeur minimum d'Energie renouvelable que nous produirons en 2030.

Soit VAR'3max la valeur maximum d'énergie non renouvelable que nous produirons en 2030.

Soit VAR'3min la valeur minimum d'Energie non renouvelable que nous produirons en 2030.

Trois faits sont avérés :

- la production d'énergie renouvelable (ER) en 2030 ne peut pas être inférieure à la production en 2009
- la production d'énergie Non renouvelable (ENR) en 2030 ne peut être supérieure à la production en 2009 (éventuellement le nucléaire)
- Nous utiliserons toutes les ressources à notre disponibilité, quelles qu'elles soient pour satisfaire notre consommation mondiale, autrement dit, tant que cela est possible la demande d'énergie sera égale à l'offre, par contre quand celle-ci commencera à diminuer, la demande (la consommation) devra diminuer parallèlement.

Le fait d'utiliser ces 3 vérités permet de se mettre uniquement dans un contexte favorable à la diminution des GES. En effet, il n'est pas concevable aujourd'hui, compte tenu des nombreuses destructions et des risques déjà révélés de continuer à exploiter les ENR sans limite et ce pour deux raisons : leur effet très néfaste et le dépassement progressif de leurs pics de production. Ainsi alors que la crise économique se fait subir, nous avons atteint au plus haut 105 millions de barils de pétrole par jour, et nous n'y reviendront plus.

Il est primordial de se rappeler que nous ne dépasserons jamais ces limites, parce que nous ne le voulons pas, et parce que nous ne le pouvons pas.

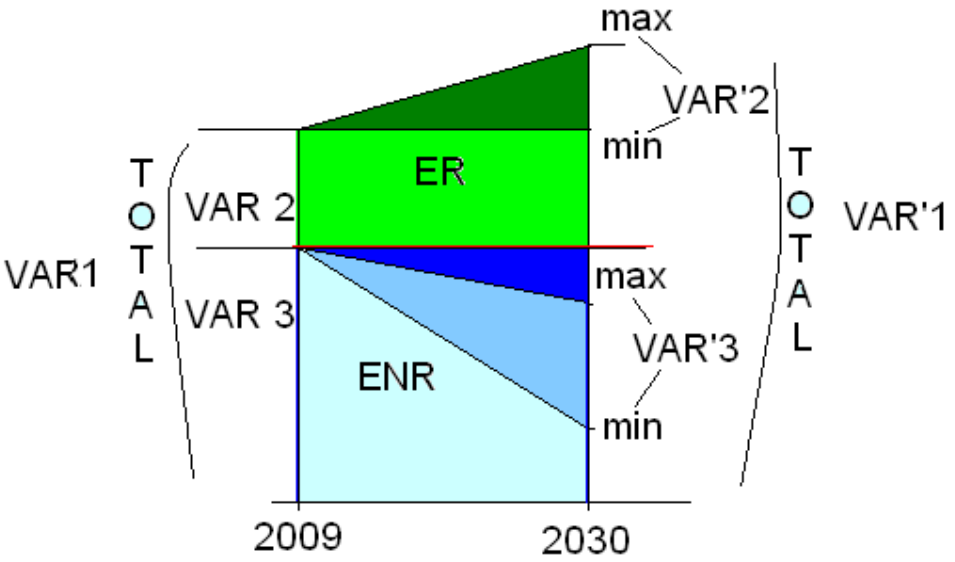


Figure 38 – Scénario présent et scénario futur

Etant données ces bases, l'essentiel est donc de savoir :

- De combien l'ER peut augmenter en 20 ans
- De combien les ENR peuvent réduire en 20 ans

Pour cela, nous allons créer des coefficients types :
Pour l'ER , au minimum sa valeur sera multipliée par un coefficient de 1
Au maximum sa valeur sera multipliée par un coefficient de 1,66

Pour l'ENR, au maximum sa valeur sera multipliée par un coefficient de 1
Au minimum sa valeur sera multipliée par un coefficient de 0,33

Avant d'aller plus loin, décomposons les variables ER et ENR pour savoir de quoi elles sont composées, et ce qu'elles impliqueront comme modification sur le système :

VAR2 = ER = L'énergie renouvelable est l'ensemble des moyens de productions propres et illimitées comme la biomasse, le solaire, l'éolien, le géotermique, l'hydraulique, le marémoteur etc.

Sa création demande des investissements.
Son entretien également, sa productivité par unité, mais le nombre d'unité est limité par la taille du terrain, et il nous reste de la place pour installer toutes les infrastructures nécessaires. Etant propre, elle n'émet pas de CO2 dans l'atmosphère ce qui en fait l'énergie du futur. Cependant il nous faut le temps de les installer et de les construire. Il faut également développer les technologies pour augmenter leurs rendements, et d'autres dispositifs pour qu'ils ne déforment pas complètement les paysages de notre planète.

VAR3 = ENR = Les énergies non renouvelables telles qu'on les a vu : charbon, gaz et pétrole. Elles sont limitées physiquement, elles sont polluantes et dépendent de monopoles, ont des lobbys très puissants qui leur permettent de se défendre au niveau politique. Elles ont des forts taux d'émission de CO2, continuer à les utiliser comme nous le faisons est une forme de suicide, mais nous ne pouvons pas encore nous en passer pour l'instant.

Le but est donc d'augmenter VAR2 le plus vite possible tout en diminuant VAR3.

Nous allons établir 4 scénarios différents, dans lesquels VAR'2 et VAR'3 prennent des valeurs successivement extrêmes et minimes.

Soient :

le scénario 1 : VAR'2min + VAR'3min
le scénario 2 : VAR'2max + VAR'3min
le scénario 3 : VAR'2min + VAR'3max
le scénario 4 : VAR'2max + VAR'3max

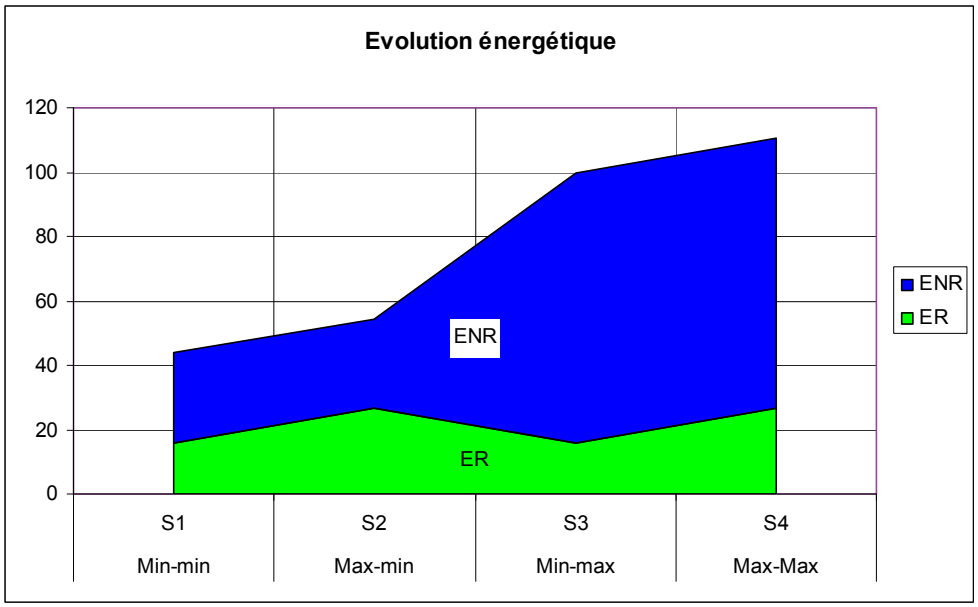


Figure 39 – Evolution énergétique les 4 scénarios d'augmentation ou de réduction des énergies

En bleu clair enfin apparaît notre VAR'1, le total de VAR'2 et VAR'3.

(ER-ENR)		ER - VAR'2	ENR - VAR'3	Dégâts climat	Adaptation énergétique	Total – VAR'1
Min-min	S1	16	27,72	13,86	56,28	43,72
Max-min	S2	26,56	27,72	13,86	45,72	54,28
Min-max	S3	16	84	42	0	100
Max-Max	S4	26,56	84	42	0	110,56

On représente en plus de VAR'2 et VAR'3 d'autres variables :

- Les dégâts climats en rouge, sont liées à la concentration du CO2 dans l'atmosphère, donc liés à la production d'ENR
- L'adaptation énergétique en violet est l'effort de réduction que nous allons devoir réaliser par rapport aux habitudes et consommation de 2009. On peut justifier celui-ci soit dans une intensité énergétique plus haute, mais surtout par une réduction de la consommation énergétique.

Ces deux variables sont contraires et c'est plutôt normal, pour chaque diminution de la production d'ENR, on a certes une réduction des dégâts climats, mais il faudra s'adapter énergétiquement pour pallier à cette production. Les valeurs données sont simplement représentative de quantités abstraites, elles ne sont en rien assimilables à des changements de températures ou des fontes des glaces.

Sortent donc de cette simulation 4 scénarios S1, S2, S3 et S4.

Les impacts sur le climat sont aussi élevés qu'en 2009.

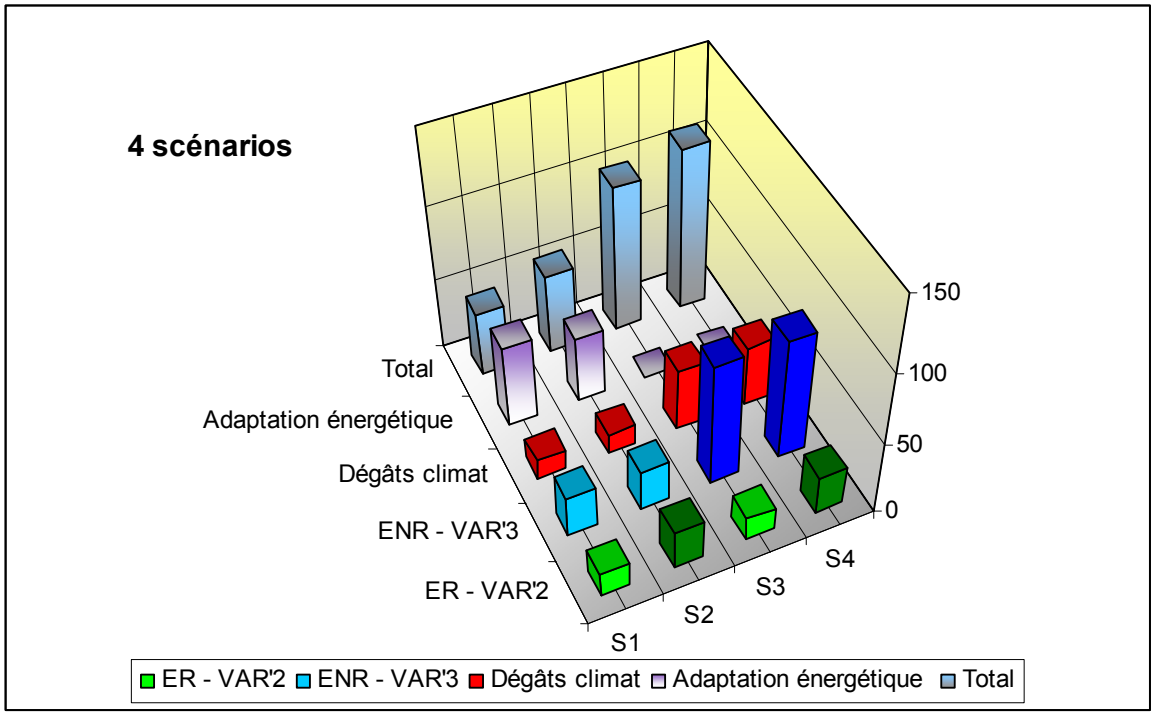


Figure 40- 4 scénarios d'avenir

Etudions les là la loupe, et sélectionnons parmi ces 4 scénarios, 2 scénarios extrémistes que nous analyserons et chacun pourra alors se positionner par rapport à ces scénarios.

3.1 **Scénario 1 : ER min ; ENR max**

Min-min	ER - VAR'2	ENR - VAR'3	Dégâts climat	Adaptation énergétique	Total – VAR'1
S1	16	27,72	13,86	56,28	43,72

Les énergies renouvelables n'ont pas décollé en 20 ans, nous sommes restés au même niveau, c'est le pire qu'on puisse faire.

Les énergies non renouvelables ont diminué, suite à une grosse réduction. Il est étrange de penser que les ENR puissent avoir diminué si les ER n'ont pas augmenté, regardons l'impact sur la consommation totale et ce que cela peut impliquer.

Les dégâts sur le climat sont minimes, on a limité la casse par rapport à 2009. Ce qui n'arrête pas pour autant les émissions, mais nous avons bel et bien passé le pic carbonique.
Les émissions en GES n'ont pas augmenté, et de nombreux centres d'émissions ont été radicalement arrêtés.

L'adaptation énergétique est très forte, quelle que soit la manière dont nous nous y sommes pris, nous avons diminué par plus de deux la consommation totale, ce qui signifie soit des changements drastiques dans notre mode de consommation, soit une réduction très nette de la population.

La consommation totale a été divisée par deux. Encore une fois, on imagine mal en 20 ans tant de changements, et donc ce serait probablement un scénario qui serait lié à des fluctuations extrêmes sur des variables externes à notre zone d'étude comme par exemple : des destructions d'usines, l'arrêt radical du pétrole, et une société au bilan énergétique incroyable.

Donc dans notre scénario 1, les apports énergétiques ont complètement été réduits, pour le bien être du climat aux dépens de notre confort.

La seule solution envisageable pour rester au même niveau de confort énergétique est une augmentation de l'intensité énergétique couplée à une diminution drastique de la population.

On peut donc imaginer une Recherche & Développement couplée à une technologie de pointe qui arrivait tardivement multiplierait par 10 les ENR telles que nous les connaissions avant.

L'autre vision de ce même monde serait une décroissance totale et une sortie complète de la société de surconsommation. Nous aurions alors le bilan énergétique d'un habitant du monde de 1979. Le pic carbonique serait derrière nous et il nous faudrait nous concentrer sur

3.2 Scénario 2 : ER max ; ENR min

Max-min	ER - VAR'2	ENR - VAR'3	Dégâts climat	Adaptation énergétique	Total – VAR'1
S2	26,56	27,72	13,86	45,72	54,28

Les énergies renouvelables ont connu un réel essor en augmentant de 66%

Les dégâts sur le climat sont minimes, on a limité la casse par rapport à 2009. Les GES n'ont pas augmenté, et de nombreux centres d'émissions ont été radicalement arrêtés.

L'adaptation énergétique est assez forte, quelle que soit la manière dont nous nous y sommes pris, nous avons diminué par presque deux fois la consommation totale, ce qui signifie soit des changements drastiques dans notre mode de consommation, soit une réduction très nette de la population.

Les énergies non renouvelables ont diminué, suite à une grosse réduction de la production, une cessation progressive des mines, usines, raffineries et autres moyens de production.

Ce scénario 2 est donc un grand espoir à la fois pour la planète avec une réduction des émissions et pour les hommes avec une grosse augmentation de la production ER, l'adaptation s'en trouve largement affectée, les hommes ayant décidé de faire de grands efforts pour se retrouver dans ce nouveau monde à la facture énergétique plus faible.

Les efforts sont faits, L'ER fait de son mieux pour dépasser l'ER qui de son côté est presque devenue marginale par rapport à son régime de 2009.

3.3 Scénario 3 : ER min ; ENR max

Min-max	ER - VAR'2	ENR - VAR'3	Dégâts climat	Adaptation énergétique	Total VAR'1 –
S3	16	84	42	0	100

Le scénario 3 est caractérisé par l'immobilisme : rien ne bouge par rapport à 2009.

Les impacts sur le climat sont aussi élevés qu'en 2009.

Les énergies renouvelables n'ont pas décollé en 20 ans, nous sommes restés au même niveau, c'est le pire qu'on puisse faire.

Les ENR n'ont pas diminué du tout par rapport à 2009, ni mieux ni pire, les émissions restent les mêmes.

La quantité d'énergie totale étant la même que 2009, l'adaptation énergétique est nulle.

Enfin le total de la production d'énergie en 2030 est égal au total de la production d'énergie de 2009.

Ce scénario 3 est un scénario ou ce n'est pas pire, ni mieux, c'est juste la même chose que la situation de départ. C'est-à-dire qu'on a fait le minimum de changement pour les énergies renouvelables qui restent aussi faible, quant à l'énergie non renouvelable, ne pouvant pas augmenter sa production, elle reste la même, avec les conséquences que cela a pour l'environnement.

C'est un scénario qui nous fait perdre 20 ans. On se retrouve 20 ans plus tard avec exactement les mêmes données, sauf que pendant ce temps là la population a continué d'augmenter, et on espère que l'intensité énergétique également pour pouvoir rester au même niveau de confort.

Il n'y a aucune bonne nouvelle dans ce scénario, non seulement la consommation totale n'a pas été réduite, mais en plus le rapport ER/ENR ne s'est pas amélioré, ce qui est regrettable.

Le scénario 3 est vraiment un statut-quo, une perte de 20 ans de vie, pour rien.

3.4 Scénario 4 : ER max ; ENR max

Max-Max	ER - VAR'2	ENR - VAR'3	Dégâts climat	Adaptation énergétique	Total – VAR'1
S4	26,56	84	42	0	110,56

Les énergies renouvelables ont connu un réel essor en augmentant de 66%

Les ENR n'ont pas diminué du tout par rapport à 2009, ni mieux ni pire, les émissions restent les mêmes.

Les impacts sur le climat sont aussi élevés qu'en 2009, toujours pas de réduction en cours pour les ENR.

Le ratio ER/ENR s'est amélioré grâce au bon des ER.

La production énergétique totale est supérieure à celle de 2009. De ce côté-là, peu d'efforts sont à fournir, au prix de l'environnement et de notre confort.

Le scénario 4 a le côté positif d'avoir connu une vrai amélioration pour les ER mais n'a pas réussi à diminuer sa pression sur l'environnement.

C'est un scénario assez probable, qui malheureusement ne permet pas de placer le pic carbonique derrière nous, mais qui permet de s'y orienter doucement.

Pour suivre les objectifs du GIEC, il nous faudrait augmenter jusqu'à 60% la part des ER sur le total et réduire notre production totale d'1/3.

Même s'il n'est pas suffisant au niveau des réductions, le scénario 4 représente une direction correcte vers les réductions progressives d'ENR et avec le développement d'ER.

3.5 Les deux scénarios majeurs

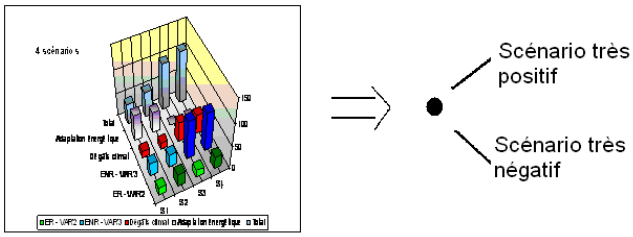


Figure 41 – Comment on passe de 4 scénarios avec 5 variables à 2 scénarios antagonistes et extrêmes

Parmi nos 4 scénarios, assez extrêmes, nous allons essayer de garder les deux opposés, les deux qui soient les plus loin l'un de l'autre, à la fois en terme d'évolution, en terme d'énergie renouvelable, d'adaptation climatique et énergétique. Selon la technique de Marc Luyckx Ghisi[16], expert de la prospective, en ne gardant que deux scénarios on se positionne au centre des possibles et on sépare l'univers en deux directions simples et diamétralement opposées.

Alors que 4 scénarios sont intéressants pour comprendre un ensemble de possibles, les meilleures machines pourraient en fournir des milliers, mais la compréhension pour l'être humain se complexifie. En gardant deux scénarios représentatifs de deux possibilités extrêmes et en positionnant l'homme au milieu de ce choix, on lui permet plus facilement de choisir le bon scénario, et revenant sur la table à plusieurs scénarios il peut alors voir les étapes pour arriver à son but ultime, son scénario rêvé.

« En séparant ainsi et en diffusant un scénario positif du futur, sa lecture agit à un autre niveau, sur le champ morphogénétique de la conscience humaine globale et font advenir la positivité qu'ils annoncent. » disait Willis Harmann.

Ainsi de nos 4 scénarios nous garderons S2, scénario modèle en terme d'évolution et S3, le scénario immobiliste.

Ce qui apparaît en tout cas clairement, c'est qu'avec le retard qu'elles ont, même développées au maximum, les énergies renouvelables n'atteindront jamais un niveau suffisant pour remplacer la part du pétrole.

Rappelons nous bien avant d'étudier les différences entre les scénarios les conditions de la société et de notre modèle énergétique actuel :

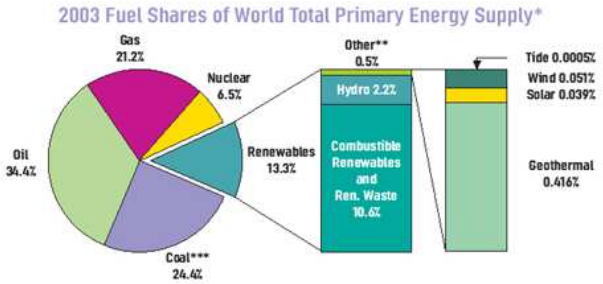


Figure 42 - Comment remplacer 24+21+34+4,5% de notre énergie par des énergies propres ?

[16] Marc Luyckx Ghisi est diplômé en mathématiques, en philosophie et docteur en théologie. Après un parcours qui l'a conduit en Italie, au Brésil et aux Etats-Unis, il a été, pendant près de dix ans, conseiller des Présidents Delors et Santer à la « cellule de Prospectives » de la Commission Européenne à Bruxelles. Il s'y est occupé du sens de la construction européenne et de ses dimensions éthiques, culturelles, religieuses et politiques, dans le contexte de changement de société. Il est actuellement Doyen de la C.B.A. Business School à Zagreb, Croatie, et membre de l'Internationale Advisory Council à Auroville en Inde du Sud.

Les deux scénarios majeurs

	Scénario actuel	Scénario positif	Scénario négatif
1. Production ER	Balbutiante, 16% en 2005, les énergies renouvelables n'atteindront jamais un niveau suffisant pour remplacer la part du pétrole.	Développement parallèle de toutes les ENR	Développement lent et marginal Manque d'investisseurs Rendement énergétique toujours faible Instabilité liée aux risques climatiques forts
2. Production ENR	Dominante Déplétion Polluante	Très forte réduction Déplétion	Déplétion Accès difficile EROI plus faible Saturation du CO2 à 550ppm dès 2030
3. Production énergétique	Strictement croissante	Décroissance Simplicité volontaire Déplétion des ENR, développement des ER, augmentation de l'intensité énergétique Arrêt des centrales nucléaires	Déplétion forcée Pas ou peu d'alternatives développées Espoir du Gaz, puis du Charbon, puis de l'Uranium pour la transition
4. Dégâts sur le climat	Strictement croissants Extinction des espèces Dégradation de la biodiversité Augmentation de la température	Passage du pic carbonique Stabilisation des extinctions des espèces Augmentation de plus de 2°C Augmentation du niveau de la mer	Catastrophes climatiques Extinctions des espèces Augmentation de plus de 5°C Augmentation du niveau de la mer
5. Adaptation énergétique :	Très faible Tant qu'il n'y a pas un intérêt financier à aller vers les solutions vertes, la société freine	Sortie de la société de surconsommation Forte et lourde adaptation Ré accaparation Nouveau modèle économique	Diminution de l'accès à l'énergie subie Coupures de courants dans les lieux collectifs
6. Prix de l'énergie	Contrôlé par l'OPEP. Encore très faible Sujet à spéculation	Faible Selon le producteur	Fort et strictement croissant Contrôle par monopoles
7. Accès à l'énergie	Loi de l'offre et de la demande	Accès autonome et localisé	Accès à l'énergie difficile et réduit
8. Echanges internationaux	Mondialisation	Echanges de marchandises et d'humains redevenus locaux	
9. Physionomie de la société	Grandes villes Forte population Inégalité de répartition des richesses	Minis sociétés locales Interdépendances Règles coopératives	Les riches et détenteurs de l'énergie s'enferment sur eux-mêmes dans des îlots ultra protégés

3.5.1 Production ER

De trop faible, elle doit devenir conséquente et se multiplier énormément pour pouvoir combler l'espace que laissera le pétrole, malheureusement le temps manque.

Abandonner les énergies renouvelables maintenant serait signé notre arrêt de mort directe, et il nous faut donc encourager son développement à tous les niveaux, particuliers, communes, entreprises et globaux. Tous les moyens et les techniques sont à notre disposition, la technologie à notre service pour remplir cette mission. Le capital commence à affluer et à se mobiliser, avec l'espoir encore malsain d'un profit à court terme. Si ce n'est pas pour la planète, ce sera pour l'argent d'abord, qu'importe.

Les choix à faire parmi les différentes énergies renouvelables sont nombreux et s'orienteront en fonction de la géographie mais aussi des rendements énergétiques des installations. Espérons toutefois que l'énergie renouvelable ne constituera pas une bulle, qui gaspillerait certaines des ressources dont nous avons besoin. Il faut au plus vite se désintéresser de l'alternative nucléaire pour construire à très long terme, ce que nous avons failli à faire le siècle précédent, nous ruant vers la simplicité et la facilité.

Avec des encouragements politiques, des défiscalisations, des appels aux projets multiples, l'architecture, l'ergonomie des villes peut changer pour créer des bâtiments à énergie positive, et une autonomie locale. L'inverse serait catastrophique.

3.5.2 Production ENR

Les scientifiques ont calculé que l'humanité avait déjà émis environ un tiers de la quantité totale de dioxyde de carbone (CO2) qui pourrait être relâchée dans l'atmosphère entre 2000 et 2050 tout en restant dans une hausse moyenne de 2°C des températures à l'échelle mondiale.

Au rythme où le CO2 est émis à l'heure actuelle au niveau mondial - en augmentation de 3% par an - cette valeur limite totale de 1,000 milliard de tonnes sera dépassée dans les 20 ans, soit environ 20 ans plus tôt que ce qui était prévu en vertu des obligations internationales. « Si nous continuons à brûler des combustibles fossiles, comme nous le faisons, nous aurons épuisé le budget carbone dans seulement 20 ans, et le réchauffement de la planète ira bien au-delà de 2°C », prévient Malte Meinshausen de l'Institut de Potsdam pour la recherche sur le climat en Allemagne, qui a dirigé cette étude publiée dans Nature.

Si notre consommation en ENR ne fait que suivre le rythme de sa déplétion, dès 2030 nous aurons dépassé la barre des 2°C, c'est 20 ans plus tôt que ce qui était fixé.

Il nous faut donc décarboniser notre approvisionnement énergétique de 60% d'ici 2050.

3.5.3 Production énergétique

La production totale va décroître. La question est à quel rythme et sera-elle suffisante pour maintenir intacte les activités énergétiques du monde d'aujourd'hui ?
Une réduction drastique des ENR et nécessaire avec dans le même temps une croissance folle des ER, sans quoi tout notre système sera paralysé et coupures d'électricité se feront sentir dans un cas comme dans l'autre.

La question principale étant donc : le subissons-nous ? ou l'avons-nous anticipé ?

3.5.4 Dégâts sur le climat

Alors que dans la situation actuelle, il semblerait que la différence entre les mesures prises par les politiques et les dernières découvertes des scientifiques s'éloignent complètement, une enquête du Guardian[17] nous communique de mauvaises nouvelles pour l'espoir des 2°C :

Le Guardian a interrogé les spécialistes du climat réunis à l'occasion de la conférence de Copenhague. Sur les 261 réponses reçues, 86% des sondés estiment que l'objectif des 2°C de réchauffement que s'est fixé la communauté internationale ne sera pas respecté, bien que 60% pensent que les moyens techniques et économiques qui permettraient d'y parvenir soient à notre disposition. Ils sont 39% à juger cet objectif d'ores et déjà hors d'atteinte.

Près de neuf scientifiques du climat sur dix ne croient pas que les efforts visant à limiter à 2°C le réchauffement de la planète seront couronnés de succès, révèle un sondage réalisé par le Guardian. Une hausse moyenne de 4-5°C d'ici la fin de ce siècle est plus probable, disent-ils, compte tenu de la montée en flèche des émissions de carbone et des obstacles rencontrés au plan politique.

Une telle transformation du climat désorganiserait l'approvisionnement en alimentation et en eau, entraînerait la disparition de milliers d'espèces de plantes et d'animaux et déclencherait une augmentation très importante du niveau des mers qui inonderait les habitations de centaines de millions de personnes.

Ce sondage réalisé auprès des scientifiques qui suivent de plus près le réchauffement de la planète révèle que le fossé s'élargit sur le problème des changements climatiques entre le discours des politiques et l'avis des scientifiques. Alors que les responsables politiques et les militants écologiques mettent en avant l'objectif des 2°C, 86% des experts ont déclaré lors de cette enquête qu'ils ne pensaient pas qu'il serait atteint. Continuer à mettre l'accent sur la cible irréaliste des 2°C pourrait même à terme compromettre les efforts indispensables pour s'adapter aux inévitables hausses de température au delà de cette valeur dans les décennies à venir, mettent-ils en garde.

[17] Enquête du Guardian du 14 avril: http://www.guardian.co.uk/environment/2009/apr/14/global-warming-target-2c

L'enquête fait suite à la conférence scientifique qui s'est déroulée le mois dernier à Copenhague, où plusieurs études qui ont été présentées indiquent que le réchauffement climatique pourrait frapper plus fort et plus rapidement que prévu.

The Guardian a contacté les 1756 personnes qui s'étaient inscrites pour assister à cette conférence et leur a demandé leur avis sur le cours probable du réchauffement de la planète. Sur les 261 experts qui ont répondu, 200 sont des chercheurs en science du climat et dans les domaines connexes. Les autres étaient issus de l'industrie ou avaient travaillé dans des domaines tels que l'économie et les sciences sociales et politiques.

Les 261 personnes qui ont répondu représentent 26 pays et parmi elles se trouvent des dizaines de personnalités, y compris des directeurs de laboratoires de recherche, des responsables de départements universitaires et des auteurs du rapport 2007 du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du climat (GIEC).

Les experts ont été interrogés pour savoir s'ils pensaient que l'objectif des 2°C pouvait encore être atteint, et si cela serait le cas. 60% des répondants ont estimé qu'en théorie il est encore techniquement et économiquement possible d'atteindre cet objectif. La température moyenne a déjà augmenté d'environ 0,8°C, et une élévation supplémentaire de l'ordre de 0,5°C est inévitable au cours des prochaines décennies, compte tenu des émissions de gaz à effet de serre qui ont déjà eu lieu. Mais 39% ont déclaré que la cible des 2°C était impossible à atteindre.

Si le climat s'emballait ? L'essentiel de notre échelle pour comparer et apprécier le changement climatique est le temps, la vitesse à laquelle se produisent les changements. LE réchauffement que nous vivons se produit très rapidement par rapport aux phénomènes comparables connus dans le passé, ils se déroulaient sur des milliers d'années, alors que nous transformons complètement le système climatique en moins de deux cents ans.
Mais le changement climatique, au lieu de s'opérer graduellement, pourrait advenir brutalement. En quelques dizaines d'années, le climat pourrait basculer de plusieurs degrés, empêchant une adaptation progressive des sociétés. Cette découverte, faite au début des années 1990, s'exprime aujourd'hui d'une autre façon : au-delà d'un certain seuil – que les climatologues tendent à situer autour de 2 degrés de réchauffement – le climat serait enclin l'emballement de façon irréversible. Normalement, la biosphère corrige spontanément les dérèglements qui l'affectent, mais en raison de la saturation de ses capacités d'absorption ce processus réparateur pourrait ne plus opérer. Voici les mécanismes pouvant favoriser l'emballement du changement climatique :

- une grande part du CO2 émis par l'humanité est normalement pompée par la végétation et les océans : la moitié reste dans l'atmosphère, un quart est absorbé par les océans, un quart par la végétation. C4est pourquoi l'on appelle les océans et la végétation continentale des « puits » de gaz carbonique. Or ces puits pourraient arriver à saturation. Dans ce cas, une plus grande partie du gaz carbonique émis, voire son intégralité, resterait dans l'atmosphère, accélérant encore l'effet de serre. Océans et végétation pourraient même commencer à relâcher le CO2 qu'ils ont stocké antérieurement. De surcroît, la poursuite de la déforestation pourrait transformer les forêts tropicales, qui sont encore des puits, en émetteurs nets de carbone
- les régions arctique et antarctique se réchauffent. Plusieurs séries

d'observations et de calculs conduisent les glaciologues à penser que le Groenland et le continent antarctique pourraient fondre rapidement, ce qui entraînerait une élévation du niveau de la mer plus élevée que celle envisagée en 2001 par le GIEC : il prévoyait un demi-mètre d'élévation à la fin du siècle, il faudrait donc raisonner avec deux, trois, voire plus.

- les glaces – comme toute surface blanche – réfléchissent les rayons du soleil, limitant ainsi le réchauffement de la surface terrestre. C'est ce qu'on appelle « l'albedo ». Mais la fonte progressive de celles-ci diminue l'albédo, donc la limitation du réchauffement, et donc le stimule.
- de même, le réchauffement des hautes latitudes, plus accentué semble-t-il que celui du reste de la planète, devrait entraîner la fonte du permafrost, ou pergélisol : il s'agit d'une couche de terre gelée qui couvre plus d'1 millions de kilomètre carrés, surtout en Sibérie, sur 25 mètres de profondeur moyenne. On estime que le pergélisol stocke 500 milliards de tonnes de carbone, qu'il relâcherait s'il fondait.

3.5.5 Adaptation énergétique

Les efforts seront nombreux à fournir pour s'habituer à l'absence ou au manque d'énergie. Dans le scénario positif, on se prépare et on décide d'aller vers ce scénario volontairement, en le contrebalançant avec une production personnelle d'énergie renouvelable, bien plus faible, mais permettant l'autonomie énergétique.
Dans le scénario négatif, on espérerait un regain en jouant le jeu de la course folle, passant du pétrole, au charbon, au gaz, puis enfin au nucléaire, repoussant toujours plus la limite du tolérable pour l'atmosphère. L'adaptation à ce nouveau monde serait dure et terrible, subie et mal vécue. C'est l'inverse du développement, une régression pure, l'impossibilité de fournir l'énergie conforme à la demande face à une société non préparée aura de nombreuses conséquences redoutables pour la société et les hommes.

3.5.6 Prix de l'énergie

Dans le scénario négatif, voici le genre de scénario (créé avant la crise du subprime), face auquel nous pourrions nous retrouver :
Première étape: augmentation des prix de l'énergie
Deuxième étape: inflation générale des prix sur l'alimentation, les transports et les biens de consommation ou/et accélération des délocalisations et des faillites
Troisième étape: Accélération du démantèlement de l'Etat-Providence dans les pays industrialisés
Quatrième étape: ralentissement économique puis récession
CInquième étape : production économique et production énergétique sont en forme de tôle ondulée.
Sixième étape: déplétion confirmée des ressources énergétiques fossiles : dépression économique et effondrement financier du « casino mondialiste »; les secteurs économiques s'effondrent les uns après les autres.
Septième étape: développement de guerres en tout genre ; établissement de régimes ultra-autoritaires par les classes dirigeantes qui se cloîtrent dans des îlots ultra-protégés alors que la population vit dans le noir, meurt de faim, de maladie, de peur et de violence

Huitième étape : effondrement des Etats et des nations ; les survivants doivent reconstruire un autre monde….

Pour ce qui est du scénario positif, on peut imaginer aisément une taxe très forte sur les ENR qui serait réinvestie dans le développement des ER, l'augmentation du prix des ER est souhaitable pour la planète, mais trop rapide elle paralyserait tout notre monde car le pétrole est encore présent dans 80% de nos transports et de nos constructions, c'est l'oxygène de notre monde moderne. En ouvrant de nouveaux marchés et en évitant son transport, l'énergie propre propose une alternative intéressante en terme de prix si toutefois l'offre arrive à suivre la demande. Course poursuite infernale, tant que le pétrole sera meilleur marché, tant que l'investissement ne sera pas assez vite rentable, les capitaux iront toujours au plus offrant. C'est donc bien les Etats et les politiques qui vont devoir pencher dans la balance pour favoriser cette transition au plus vite.

3.5.7 Accès à l'énergie

.

Dans le scénario négatif, les prix ayant augmenté, le pétrole se récupère à la source, est sera limitée aux achats privés, par les plus riches, pour leur consommation personnelle.
Dans le scénario positif, on devrait espérer un accès plus simple à l'énergie, surtout dans la mesure où chacun développera au niveau local sa source d'énergie. Accès par commune ou ensemble de familles, les cercles et le tissu local se ressoudent pour favoriser les échanges locaux.

3.5.8 Echanges internationaux

Avec un monde au pétrole cher, tous les transports s'en retrouvent affectés, ainsi l'émancipation de la mondialisation va connaître la dé-mondialisation à la même vitesse en direction opposée. Aussi vite que nous avons appris à fabriquer des produits dont les matières premières provenaient de 5 endroits différents, nous allons d'abord optimiser tous les déplacements, avant de les réduire et de trouver des alternatives économiquement viables. Une fois le pétrole cher, tous les plastiques et dérivés, tous les transports de marchandises, bâteau, avions, cargos, bus, poids lourds, camionnette, auront des prix insoutenable et il n'y aura plus de demande à ce prix là.

Un monde au pétrole cher entraînera une redécouverte des ressources locales, de la conception avec les éléments à notre disposition. Les transports seront limités au raisonnable, fini les fraises hors saison et les produits importés du Mexique ou du Brésil. En se relocalisant, l'homme retrouve la saisonnalité de la nature qui l'entoure, il se remet à vivre à l'heure du soleil et continue les échanges inter régionaux sur la base des transports propres, à énergie rechargeable et non émettrice de gaz carbonique.

3.5.9 Physionomie de la société

Pour résister au niveau local on verra ré-apparaître des sociétés au tissu fort et à

l'interdépendance très élevée entre les individus. Voici ce que le scénario positif préconise : formant des petits groupes, ils visent à l'autonomie :

Les CoopérativesPostCarbon prennent en compte tous les aspects de la vie humaine et visent à tendre vers une autosuffisance dans tous les besoins essentiels et vitaux du groupe humain de la CPC (alimentation, logement, chauffage, déplacement, santé, vêtement, etc…).

Voici de quoi seraient constituées ces CPC :
Réutilisation, Multi-usage, encouragement à l'interdépendance mutuelle dans les communautés, travail important sur le changement de mentalité humaine : redécouverte de la vie en collectivité, changement massif des occupations humaines : industrie et services vers agriculture et artisanat
Elimination progressive de la société industrielle basée sur les énergies fossiles : l'Homme redécouvre son indépendance et son insertion dans l'écosystème planétaire.

Le scénario négatif peut paraître similaire pour les classes n'ayant plus accès à l'énergie, soit une solidarité intense se développe pour résister face au manque d'énergie, soit une guerre civile à la façon Mad Max qui génère des luttes de contrôles des sources énergétiques.
On peut également facilement penser aux regroupements des riches dans des îlots surprotégés, refermés sur eux-mêmes, c'est déjà la tendance aux Etats-Unis et dans les pays du Sud. La peur de l'autre et du terrorisme les saisissant, ces deux parties de la population finirait par se donner une lutte sans merci à coup d'autoritarisme violent, de famine, de pandémie, voir de guerre civile où le terrorisme se répandrait causé par le désespoir lié à la situation terrible de la population mondiale.

Plus que des choix politiques et énergétiques, c'est un changement de paradigme complet qui a lieu sous nos yeux. D'un paradigme de société de surconsommation, destructrice et follement gourmande, nous avons l'opportunité d'entrer dans le paradigme écologique qui consisterait à repenser l'homme dans son milieu et à relativiser son usage de la nature à son service :

1- les êtres humains sont juste une espèce parmi d'autres espèces toutes interdépendantes et impliquées dans des communautés biotiques
2- La vie sociale humaine est impliquée dans des liens de cause à effet avec l'écosystème, de ce fait, les actions des êtres humains ont des conséquences imprévisibles
3- Le monde dans lequel nous vivons est fini et limité, aussi il y a de puissantes limites biologiques et physiques qui contraignent la croissance économique, le progrès social et tous les autres aspects de la vie humaine
4- L'inventivité de l'Homo Sapiens ou le pouvoir de l'Homo Colossus lui ont un instant fait croire qu'il pouvait transcender les limites de la capacité de charge de la terre, mais la nature a toujours le dernier mot.

Conclusion des études menées sur les scénarios

En décomposant les variables les plus importantes des différentes évolutions possibles dans les 20 ans à venir, il a paru judicieux de garder principalement l'énergie renouvelable et l'énergie fossile afin de simplifier le problème et limiter le nombre de variables intervenants dans les scénarios d'avenir.

Même si l'énergie non renouvelable est forte émettrice de GES, d'autres sources de GES existent également dans notre société et nous ne les avons pas oubliées. C'est en choisissant de s'occuper du principal que l'on saisira le plus gros de la mission qui nous est confié. L'échec dans la transition vers les énergies renouvelables ne laissera presque aucune chance à la réduction des émissions de GES.
Nos 4 scénarios nous ont clairement montré la difficulté de maintenir une production énergétique soutenue aussi bien que propre. Nos deux scénarios nous confirment d'ores et déjà la gravité des dégâts sur l'environnement, pour aujourd'hui et pour demain et nous donnent une vision plus claire de deux mondes qui peuvent exister demain.

Ces deux mondes sont des possibilités d'évolution du futur et chacun se positionnera parmi ceux là en créant sa composition personnelle entre les deux. Si le premier est un idéal dans un horizon plutôt décourageant, le deuxième est la solution infernale qui rappellera que notre destination future se décide dès à présent à tous les niveaux. Comment éviter le scénario qui ne nous convient pas ? Comment rêver de celui qui apporte un rayon de soleil dans cette mer de mauvaises nouvelles ?

Notre consommation énergétique était donc jusqu'à aujourd'hui strictement croissante dans un monde aux ressources limitées. Les 20 prochaines années sont la transition vers un monde propre. Etant donnés les dégâts sur notre climat et les limites de notre environnement, il faut maintenant reconnaître que les scénarios envisageables sont des scénarios de sobriété énergétique.

Nous sommes dépendant des énergies fossiles et comme tout être dépendant qui fait face à un manque, nous allons commencer une phase de sevrage plus ou moins rapide. Comme un patient, il faut accepter cette condition et cette fatalité, puisqu'il n'y a pas de réelle alternative. Après en avoir reconnu la gravité, avoir pris conscience de l'instabilité que notre état énergético-dépendant apporte à notre corps, nous pourrons décider d'agir et voir les issues possibles.

C'est en influant dès aujourd'hui par rapport au choix de sociétés et au scénario envisagé que nous pouvons faire pencher la balance. Pour cela de nombreuses actions sont possibles, à différents niveaux, aussi bien pour l'énergie, pour l'environnement. En comprenant bien les différents leviers qui nous permettent de basculer d'un scénario à quatre, on en découvre des ouvertures dans l'horizon éco sociétal actuel.

Quelles sont les actions à mener ? De quel ordre sont-elles ? Qui peut les mener et comment ? Citoyens, Collectivités, groupes d'Experts, Entreprises et Etats, quels est leur rôle à jouer dans les 20 prochaines années ?
C'est ce que nous allons étudier dans la partie suivante consacrée aux recommandations.

4. Recommandations

D'abord pour comprendre le remède à appliquer, il faut reconnaître et admettre la maladie. Une fois après avoir fait un état de la situation, il nous faut décider d'agir. Nous pourrons chercher les substitutions progressives et enfin commencer le sevrage avec la multitude de possibilités qui s'offrent à nous aux différents niveaux, comme nous le verrons ce ne sont pas les solutions qui manquent, mais le temps qui manque, pour des changements parfois difficiles.

4.1. Reconnaître l'état de la situation

Comme tout toxicomane qui se réveille un jour et découvre que la substance qu'il injecte dans son système le tuera à moyen ou long terme, l'homme se réveille en ce début de 21ème siècle entouré d'une réalité peu verdoyante. Nous avons puisé et utilisé en 150 ans les ressources fossiles stockées depuis des millions d'années dans notre sol.

Synonyme de confort, d'évolution, de technologie, de recherche, de transports, de chauffage, de consommation à tous les niveaux, l'énergie fossile a été jusqu'à maintenant l'or noir de notre société, comme son nom l'indique bien. Son utilisation quotidienne est devenue indispensable pour maintenir en activité nos échanges quotidiens. Si l'on comparait la puissance énergétique du pétrole par rapport à celle d'un homme, on peut calculer que pour un français vivant en 2009, nous aurions recours à 100 équivalent-esclaves pour subvenir à notre besoin d'énergie quotidiennement. Après l'utilisation des esclaves humains, nous avons donc relégué cette tâche aux machines et à la technologie grâce au pétrole, et réduire notre demande d'énergie reviendrait à passer de 100 à 40 équivalents esclaves.

C'est à la fois énorme, mais comparé à ce que représenteraient le service de 40 personnes, nous aurions tendance à penser que cela est largement suffisant. La raison pour laquelle nous sommes passés progressivement de l'esclavage de l'homme à celle de la matière est que son prix en était très faible. Jusqu'à récemment, nous n'avions jamais calculé le prix du pétrole par rapport aux réserves restantes, mais comme valeur variable entre l'offre et la demande. C'est une erreur de ne pas avoir vu assez loin et de ne pas avoir pensé au fait qu'un jour, si l'on ne régule pas son cycle de consommation, celui-ci s'épuiserait complètement. C'est en partant de cette erreur que nous trouverons des solutions pour ne pas reproduire les mêmes bêtises avec les énergies futures, prendre en compte le stock restant.

L'énergie a été incroyablement bon marché par rapport au bienfait qu'elle produit sur notre société. Un baril de pétrole utilisé pour faire fonctionner la bonne machine produira beaucoup plus d'énergie que ce que peuvent fournir l'équivalent en prix d'une masse salariale de travail physique d'être humain.

Réjouissons nous de cette chance dont nous avons bénéficié, comme la cigale ayant chanté tout l'été, il va être temps de se préparer pour passer l'hiver, plus rude.

La difficulté est qu'aujourd'hui, et chaque jour qui passe, même en connaissant le

modèle du pic de hubbert, même en observant les courbes de déplétion, ou en lisant les dernières analyses des scientifiques sur le climat, on peut continuer de penser que cette maladie qui fait souffrir la Terre ne nous concerne pas et ne nous touche pas assez pour que nous nous en rendions compte.

On n'a pas envie de penser à un futur à bilan énergétique difficile, on n'a pas envie de penser, alors qu'on vient seulement de généraliser les vols low cost de penser que ce n'est que pour une courte durée et que l'aviation redeviendra vite hors de prix et réservée aux grandes occasions. Comme le lendemain d'une grande fête, qui fut exceptionnelle à tous les niveaux, il est douloureux de se réveiller et de penser que tout ce que nous venons de vivre appartient désormais au passé. C'est difficile, et comme le fumeur avec la cigarette, même si on lit plusieurs fois par jour que fumer tue, même si notre pharmacien et notre médecin peuvent nous aider à arrêter de fumer, il faut avant tout et surtout le vouloir.

On a du mal à y croire, et à vouloir faire face, mais le plus tard nous prendrons conscience de cette réalité, le plus dur sera la chute. Les dégâts et répercussions sont déjà conséquents et même si le reconnaître est dur, le plus nous anticipons notre sevrage le plus facile sera la transition vers une société propre.

Ainsi nous devons dès à présent changer notre modèle de société vers une sobriété énergétique. On ne doit plus avoir le modèle Américain ou Canadien de la forte consommation par habitant puisque ce modèle n'est pas viable. Nous devons trouver notre bonheur et la modernité en dehors des mesures habituelles du PIB et de la croissance à tout prix. Nous devons réinventer la croissance et les mesures du bonheur, généralement assimilé à tord au PIB d'un pays. Nous devons découvrir la sobriété énergétique, et nous diriger vers des moyens de substitution, pour ce que l'on peut maîtriser assez vite, tout en cherchant une autre solution pour le long terme. En attendant que celle-ci arrive, et étant donné le dilemme de surpopulation de la planète, la première chose à faire reste de diminuer notre consommation personnelle et d'apprendre à vivre en utilisant moins d'énergie.

Quand je réfléchis à ce qui a mal tourné, pourquoi nous en sommes là, je réalise que la Terre est comme notre corps, un organisme vivant géant qui souffre également et qui peut être malade aussi. C'est le cas aujourd'hui, notre faute et d'avoir consommé trop vite et sans limites ce qui était à notre disposition, comme un poisson rouge à qui on donnerait toute sa nourriture pour une semaine, nous nous sommes gavés jusqu'à la quasi-mort, utilisant notre instinct de survie pour comprendre qu'aller plus loin serait définitivement notre mort et celle de l'humanité avec.

Nous avons juste été trop vite. Trop gourmands. Nous avons oublié la limite. Pris au milieu d'un cercle à rétroaction positive, nous avons vu le voisin qui commençait à prendre de l'avance et avons voulu rattraper et ainsi de suite dans une course infernale vers le précipice. En utilisant le principe de la classe des loisirs de Veblen, nous avons copié le plus gourmand pour le devenir à notre tour et montrer le mauvais exemple aux suivants.
Aujourd'hui la Terre est en colère et elle nous le fait savoir, par ses catastrophes naturelles, par son changement de climat, elle régule comme elle peut pour se débarrasser de ses parasites. Par l'augmentation de la démographie, nous nous retrouvons finalement comme sur un petit bateau, tous pris dans la même

tempête, issue de notre action.

Comme dans un appartement ou le nombre de colocataires augmenterait régulièrement, pour pouvoir tenir avec les mêmes ressources, il faut que chacun diminue ses besoins au fur et à mesure pour pouvoir satisfaire les besoins de la communauté. Voilà là où nous avons fauté. Nous n'avons pas partagé les ressources, nous n'avons pas réduit notre part, nous avons fait la course.

4.2. Trouver un traitement de substitution

Le seul traitement de substitution est pour l'instant les énergies renouvelables comme nous l'avons vu dans la deuxième partie. Hormis cette possibilité, il faut admettre que l'horizon des possibles est limité et que c'est bien pour cela que notre cher pétrole nous est si cher, car il est indispensable et irremplaçable. Un traitement de substitution, donc, magique et unique n'existe pas.

Nous faisons face à une double difficulté, diminuer notre consommation d'ENR et développer à grande vitesse notre production d'ER.

Pour le traitement de substitution, c'est surtout un sevrage généralisé qu'il va falloir opérer pour pouvoir satisfaire les besoins de toute la population sans endommager plus notre atmosphère.

A la question comment définiriez vous le réchauffement climatique, sur 233 réponses (voir annexes), voici les résultats observés :

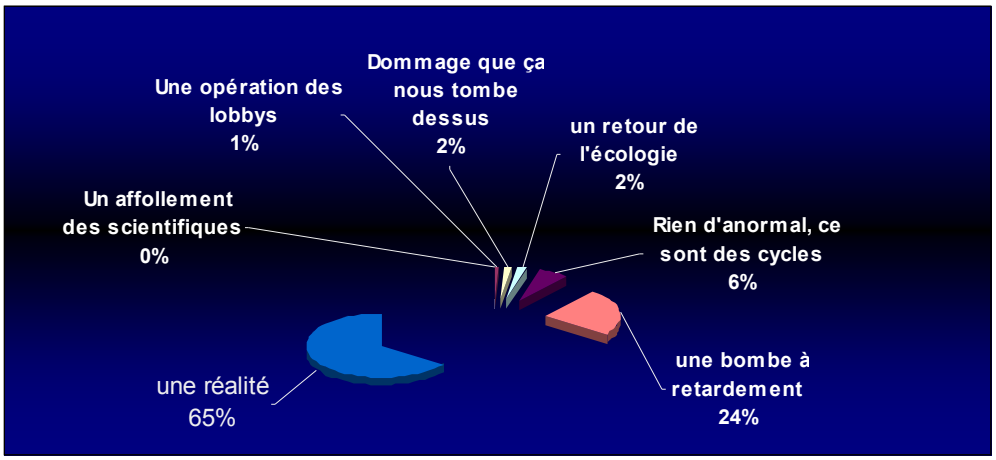


Figure 43 – Réponses à la question Pour vous le réchauffement climatique, c'est

Il n'y a donc plus aucun doute, la réalité est complètement acceptée comme définition principale pour 65% des personnes interrogées avec 24% par la définition d'une bombe à retardement. Ce qui nous donne 89% de l'échantillon qui reconnaît et accepte complètement l'événement du réchauffement climatique.
Seuls 6% pensent que ce sont des cycles et ils sont moins de 3% à y trouver une autre définition.

On peut donc considérer que le message est de ce côté suffisamment clair et que la situation climatique est reconnue comme un fait.

A la question, pensez vous qu'il y ait une solution envisageable, voici en recroisant les données avec les réponses de la définition ce que nous obtenons :

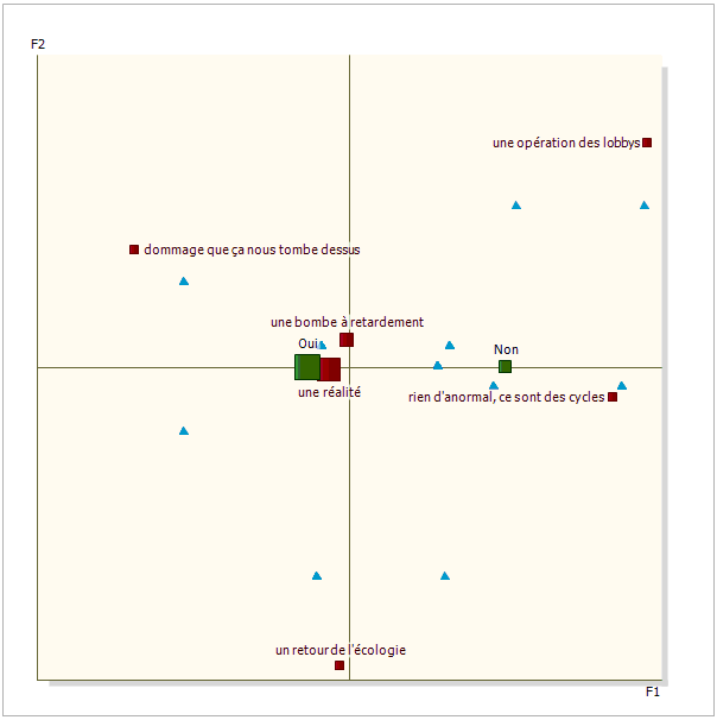


Figure 44 - Analyse factorielle des correspondances multiples des Variables : « Définition du réchauffement climatique » Et « Y a-t-il selon vous une solution envisageable » ?

Observation :
Les variables « Oui », « une bombe à retardement » et « une réalité sont très proches
Les variables « un retour l'écologique », « dommage que ça nous tombe dessus » et « opération des lobbys » sont dans les coins
Les variables « les cycles » et « non » sont assez proches.
Oui est bien plus grand que non.

Interprétation :
Parmi les choix de la question de définition du réchauffement climatique, les deux reconnaissant le plus l'état de la situation sont ceux juste à côté de « Oui » à la question y a-t-il une solution. Cela signifie que lorsqu'on pense à ce problème planétaire, la majorité de ceux qui reconnaissent son existence son aussi positif quant à la solution envisageable. Ceci est encourageant !
D'une autre façon on se rend compte que ceux qui ne voient rien d'anormal ne voient pas non plus de solution, mais puisqu'il y a rien d'anormal, c'est tant mieux.

La question qui se pose réellement après ces analyses, c'est parmi ces optimistes à la résolution du problème, qui est capable de donner une solution, et si le réveil ne pas être difficile.

En effet, 80% sont confiants quant à l'issue du problème, mais en quoi croient-ils ? Les résultats ne nous le disent pas. Bien qu'il soit encourageant de voir un positivisme généralisé face à un problème reconnu, la deuxième question qui me vient à l'esprit est celle des moyens de substitution à utiliser, la technologie ? La recherche ? L'action internationale synchronisée ? Le changement radical dans le

mode de vie ? En quoi ces gens croient-ils, pour être si confiants en l'avenir ?

Ces questions mériteraient un autre questionnaire. Si sa véracité est avérée est reconnue par une grande majorité de l'échantillon, il n'est pas sûr que son évidence soit aussi généralisée sur l'ensemble de la population.

A ce niveau, il faut donc communiquer largement et fournir toutes les informations à notre disponibilité pour diffuser le message, l'alerte, l'état de la situation mais aussi les solutions et les remèdes envisageable.

Voyons donc quelles solutions nous pouvons apporter à tous ces changements. Comment les ordonner, les regrouper par objectifs, et les distribuer aux différents niveaux de la société pour que chacun agisse dans le bon sens.

4.3. Le sevrage : les actions à mener

4.3.1. Les solutions

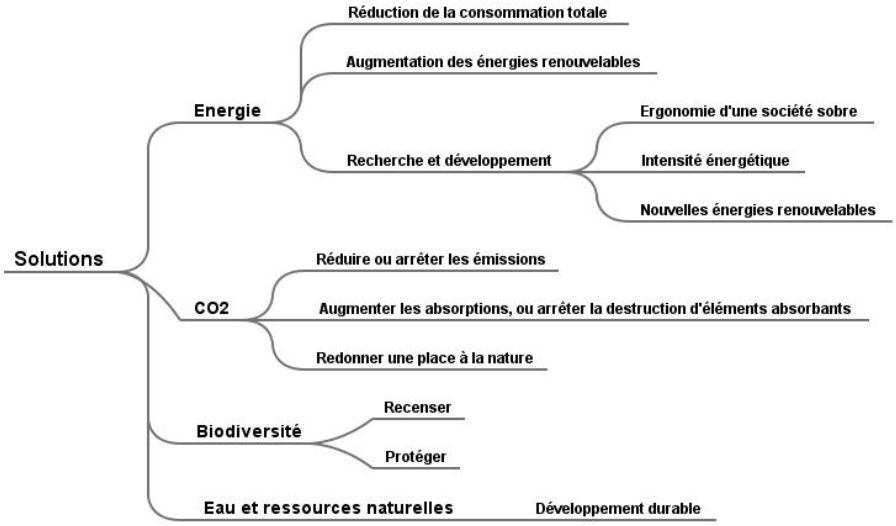


Figure 45 – Arbres des solutions à apporter

Une situation à problèmes multiples et simultanés implique un ensemble de solutions à l'échelle locale comme internationale. Il faut donc comme nous n'avons cessé de le répéter dans les parties précédentes réduire notre consommation et changer d'un modèle de société fossile à une société aux énergies renouvelables. La recherche doit rester importante pour que notre espoir dans la technologie se trouve justifié.
Au niveau du CO2, puisque chaque seconde compte, il faut arrêter les émissions par tous les moyens possibles, tout en arrêtant la destruction des forêts. La perte des forêts naturelles dans le monde contribue plus aux émissions mondiales chaque année que le secteur des transports. Enrayer le phénomène fera beaucoup pour les faire diminuer, sans grands frais. Des programmes pilotes internationaux de grande ampleur pourraient être mis en oeuvre sans délai.
Pour la biodiversité, il faut protéger les sols, nous avons déjà perdu plus de 50% de leur capacité de régénération, et avec les changements climatiques à venir, rien n'est garanti quant à la capacité alimentaire de la planète dans les années à venir. En 2004, l'UICN recensait 7266 espèces animales et 8323 végétaux et lichens en voie d'extinction. La protection de la biodiversité est un sujet prépondérant au cœur des discussions internationales. Il existe déjà 1500 parcs nationaux dans le monde, où l'activité humaine est fortement réglementée, voire interdite, c'est une voie à développer.

Pour l'eau et les ressources naturelles de façon générale, appliquer la règle du développement durable :

« Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »

4.3.2. La mise en place

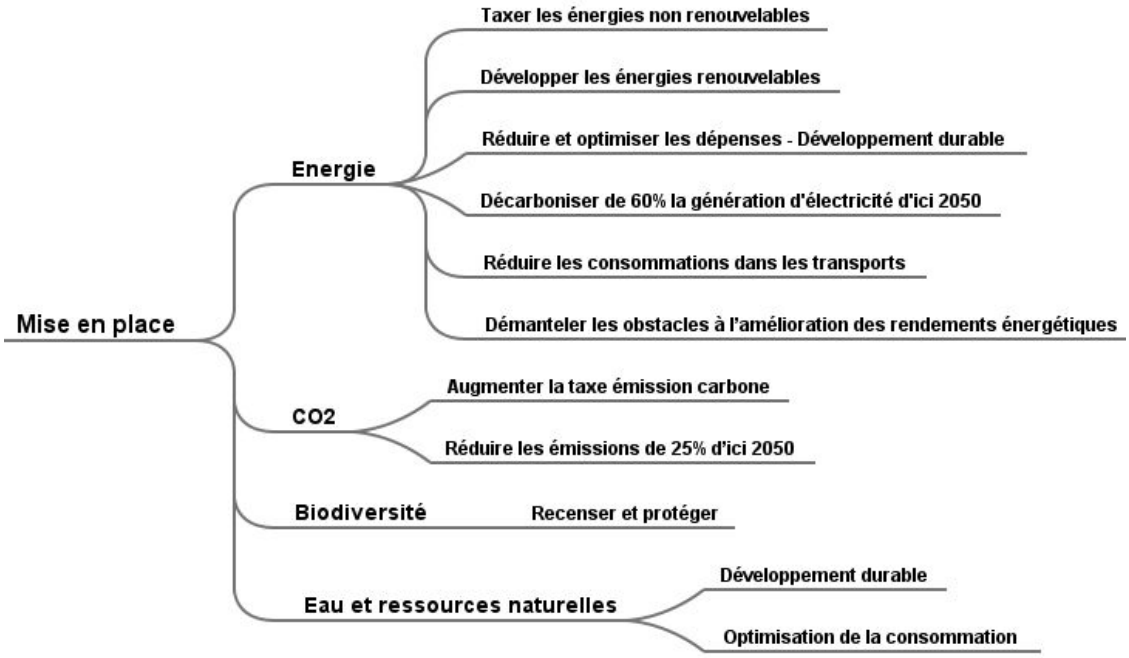


Figure 46 – Mesures concrètes à mettre en place

A offre égale, une offre qui tient compte de la nature, qui ne détruit pas son environnement et à l'empreinte écologique faible sera généralement plus chère que l'offre généralisée. Il nous faut encourager, l'argent coulant souvent vers le produit le moins cher à équivalence de qualité, la consommation propre à tous les niveaux.

Pour cela, il faut taxer et pénaliser les pollueurs.

Le Protocole de Kyoto, dispositif de l'ONU, a été signé en 1997, pour répondre à ce problème mondial. Les Etats signataires se sont ainsi engagés à réduire leurs émissions de CO2, et des 5 principaux gaz à effet de serre. Les engagements définissent une réduction d'une moyenne de 5.2% du montant respectif global du CO2 émis, entre 1990 et la période 2008-2012, par chacun des pays développés, pays d'Europe de l'Est et Russie. Ainsi, l'Union Européenne avait prévu une réduction de 8% et les Etats Unis, ayant quitté le dispositif en 2001, une réduction de 7%. Les pays en voie de développement, quant à eux sont exemptés d'engagements de réduction jusqu'en 2012.

Parmi les leviers de réduction d'émissions de CO2, l'on note : la mise en place d'un marché d'échange des autorisations d'émissions : à raison de 26€ la tonne en 2006 ; la promotion des technologies les moins polluantes et d'énergies renouvelables ; et la reforestation (la forêt étant un « puits de carbone »). Les technologies de Capture et Stockage du Carbone sont également dans les technologies à développer conjointement.

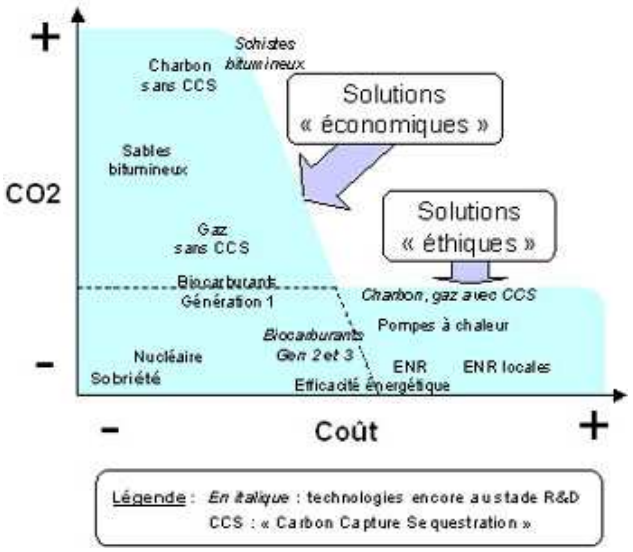


Figure 47 – Répartition des énergies selon le type de solution économique ou éthique

Il est devenu aussi essentiel d'économiser les ressources qui sont appelées à ne pas se renouveler, et à trouver des alternatives. Il est également important de veiller à ce que les activités humaines n'endommagent pas les conditions de régénération des ressources renouvelables. Ainsi, l'eau est considérée comme une ressource renouvelable. Cependant, avec la croissance exponentielle de la population, que l'on connaît depuis le début du 19ème siècle, les quantités d'eau prélevées ont été considérablement augmentées. Aujourd'hui le gaspillage et la pollution sont des dangers pour l'eau douce. Sans compter que plus d'un milliard d'êtres humains n'ont pas accès à une eau potable abondante et de bonne qualité, et plus de 2 milliards d'hommes n'ont pas de système d'assainissement. De ce fait, si l'utilisation de l'eau n'est pas correctement gérée, elle risque de devenir une ressource épuisable18.

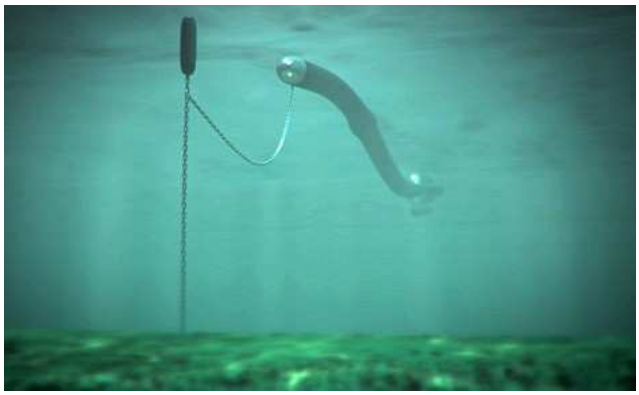


Figure 48 – Exemple d'énergies renouvelables à développer – l'énergie marémotrice et Hydraulienne

Les énergies renouvelables, propres et inépuisables, sont en plein essor actuellement, et intéresse aussi bien les pays en développement que les pays industrialisés. Ainsi, l'Union Européenne vise à amener la part des énergies renouvelables à 12% de sa consommation totale, d'ici 2010 et à 60% d'ici 2050.

[18] CHAUVEAU Loïc, Le Développement Durable, produire pour tous, protéger la planète, pp. 32 - 33

4.3.3. Quels acteurs pour quelles actions ?

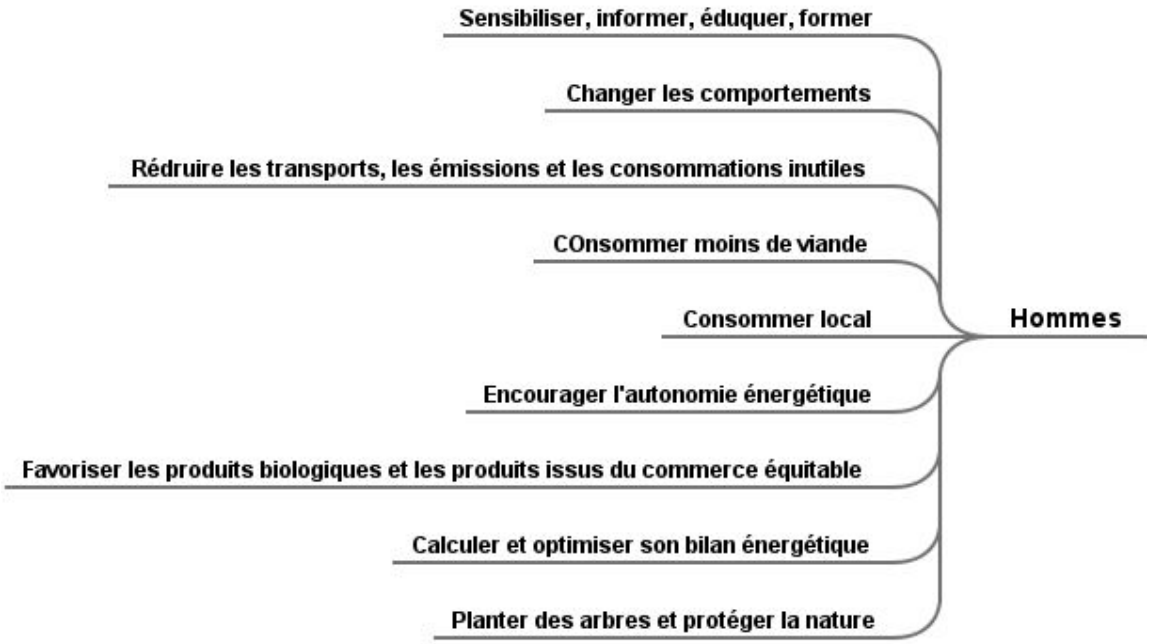


Figure 49 – Action des hommes - citoyens

L'action citoyenne est primordiale, car avant d'être des entreprises, des collectivités ou des Etats, nous sommes des hommes et chacun de nous a des besoins physiologiques ainsi que d'autres besoins. Il nous faut comprendre et agir vite pour faire notre part de l'action. Le plus important étant de comprendre pourquoi et comment nous pouvons agir, c'est en donnant du sens à notre mouvement que nous conditionnerons la réussite de nos actions.

Parmi les spécialistes interrogés, Roos den Uyl étudiante en doctorat de sciences environnementales témoigne : *« En deux mouvements l'action des citoyens doit être très simple mais radicale : manger moins de viande et réduire les trajets en avion. La viande car c'est une pyramide énergétique incroyable et que chacun peut réduire facilement sa consommation, cela permettra de réduire simultanément les problèmes alimentaires. Les trajets en avion sont chers en carbone et nous avons perdu le rythme d'un monde qui court après lui-même. Nous rêvons de l'autre bout du monde sans connaître notre propre pays. Voyager loin, pourquoi pas, mais pas au prix de la planète. Même s'il faut continuer de se battre contre les émissions carboniques, il faut surtout préparer les adaptations climatiques à court terme.»*

L'éducation à l'école, l'échange avec les cercles locaux, les amis et l'environnement social directe sont autant d'occasion pour échanger et chercher des solutions.

Ils ont leur mot à dire en tant que citoyens pour l'optimisation des transports et la transformation de leur lieu de résidence en ville propre.

La plupart des citoyens sont sensibilisés et prêts à agir, mais simplement pour deux produits similaires, ils ne sont pas encore prêts à payer la différence pour permettre de réduire leur empreinte. L'action doit donc venir de plus haut.

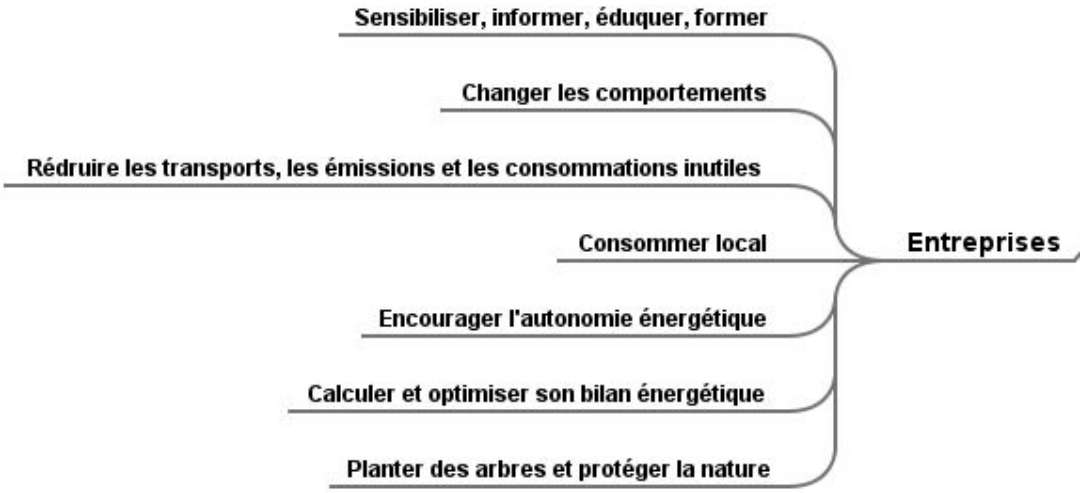


Figure 50 – Action des Entreprises

Dans les entreprises également on doit réfléchir quant à l'utilisation des ressources naturelles. Celle-ci peut être optimisée grâce à la stratégie des « 3 R» :

- **R**éduction de la consommation des matières premières pour la fabrication des produits, afin de diminuer les quantités à recycler en fin de vie
- **R**éutilisation des produits et emballages pour diminuer les déchets
- **R**ecyclage des matières premières. Le recyclage diminue la facture énergétique, entraîne la préservation des ressources et la diminution des déchets, et génère la création d'emplois.

Ayant l'avantage de nécessiter moins d'investissement qu'une autre, le recyclage est une vraie industrie. Ainsi, en 2005, plus de la moitié de la consommation de papier, dans le monde, provient non plus de la forêt, mais du recyclage. Le recyclage n'est pas le simple fait de réemployer un matériau, mais la création de matière première en transformant un déchet.
Les entreprises françaises sont concernées par ce phénomène, et leurs déchets représentent 11%, des 849 millions de tonnes, produites en France en 2004 . Il est cependant intéressant de noter, que 80% des déchets non dangereux produits par les entreprises industrielles et commerciales de 10 salariés et plus, soit 21.7 millions de tonnes, ont été valorisés.

D'après Jean-Paul Vignal dans la revue du MAUSS (Mouvement Anti-Utilitariste dans les Sciences Sociales), le meilleur couple pour les entreprises c'est :
« Reconnaître et récompenser »

Le moment est probablement venu de proposer aussi des idées un peu nouvelles pour faire bouger les choses côté « coûts », en donner un coup de pouce « capitaliste » aux pionniers. Deux pistes viennent à l'esprit, mais il y en a d'autres. Elles privilégient :

- l'incitation fiscale

Pour autant que le fraude éventuelle soit convenablement réprimée, est un moyen d'incitation bien plus efficace que la redistribution de taxes, - que cette

redistribution soit publique ou privée, comme c'est le cas pour le marché des crédits carbone -, car elle évite les prélèvements parasites nécessaires au financement de la collecte et de la redistribution, et laisse les fonds là ou ils sont le plus productifs.

- accorder des avantages fiscaux aux entreprises qui améliorent leur efficacité énergétique, qui viennent s'ajouter aux déductions normales en tant que charge d'exploitation,

- accorder des avantages aux entreprises qui améliorent leur taux d'utilisation des ressources non renouvelables

- et, sur un tout autre plan, mais indispensable pour éviter les « externalisations » sauvages et les tensions sociales qui les accompagnent, il faudrait accorder des avantages substantiels aux entreprises qui augmentent localement leur masse salariale, hors rémunération des dirigeants et mandataires sociaux. Ces avantages pourraient revêtir diverses formes, telles que charges sociales dégressives en fonction du rapport valeur ajoutée/masse salariale, exonération de certaines taxes quand il y a création nette d'emplois nouveaux…..

De la même façon que les citoyens ne peuvent consommer des produits correspondant au développement durable, les entreprises ne peuvent que difficilement concurrencer des entreprises qui ne prennent pas en compte dans la formation des prix le coût de la matière première. C'est ainsi que même si le client est favorable à la protection de l'environnement, même si tout le monde dans l'entreprise aimerait le faire, pour passer à l'action il faut augmenter les coûts et si l'on est les seuls à le faire, alors on devient plus cher. Les clients ne sont pas encore prêts à payer plus cher, même s'il valorise les entreprises respectueuses de l'environnement et qui pratiquent une politique de Responsabilité Sociale et Environnementale (RSE) en Entreprise.

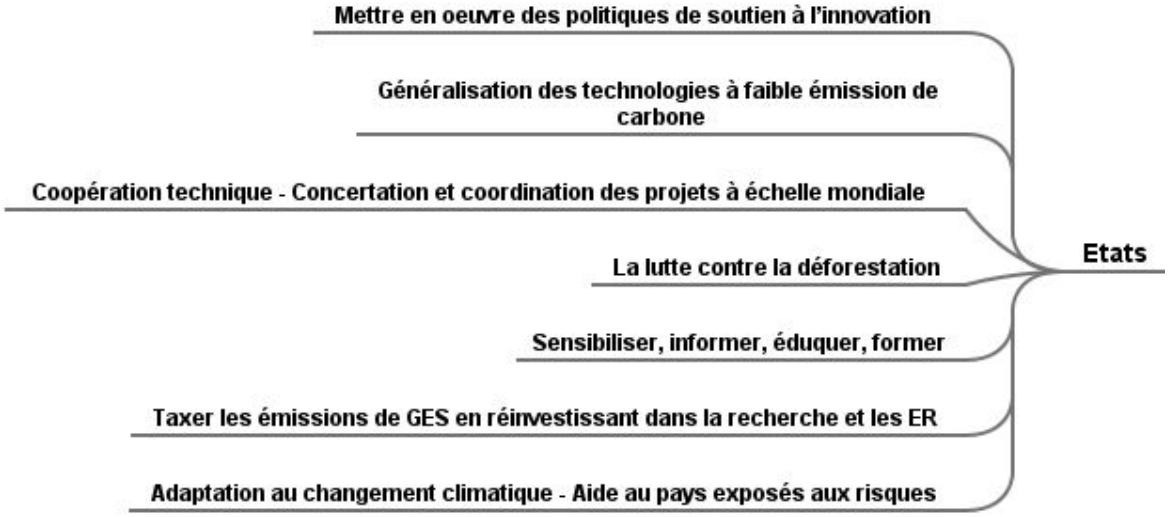


Figure 51 – Arbre des actions des Etats

Tous les éléments scientifiques en notre possession - études des incidences régionales et sectorielles ou modélisation économique des retombées mondiales - montrent que le changement climatique aura de graves incidences sur la production de la planète, ainsi que sur la vie humaine et sur l'environnement, même si le réchauffement n'atteint pas de telles extrémités.
Tous les pays seront touchés. Ce sont les plus vulnérables - les pays et les populations les plus pauvres - qui en feront le plus vite et le plus durement les frais, bien qu'ils aient le moins contribué au réchauffement climatique. Les effets des phénomènes météorologiques extrêmes - inondations, sécheresses, violentes tempêtes - ont déjà un coût croissant pour les pays riches également.
Il est impératif de réagir, c'est-à-dire de prendre des mesures d'adaptation pour surmonter l'adversité et en minimiser les coûts. Il n'est plus possible de lutter contre le changement climatique attendu pour les deux ou trois décennies à venir, mais il est encore possible d'en limiter quelque peu les effets sur nos économies et sur nos sociétés par une action vigoureuse de mobilisation de l'opinion, de planification, et de mise en place de cultures et d'infrastructures peu vulnérables au changement climatique. Rien que dans les pays en voie de développement, cet effort d'adaptation coûtera des dizaines de milliards de dollars par an et viendra encore raréfier des ressources déjà maigres. Il faudra pourtant, particulièrement dans ces pays, l'accélérer.

Stabiliser le climat aujourd'hui aura, certes, un coût élevé, mais abordable. Différer l'effort se révélera dangereux et bien plus dispendieux

L'action exigée de tous les pays - riches ou pauvres - ne doit pas nécessairement brider leur aspiration à la croissance. L'investissement à consentir dans la réduction des émissions n'est pas à répartir uniformément d'un secteur à l'autre, ni d'une région du monde à l'autre. Même si les pays riches prennent sur eux de diminuer leurs rejets de 60% à 80% d'ici 2050, les pays en développement devront aussi mettre la main à la pâte. Mais il faudra les y aider. Les marchés des droits d'émissions en oeuvre dans les pays riches génèrent déjà des financements importants au profit du développement des pays pauvres en technologies à faible

émission de carbone, notamment par le biais du « mécanisme du développement propre » (MDP). Il faut aujourd'hui transformer ces flux pour leur permettre de passer à la vitesse supérieure.

L'action à mener sur le changement climatique ouvrira aussi des débouchés commerciaux, avec la mise en place de nouveaux marchés dans les technologies, biens et services « propres ». Il y a des centaines de milliards de dollars à la clef chaque année, et des emplois innombrables à créer dans ces secteurs.
Le monde n'a pas à choisir entre « éviter le changement climatique » et « promouvoir la croissance et le développement ». L'évolution des technologies énergétiques et les mutations des appareils économiques font que la croissance n'est plus antinomique avec les réductions des gaz à effet de serre. Fermer les yeux sur le changement climatique viendra au contraire entraver la croissance économique.

En fait, c'est en s'en prenant au changement climatique qu'on se prononcera à terme pour la croissance, pays riches et pays pauvres confondus.
Quantité de formules sont sur la table pour la réduction des émissions. Il faut maintenant que la classe politique fasse entendre sa voix pour que les agents économiques les adoptent.
L'utilisation rationnelle de l'énergie en est une, de même qu'une inflexion de la demande et que l'adoption de technologies « propres » pour la production de l'électricité et du chauffage, ainsi que pour les transports. Il faudra avoir
« décarbonisé » de 60% au moins la génération d'électricité d'ici à 2050 pour que les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère se stabilisent à 550 ppm eq CO2. Par ailleurs, des réductions drastiques des rejets seront aussi nécessaires dans le domaine des transports.

Même en faisant appel massivement aux énergies renouvelables et aux autres sources d'énergie à faible émission de carbone, les combustibles fossiles pourront encore représenter plus de la moitié de l'éventail des sources d'énergie en
2050. Le charbon continuera d'y prendre une part importante, notamment dans les économies en pleine croissance. La généralisation de la capture et du stockage du carbone s'imposera pour rendre le recours à ces combustibles inoffensif pour l'environnement.
Il sera primordial également de réduire les émissions résultant de la déforestation, et des processus agricoles et industriels. Il est possible de poursuivre sur la voie de la croissance tout en réduisant les rejets, tant dans les pays développés que dans les pays en développement, à condition, d'en avoir la ferme volonté politique.
Le changement climatique est la plus grande faillite de l'économie de marché que le monde n'ait jamais connue. Elle n'est pas la seule. Trois grands axes d'action s'imposent pour y répondre au niveau mondial.

1. Tarifier les émissions d'oxyde de carbone, via la fiscalité, les échanges ou la régulation.
2. Mettre en oeuvre des politiques de soutien à l'innovation et de généralisation des technologies à faible émission de carbone.
3. Démanteler les obstacles à l'amélioration des rendements énergétiques, informer, éduquer et convaincre les particuliers des mesures à prendre individuellement pour lutter contre le phénomène.

Le changement climatique appelle une intervention internationale, assise sur des objectifs communs à long terme et adossée à des accords-cadres d'action

Il nous faut donc agir résolument sur quatre idées-forces :
1. Les permis d'émission. On favorisera les réductions des émissions de gaz à effet de serre de la manière la plus économique qui soit en développant les différentes bourses qui se sont instituées et en créant des passerelles des unes aux autres. On y associera ainsi les pays en développement. La fixation d'objectifs ambitieux pour les pays riches pourra rapporter des dizaines de milliards de dollars chaque année aux pays en développement pour les aider à adopter des modes de production à faible émission de carbone.

2. La coopération technique. Les investissements dans l'innovation ont tout à gagner à la concertation et à la coordination des projets à l'échelle mondiale. Il faudrait que l'effort mondial en faveur de la recherche & développement double - à tout le moins - et que l'aide aux technologies à faible émission de carbone soit quintuplée. La coopération internationale sur la mise au point de standards aura de sérieuses retombées sur l'utilisation rationnelle de l'énergie.
3. La lutte contre la déforestation. La perte des forêts naturelles dans le monde contribue plus aux émissions mondiales chaque année que le secteur des transports. Enrayer le phénomène fera beaucoup pour les faire diminuer, sans grands frais. Des programmes pilotes internationaux de grande ampleur pourraient être mis en oeuvre sans délai.
4. L'adaptation. Ce sont les pays les plus pauvres qui sont le plus vulnérables au changement climatique. Il est impératif de prendre en compte ce phénomène dans les politiques d'aide au développement. Il faut à cet égard que les pays riches honorent leurs engagements. Il convient de faire financer par la communauté internationale des campagnes d'information régionales sur les incidences du changement climatique, ainsi que des recherches sur de nouvelles variétés de cultures peu sensibles aux variations climatiques - sécheresses ou inondations.

Conclusion des recommandations

Des actions existent à tous les niveaux, du local au global pour réduire limiter et arrêter les émissions de gaz à effet de serre. La plupart sont d'ordre politique et doivent venir de tout en haut pour pouvoir se répercuter sur les différents acteurs de la société.

Chacun peut par ses choix de consommateur et citoyen réduire sa propre empreinte énergétique et calculer son bilan carbone afin de savoir sa pression sur l'environnement. En étant plus sensibles dans nos choix quotidiens nous prônerons la sobriété énergétique. Les entreprises industrielles qui n'arriveront pas à s'adapter resteront dans la crise et ne referont pas face dans la nouvelle société. C'est déjà le cas de Général Motors. La concurrence est lancée pour ces nouveaux produits, qui représentaient il y a quelques années encore une niche et qui aujourd'hui vont se démocratiser.

La redécouverte du local au niveau économique et social devrait changer la forme des échanges de notre société et en abandonnant tout produit qui a voyagé lors de sa construction nous nous recentrerons

L'ergonomie de la société et son utilisation du transport va être clé pour être un centre attractif dans le futur. Les Pays-Bas et leur taux d'équipement en vélos sont un modèle en leur genre.

Les énergies renouvelables ne seront mises en avant que lorsque le prix du pétrole et de la pollution aura vraiment dépassé le supportable, et il est absolument primordial que les Etats prennent leur part de responsabilité pour favoriser les investissements judicieux.

La course entre pays du Nord et pays du Sud n'a plus de sens et c'est ensemble que les discussions doivent être menées et que les décisions doivent être prises.

L'action est donc multiple et graduée, selon l'impact et les émissions que nous créons. Continuons de garder donc en tête ce triple objectif, diminution de la consommation énergétique, diminution des émissions de gaz à effet de serre, augmentation de la production d'énergie renouvelable.

Les solutions, la technologie et les outils sont à notre disposition.

Il n'y a plus qu'à.

Conclusion

Quels que soient les préjugés avec lesquels on étudie le sujet, quels que soient l'éducation ou les convictions que chacun a en tête, ce sujet se au niveau de la prospective. Les faits sont écrits dans l'histoire, analysés et décrits par les scientifiques. La prospective quant à elle évoque le futur, et si les scénarios que j'évoque me semblent pertinents, d'autres aux intérêts différents auront tendance à souhaiter une évolution différente. Je choisi et retiens les scénarios qui offrent des situations au plus long terme possible et respectant les normes du développement durable, à savoir de laisser à nos enfants la même Terre que celle que nous avons reçu de nos parents. Cependant, malgré toutes mes précautions et mes bonnes intentions, nul ne peut prédire le futur.

Une fois les faits et les analyses qui en découlent admis, il relève de l'espoir, de la confiance en l'ingéniosité humaine pour trouver des solutions pour faire face au problème qui nous est posé, c'est ce que nous avons vu dans la troisième partie. Cependant, le sujet évoluant chaque jour, les alternatives, les inventions, les découvertes devraient apparaître régulièrement dans les années à venir, il est donc important de suivre et de pousser vers l'avant cette recherche de solution, et même de s'engager à y participer, en tant qu'homme, que citoyen et en pensant aux générations à venir.

Enfin, en attendant toutes les solutions miracles, et afin d'adoucir la courbe de la déplétion, nous pouvons dès à présent apprendre à nous délier de notre consommation d'énergie. Cela nous préparera en cas de rupture rapide à moins souffrir. C'est donc en prenant conscience de notre consommation que nous pouvons la mesurer et faire les bons choix.

Finalement, rien dans ce que nous avons fait n'est vraiment mauvais, les énergies, les matières fossiles proviennent de la terre, et les des gaz carboniques sont également des substances chimiques que l'on trouve à l'état naturel sur la planète. Notre fréquence de consommation a cependant était excessive est aussi vite que nous sommes montés et devenus dépendants, plus vite et plus difficile sera la rupture. Il aurait fallut être moins gourmand pour ne pas avoir eu à se soucier de ces problèmes. Voyons le côté positif, c'est en étant dépendant et en ne souhaitant pas réduire que nous nous retrouvons contraints et forcés à faire preuve de la plus grande imagination pour pouvoir trouver des solutions qui nous permettent de continuer à fournir le monde en énergie, propres et renouvelables désormais.

Si nul ne peut prévenir l'avenir, il est certain que le présent s'écrit au jour le jour et qu'il est la somme de nos choix individuels et quotidiens. Ainsi, il sera primordial de continuer à suivre au plus près les variables énergétiques et environnementales pour savoir vers quel scénario nous nous orientons demain.

Plus que jamais, je pense que les 20 prochaines années seront très différentes des 20 dernières.

Index des termes

GIEC ou IPCC
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ou Intergovernmental Panel on Climat Change
L'IPCC (GIEC) trouve ses origines dans le Jour Mondial de la Terre (World Earth Day) en 1970, dans la Conférence de Stockholm de 1971-1972 et dans la Conférence de Villach en 1980 et 1985. En Juillet 1986, le United Nations Environment Program (l'UNEP, le programme des Nations Unies pour l'Environnement) et la World Meteorological Association (WMO, l'Association Mondiale Météorologique) mirent en place le Intergovernmental Panel on Climat Change (l'IPCC, GIEC en français) comme organe placé sous la responsabilité des Nations Unies. Sa mission : évaluer, sans parti-pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine

Déplétion
La déplétion est la baisse de production qui suit le pic pétrolier. C'est donc une croissance négative de la production de pétrole. Son taux indique le choc et la vitesse de la rupture avec la société fossile.

Pic pétrolier
Un pic pétrolier désigne le sommet de la courbe qui caractérise la production pétrolière d'un puit ou d'un champ pétrolier ; par extension le « pic pétrolier mondial » (abrégé en Peak Oil en anglais) désigne le moment où la production mondiale de pétrole commencera à décliner du fait de l'épuisement des réserves de pétrole exploitables.

Simplicité volontaire
La simplicité volontaire est un mode de vie consistant à réduire volontairement sa consommation

Cultural creatives
Chez H. Ray les Cultural creative est une famille de citoyens ni à gauche ni à droite mais devant qui désire autre chose. Intégrer et marier les meilleurs éléments vécus et légués par les deux familles traditionnelles. Réconcilier, le passé avec l'avenir. La majorité de ces réintégrateurs sont des femmes.

GES = Gaz à effets de serre
ER = Energies renouvelables voir partie 2.1.5
ENR = Energies fossiles voir partie 2.1.3

Bibliographie

Alan Greenspan – La era de las turbulencias – Aventuras en un nuevo mundo – 2008
CHAUVEAU Loïc, Le Développement Durable, produire pour tous, protéger la planète (Larousse, juin 2006)
Conférence d'Yves Cochet
Emmanuel Broto - Le Piège ou l'exploitation exubérante du pétrole par l'Homme - 2006
Hervé Kempf – Comment les riches détruisent la planète – Seuil – janvier 2007
Hervé Kempf – Pour sauver la planète, sortez du capitalisme – Janvier 2009
Infinite Limit of R/P Ratio and Rate of Depletion – Broto –Terre de brut – ASPO FRANCE
La energia cuenta su historia – Andrea Costa – Graciela Domenech
Laurent Pacelli , APRES LE PIC : QUEL DECLIN ? - Les Editions de l'Or Noir
Laurent Pacelli- quel déclin après le pic ?
Manicore.com Site et Conférences – Jean-Marc Jancovici
Marc Luyckx Ghisi - Au-delà de la modernité, du patriarcat et du capitalisme
Marc Luyckx Ghisi – The knowledge society
Meadow – Limits to growth – 1973
Nicholas Georgescu-Roegen - La décroissance - 1979
Paul Jorion – La crise des subprimes au séisme financier planétaire, Fayard – X 2008
Pic Oil – Terre de brut – ASPO France – 27/11/06
Rapport NIPP : Nongovernmental International Panel on Climate Change – 2008
Rapport UNEP "Planet's Tougher Problems Persist" 25 Octobre 2007"

Sommaire des tables et illustrations

Figure 1 : La fonction exponentielle 9
Figure 2 - Variations et limites de la fonction exponentielle 10
Figure 3 - Limites de la fonction exponentielle 10
Figure 4 – Fonction exponentielle – Cross de hockey 10
Figure 5 – Evolution démographique - Forme de Cross de Hockey 12
Figure 6 - Données démographiques au 12 janvier 2009 par rapport à l'année 2009 12
Figure 7 - Chaque nouvelle décennie est supérieure la somme des précédentes 14
Figure 8 - 8 Croissances Exponentielles prises séparément 17
Figure 9 – La situation actuelle 18
Figure 10 – Consommation mondiale totale d'énergie depuis 1860 23
Figure 11 – Consommation d'énergie primaire par habitant 24
Figure 12 – Dépendance entre Consommation énergétique par habitant et PIB par habitant 25
Figure 13 – Production de pétrole aux USA 27
Figure 14 – Utilisation du pétrole en France 27
Figure 15 – La prédominance du pétrole dans les énergies 28
Figure 16 – la Houille ou charbon 29
Figure 17 – Les réserves de gaz naturel mondiales par zone géographique 30
Figure 18 – Emissions de CO2 par tonne équivalent pétrole d'énergie selon les différentes énergies 31
Figure 19 – Minerai d'Uranium Figure 20 – Yellow cake 32
Figure 21 – Cycle mondial de production de pétrole – Pic de Hubbert 33
Figure 22 – Découvertes mondiales de pétrole 34
Figure 23 – Taux de déplétion à prévoir en fonction des réserves restantes et de la production annuelle 35
Figure 24 – Les Energies renouvelables dans le bilan énergétique mondial 38
Figure 25 – L'empreinte écologique 43
Figure 26 – Décomposition de l'empreinte écologique 43
Figure 27 – Composant énergétiques de l'empreinte écologique 44
Figure 28 – Empreinte écologique des grandes puissances mondiales 48
Figure 29 – Emissions de CO2 par tonne équivalent pétrole selon l'énergie choisie 50
Figure 30 – Conséquences à long terme de variables environnementales 51
Figure 31 – Effet résiduel d'une tonne de gaz dans l'atmosphère 51
Figure 32 – Causes de dégradation du climat mondial 53
Figure 33 – Le couple consommation d'énergie – Impact sur l'environnement 56
Figure 34 – Emissions de CO2 par rapport aux combustibles fossiles 57
Figure 35 – Equation de Kaya – la clé du problème 59
Figure 36 – Evolution des variables énergétiques et environnementales 59
Figure 37 – Emissions de CO2 par habitant, scénario normal et réduit 60
Figure 38 – Scénario présent et scénario futur 66
Figure 39 – Evolution énergétique les 4 scénarios d'augmentation ou de réduction des énergies 68
Figure 40- 4 scénarios d'avenir 69
Figure 41 – Comment on passe de 4 scénarios avec 5 variables à 2 scénarios antagonistes et extrêmes 74
Figure 42 - Comment remplacer 24+21+34+4,5% de notre énergie par des énergies propres ? 74
Figure 43 – Réponses à la question Pour vous le réchauffement climatique, c'est 85
Figure 44 - Analyse factorielle des correspondances multiples des Variables : « Définition du réchauffement climatique » Et « Y a-t-il selon vous une solution envisageable » ? 86

Figure 45 – Arbres des solutions à apporter 88
Figure 46 – Mesures concrètes à mettre en place 89
Figure 47 – Répartition des énergies selon le type de solution économique ou éthique 90
Figure 48 – Exemple d'énergies renouvelables à développer – l'énergie marémotrice et Hydraulienne 90
Figure 49 – Action des hommes - citoyens 91
Figure 50 – Action des Entreprises 92
Figure 51 – Arbre des actions des Etats 94
Figure 52 – Classement des pays exportateurs de pétrole 104
Figure 53 – Les promesses de réduction des pays signataires des accords de Kyoto 105
Figure 56 – Mon bilan Carbone – Valeur référence par habitant idéale : 460kg 107
Figure 57 - Votre sexe 108
Figure 58 - Votre âge 108
Figure 59 - Quelle est votre Catégorie Socio-Professionnelle? 109
Figure 60 - Pour vous le réchauffement climatique, c'est 110
Figure 61 - Selon vous, quelle est l'urgence de la situation : 110
Figure 62 - Y a-t-il, selon vous, une solution envisageable à cette situation? 110
Figure 63 - En cas de non action, qui seront, selon vous, les premiers touchés? 111
Figure 64 - En cas de non action, qui seront, selon vous, les plus gravement affectés? 111
Figure 65 - Qui doit selon vous mener l'action pour trouver des solutions? 111
Figure 66 - Pensez vous que l'action citoyenne puisse faire la différence? 111
Figure 67 - Seriez vous prêt à réduire vos déplacements en voiture 112
Figure 68 - Seriez vous prêt à voyager moins loin? 112
Figure 69 - Seriez vous prêt à réduire votre consommation de viande? 112
Figure 70 - Seriez vous prêt à réduire vos consommations de produits importés? 112
Figure 71 - Seriez vous prêt à consommer local? 113
Figure 72 - Quelle est, selon vous, l'énergie la plus propre? 113
Figure 73 113
Figure 74 113
Figure 75 114
Figure 76 – Analyse des variables quantitatives 116
Figure 77 – « Voiture » et « Viande » en traitement par classe 117
Figure 78- « Voyager moins loin » et « viande » 118
Figure 79 – « Voyager moins loin » et « viande » en traitement par classe 118
Figure 80 – Nuages de valeurs selon les Variables « Voyager moins loin », « urgence », « voiture », « local », « produits importés », « viande » 119
Figure 81 - Lien entre les variables « Urgence » et « Pour vous le réchauffement climatique, c'est » 120
Figure 82 – Lien entre l'urgence et l'estimation de son action 120
Figure 83 – « Urgence » et « âge » 121
Figure 84 - Relation entre les variables « Local » et « Prod importés » 121

Annexes

Annexe 1 - Les culturels créatifs et la société verte

Dans une étude, Paul H. Ray, a délivré quelques statistiques très éclairantes. Les premiers chiffres rapportés ci-dessous expriment les pourcentages enregistrés au sein du groupe des 24% de créateurs culturels. Les chiffres en italiques expriment eux, quand cela a été possible, le pourcentage de réponses positives de l'ensemble de la population américaine.

Très intéressés par la « simplicité volontaire » : 79%, *63*%.

Ils/elles travaillent à la réintégration et la reconstruction du lien social dans leurs communautés locales, régionales et au plan mondial : 92%, *86*%.

Reconnection avec la nature et réintégration de l'écologie dans l'économie : 85%, *73*%.

Elles/ils sont prêts à supporter plus de taxes afin de mettre fin à la pollution et au réchauffement de l'atmosphère : 83%, *64*%.

Redécouverte du caractère sacré de la nature : 85%, *73*%.

Revalorisation de la dimension du sacré et de la spiritualité dans leurs vies ; elles/ils désirent se reconstruire par un travail intérieur : 52%, *36*%.

Ils/elles considèrent important de pouvoir développer leur propre créativité au plan professionnel et sont même prêts à gagner moins à cette fin : 33%, *28*%.

Ils/elles sont altruistes, inscrits dans une action de volontariat : 58%, *45*%.

Optimistes à propos de la société de demain : 35%, *27*%.

Leur travail et cheminement intérieurs ne les éloigne pas de l'engagement social, bien au contraire : 45%, *34*%.

Elles/ils aiment voyager, sont xénophiles et aiment les étrangers : 83%, *70*%.

Ont un sens de responsabilité pour Gaia, notre petite planète bleue, qui est en danger : 85%, *73*%.

Elles/ils se méfient ou ont peur par exemple :

de la croissance à tout prix, des industriels pollueurs, du big business en général : 76%.

de la violence, surtout vis-à-vis des femmes et des enfants : 87 %, *80*%.

Enfin, comme tout groupe, elles/ils se définissent aussi par le rejet de certaines valeurs :

Ils/elles refusent la société de consommation et le modèle de bonheur hédoniste qu'elle propose : 90%.

Ils refusent le désenchantement de ceux qui vivent au jour le jour, sans horizon : 81%.

Elles/ils s'opposent à ceux qui, dans le monde des affaires et dans les milieux de droite, refusent les décisions et mesures favorables à l'environnement : 79%.

Refus de l'idéologie du gagneur, de la concurrence à tout prix et de la course à l'argent : 70%.

Peur de perdre son emploi et que son partenaire perde le sien : 62%.

Refus du matérialisme et de la recherche sans fin de biens matériels et financiers : 48%.

Une autre enquête préliminaire de la commission européenne réalisée en 1997 par Paul H. Ray à Bruxelles peut nous intéresser dans ce contexte sur les changements. Elle a été réalisée dans les quinze pays membre de l'Union européenne. Confiée à Research International à Paris, cette enquête a été menée

entre juin et septembre 1997. Ses résultats ont été présentés au State of the World Forum à San Francisco, en novembre de la même année. Certains d'entre eux corroborent les tendances dégagées par les autres enquêtes.

Conscience des problèmes d'environnement

80% des Européens considèrent que la protection de l'environnement et la lutte contre la pollution sont des tâches urgentes et immédiates.

90% trouvent qu'il faudrait faire plus pour l'environnement même si cela doit coûter de l'argent.

80% considèrent que la prise en compte de l'environnement doit avoir préséance sur la croissance économique.

Annexe 2 – Les pays exportateurs de pétrole

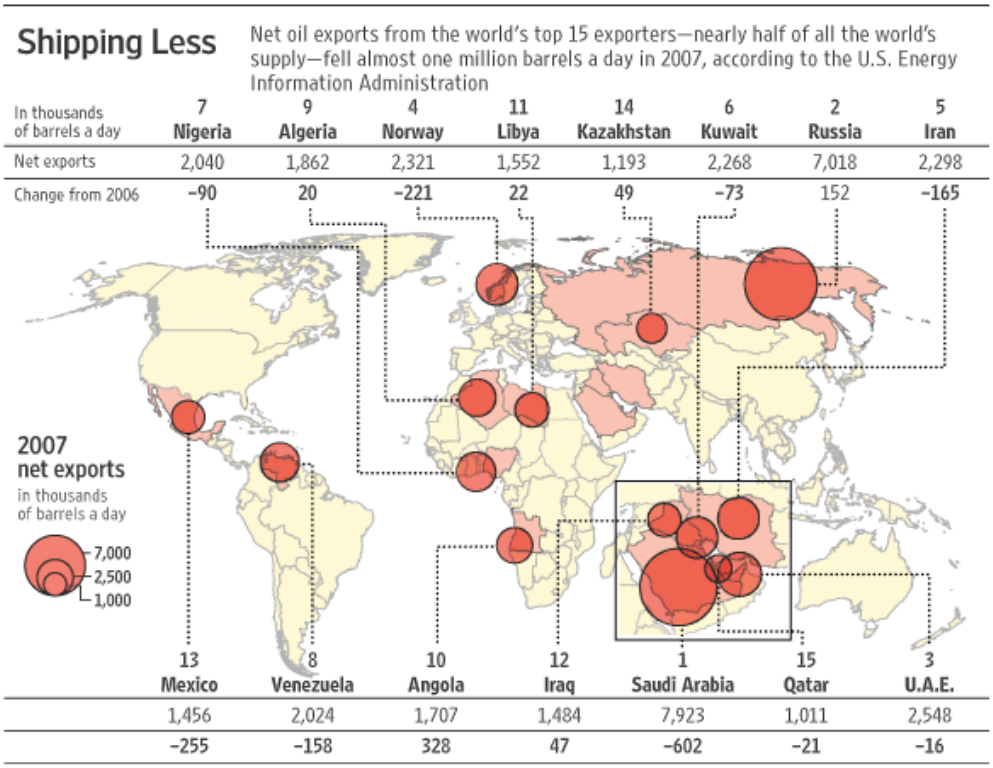


Figure 52 – Classement des pays exportateurs de pétrole

Annexe 3 – Promesses de réduction des pays

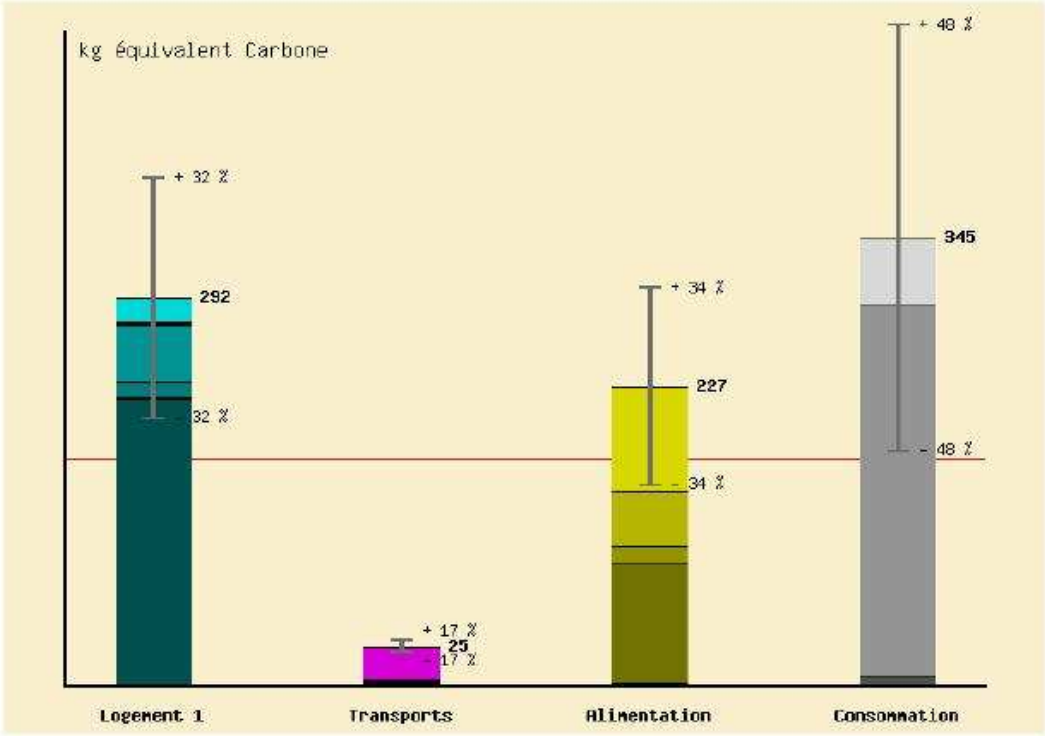
Pays signataire	CO_2 fossile seul en 1990 (milliers de tonnes équivalent carbone)	Engagement du pays dans le protocole de Kyoto
Allemagne	269 136	-21,0%
Australie	72 352	8,0%
Autriche	12 732	-13,0%
Belgique	28 415	-7,5%
Bulgarie	26 044	-8,0%
Canada	113 370	-6,0%
Croatie	?	-5,0%
Danemark	14 050	-21,0%
Espagne	56 093	15,0%
Estonie	10 141	-8,0%
Finlande	14 697	0,0%
France	97 561	0,0%
Grande Bretagne	152 091	-12,5%
Grèce	21 080	25,0%
Hongrie	21 842	-6,0%
Irlande	8 067	13,0%
Islande	456	10,0%
Italie	108 633	-6,5%
Japon	287 172	-6,0%
Lettonie	6 602	-8,0%
Liechtenstein	?	-8,0%
Lituanie	10 181	-8,0%
Luxembourg	3 309	-28,0%
Monaco	29	-8,0%
Norvège	7 192	1,0%
Nouvelle Zélande	6 108	0,0%
Pays-Bas	43 375	-6,0%
Pologne	126 272	-6,0%
Portugal	10 642	27,0%
République Tchèque	43 656	-8,0%
Roumanie	50 611	-8,0%
Russie	626 973	0,0%
Slovaquie	15 461	-8,0%
Slovénie	3 626	-8,0%
Suède	13 999	4,0%
Suisse	10 820	-8,0%
Ukraine	183 293	0,0%
USA	1 320 132	-7,0%

Figure 53 – Les promesses de réduction des pays signataires des accords de Kyoto

Annexe 4 – Tableau récapitulatif final des scénarios

	Scénario actuel	Scénario positif	Scénario négatif
1. Production ER	Balbutiante, 16% en 2005, les énergies renouvelables n'atteindront jamais un niveau suffisant pour remplacer la part du pétrole.	Développement parallèle de toutes les ENR	Développement lent et marginal Manque d'investisseurs Rendement énergétique toujours faible Instabilité liée aux risques climatiques forts
2. Production ENR	Dominante Déplétion Polluante	Très forte réduction Déplétion	Déplétion Accès difficile EROI plus faible Saturation du CO2 à 550ppm dès 2030
3. Production énergétique	Strictement croissante	Décroissance Simplicité volontaire Déplétion des ENR, développement des ER, augmentation de l'intensité énergétique Arrêt des centrales nucléaires	Déplétion forcée Pas ou peu d'alternatives développées Espoir du Gaz, puis du Charbon, puis de l'Uranium pour la transition
4. Dégâts sur le climat	Strictement croissants Extinction des espèces Dégradation de la biodiversité Augmentation de la température	Passage du pic carbonique Stabilisation des extinctions des espèces Augmentation de plus de 2°C Augmentation du niveau de la mer	Catastrophes climatiques Extinctions des espèces Augmentation de plus de 5°C Augmentation du niveau de la mer
5. Adaptation énergétique :	Très faible Tant qu'il n'y a pas un intérêt financier à aller vers les solutions vertes, la société freine	Sortie de la société de surconsommation Forte et lourde adaptation Ré accaparation Nouveau modèle économique	Diminution de l'accès à l'énergie subie Coupures de courants dans les lieux collectifs
6. Prix de l'énergie	Contrôlé par l'OPEP. Encore très faible Sujet à spéculation	Faible Selon le producteur	Fort et strictement croissant Contrôle par monopoles
7. Accès à l'énergie	Loi de l'offre et de la demande	Accès autonome et localisé	Accès à l'énergie difficile et réduit
8. Echanges internationaux	Mondialisation	Echanges de marchandises et d'humains redevenus locaux	
9. Physionomie de la société	Grandes villes Forte population Inégalité de répartition des richesses	Minis sociétés locales Interdépendances Règles coopératives	Les riches et détenteurs de l'énergie s'enferment sur eux-mêmes dans des îlots ultra protégés

Annexe 5 – Mon bilan carbone à Paris



Logement
- Chauffage
- Eau chaude sanitaire
- Cuisson
- Electricité - autres usages
- Electricité - parties communes (si logement collectif)
- Construction
- Equipement - travaux

Transports
- Voiture(s)
- Deux roues
- Vol(s) en avion
- Transports en commun

Alimentation
- Viandes et poissons
- Laitages
- Fruits et légumes
- Alimentation - autre
- Boissons

Consommation
- Vêtements
- Vie quotidienne
- Loisirs

888 kilogrammes équivalent Carbone, avec une incertitude de : 38 %.

	Emissions en kg equ. C	Incertitude en %
Logement 1	291,8	32
Transports	24,7	17
Alimentation	226,7	34
Consommation	344,8	48
Total	888,1	38

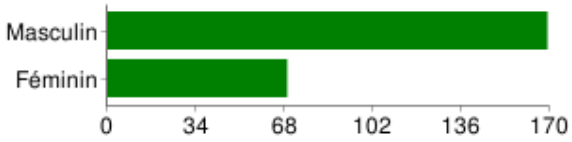
Figure 54 – Mon bilan Carbone – Valeur référence par habitant idéale : 460kg

Annexe 6 - Questionnaire échantillon de 234 personnes :

Le questionnaire quantitatif était un moyen simple et rapide d'avoir une idée de ce que pensent les gens dans mon entourage. Le but est de savoir ce qu'ils pensent du réchauffement climatique, s'ils sont optimistes face à son déroulement, et les actions que chacun serait prêt à faire pour agir contre.

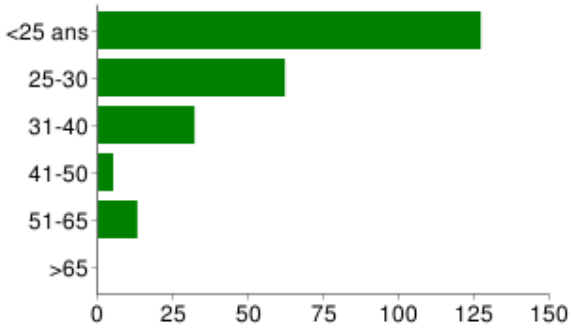
Principalement communiqué par Internet, l'échantillon rassemble des amis, groupes sociaux, familles et proches, ainsi que des connaissances de réseaux liés à des groupes facebook sur l'environnement, la politique ou la finance. Cet échantillon n'est pas représentatif de la société française, mais est assez quantitatif pour donner une petite image de mon entourage proche et moins proche.

C'est aussi l'occasion de vérifier quelques certitudes ainsi que de demander conseil sur le moyen de communication idéal pour communiquer sur ce sujet.



Masculin	169	71%
Féminin	69	29%

Figure 55 - Votre sexe



<25 ans	127	53%
25-30	62	26%
31-40	32	13%
41-50	5	2%
51-65	13	5%
>65	0	0%

Figure 56 - Votre âge

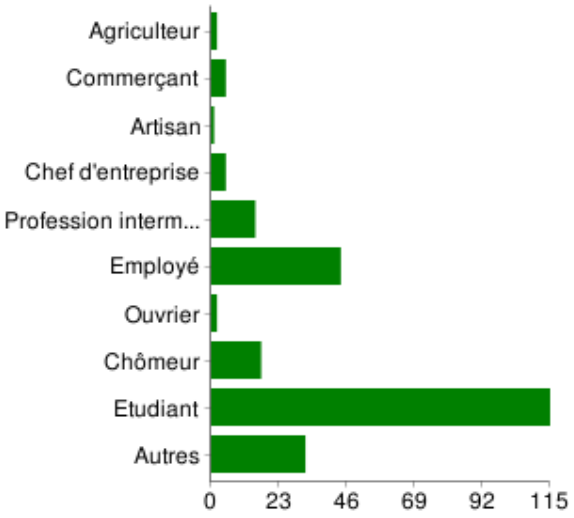
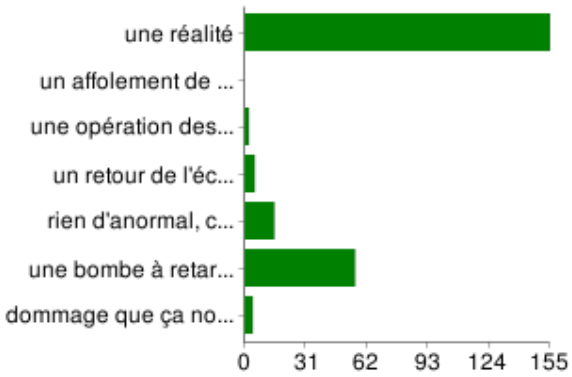


Figure 57 - Quelle est votre Catégorie Socio-Professionnelle?

Agriculteur	2	1 %
Commerçant	5	2 %
Artisan	1	0 %
Chef d'entreprise	5	2 %
Profession intermédiaire	15	6 %
Employé	44	18%
Ouvrier	2	1 %
Chômeur	17	7 %
Etudiant	115	48%
Autres	32	13%



une réalité	155	65%
un affolement de scientifique	0	0%
une opération des lobbys	2	1%
un retour de l'écologie	5	2%
rien d'anormal, ce sont des cycles	15	6%
une bombe à retardement	56	23%
dommage que ça nous tombe dessus	4	2%

Figure 58 - Pour vous le réchauffement climatique, c'est

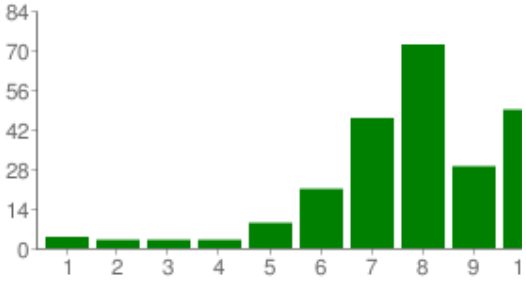
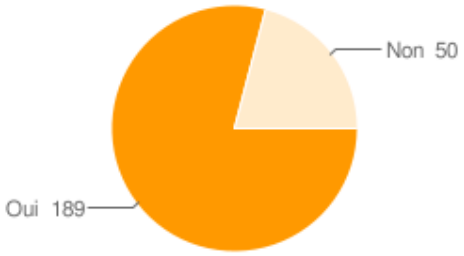


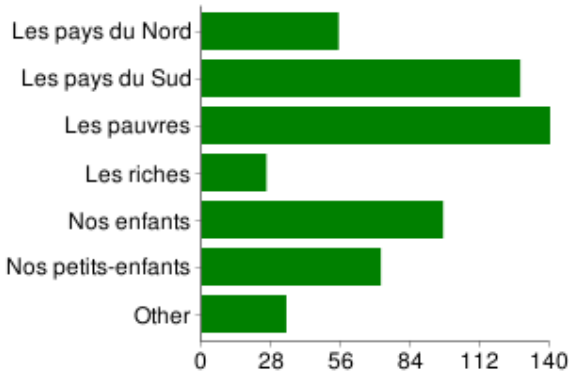
Figure 59 - Selon vous, quelle est l'urgence de la situation :

1	Faible	4	2%
2		3	1%
3		3	1%
4		3	1%
5		9	4%
6		21	9%
7		46	19%
8		72	30%
9		29	12%
10	Forte	49	21%



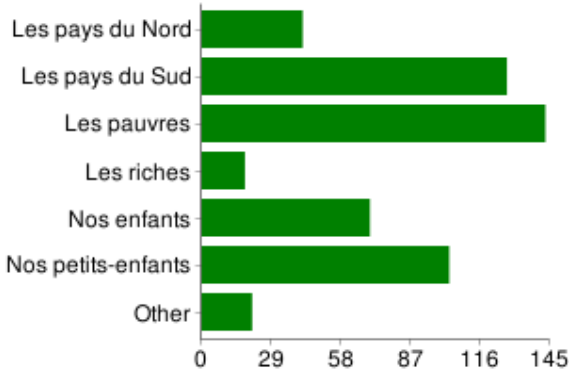
Oui	189	79%
Non	50	21%

Figure 60 - Y a-t-il, selon vous, une solution envisageable à cette situation?



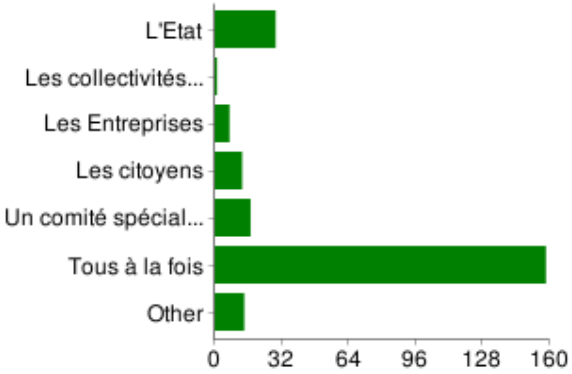
Les pays du Nord	55	23%
Les pays du Sud	128	54%
Les pauvres	140	59%
Les riches	26	11%
Nos enfants	97	41%
Nos petits-enfants	72	30%
Other	34	14%

Figure 61 - En cas de non action, qui seront, selon vous, les premiers touchés?



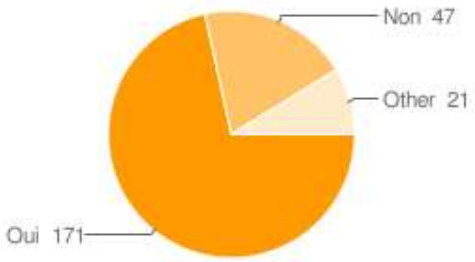
Les pays du Nord	42	18%
Les pays du Sud	127	53%
Les pauvres	143	60%
Les riches	18	8%
Nos enfants	70	29%
Nos petits-enfants	103	43%
Other	21	9%

Figure 62 - En cas de non action, qui seront, selon vous, les plus gravement affectés?



L'Etat	29	12%
Les collectivités locales	1	0%
Les Entreprises	7	3%
Les citoyens	13	5%
Un comité spécial international	17	7%
Tous à la fois	158	66%
Other	14	6%

Figure 63 - Qui doit selon vous mener l'action pour trouver des solutions?



Oui	171	72%
Non	47	20%
Other	21	9%

Figure 64 - Pensez vous que l'action citoyenne puisse faire la différence?

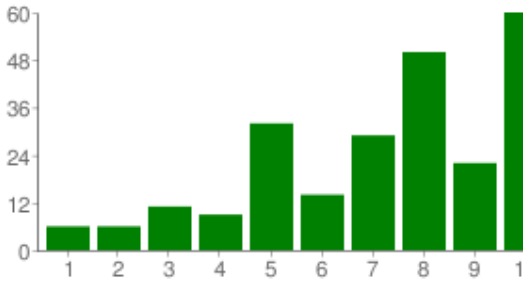


Figure 65 - Seriez vous prêt à réduire vos déplacements en voiture

1	Faible	6	3%
2		6	3%
3		11	5%
4		9	4%
5		32	13%
6		14	6%
7		29	12%
8		50	21%
9		22	9%
10	Forte	60	25%

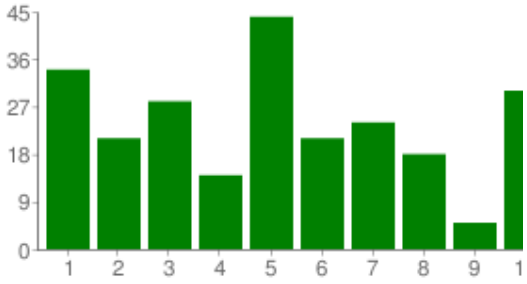


Figure 66 - Seriez vous prêt à voyager moins loin?

1	Faible	34	14%
2		21	9%
3		28	12%
4		14	6%
5		44	18%
6		21	9%
7		24	10%
8		18	8%
9		5	2%
10	Forte	30	13%

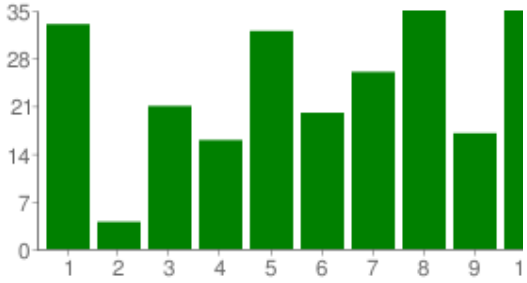


Figure 67 - Seriez vous prêt à réduire votre consommation de viande?

1	Faible	33	14%
2		4	2%
3		21	9%
4		16	7%
5		32	13%
6		20	8%
7		26	11%
8		35	15%
9		17	7%
10	Forte	35	15%

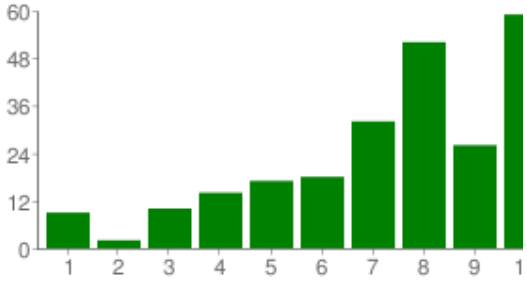
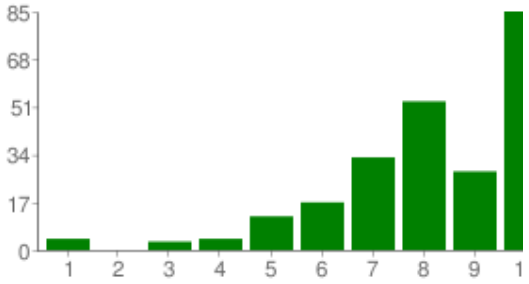


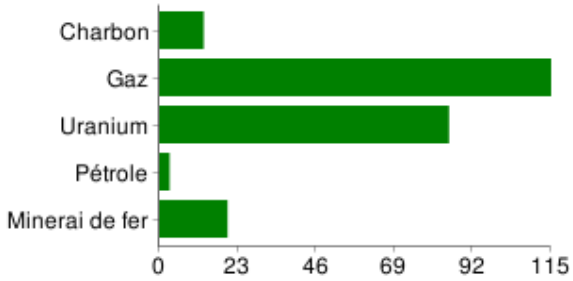
Figure 68 - Seriez vous prêt à réduire vos consommations de produits importés?

1	Faible	9	4%
2		2	1%
3		10	4%
4		14	6%
5		17	7%
6		18	8%
7		32	13%
8		52	22%
9		26	11%
10	Forte	59	25%



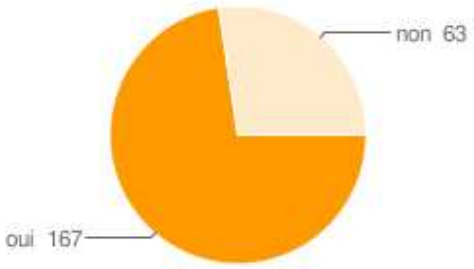
1	Faible	4	2%
2		0	0%
3		3	1%
4		4	2%
5		12	5%
6		17	7%
7		33	14%
8		53	22%
9		28	12%
10	Forte	85	36%

Figure 69 - Seriez vous prêt à consommer local?



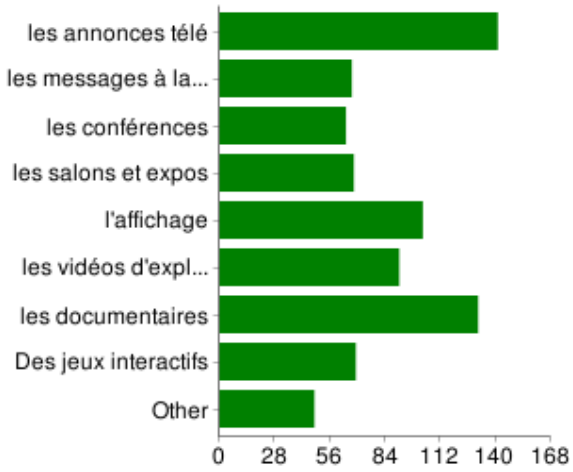
Charbon	13	6%
Gaz	115	49%
Uranium	85	36%
Pétrole	3	1%
Minerai de fer	20	8%

Figure 70 - Quelle est, selon vous, l'énergie la plus propre?



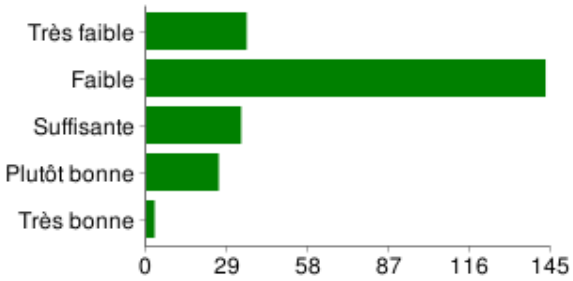
oui	167	73%
non	63	27%

Figure 71 - Souhaiteriez vous en savoir plus sur les actions contre le réchauffement climatique?



les annonces télé	141	60%
les messages à la radio	67	28%
les conférences	64	27%
les salons et expos	68	29%
l'affichage	103	44%
les vidéos d'explications	91	39%
les documentaires	131	56%
Des jeux interactifs	69	29%
Other	48	20%

Figure 72 - Quel est selon vous le meilleur moyen pour communiquer sur les actions à mener?



Très faible	3 6	1 5%
Faible	1 43	6 1%
Suffisante	3 4	1 4%
Plutôt bonne	2 6	11 %
Très bonne	3	1 %

Figure 73 - Trouvez vous votre action contre le réchauffement climatique

Annexe 4 - Questionnaire échantillon de 234 personnes :

Sans analyser chaque question et ses réponses, voici le profil type de réponse de ce questionnaire :

Un garçon, étudiant qui a moins de 25 ans. Il pense que le réchauffement climatique est une réalité. Pour lui l'urgence de la situation atteint 7,68 sur 10 mais il est convaincu à 79% qu'il y a une solution. Les premiers touchés sont pour lui les pays du sud et les pauvres ainsi que nos enfants, alors que seuls les pays du sud, les pauvres et nos petits enfants seront les plus gravement touchés, cela n'empêche pas tous les autres de souffrir également.

Pour mener l'action contre le réchauffement climatique, il est convaincu que tous à la fois doivent se mobiliser pour trouver des solutions. A 72% il est convaincu que l'action citoyenne peut faire la différence, mais peut-être pas seule. Sur une échelle de 1 à 10 il s'estime à 7,2 pour réduire ses déplacements en voiture, à 5,1 pour la réduction des distances de ses voyages, à 5,9 pour sa réduction de consommation de viande, à 7,32 pour la réduction de produits importés et à 8,1 pour la consommation locale.
Il sait que le gaz est l'énergie la plus propre, mais évoque également le nucléaire, pour d'autres raisons. A 73% il est intéressé par plus d'informations sur le réchauffement climatique et les actions à mener. Il penser que les annonces télés et les documentaires seront les meilleurs moyens de communiquer ces actions.
Enfin il trouve son action plutôt faible.

Voici le portrait type de la moyenne de mon échantillon.

Liste des spécialistes interrogés :

- Walter, Vermeulen, chercheur senior et professeur en Sciences socials et environnementales à l'Université d'Utrecht.
- Hens Runhaar, 37 ans, professeur assistant à l'Université d'Utrecht à l'observatoire Copernicus
- Roos den Uyl, 28 ans, étudiante en doctorat de sciences environnementales au Copernicus Institut de l'Université d'Utrecht.
- Jantien Bunte, 25 ans, étudiante en loi environnementale à l'Université d'Utrecht

Modèle du Questionnaire qualitatif à l'attention des experts en développement durable.

Nom

Profession

Age

Pour vous le réchauffement climatique c'est :
- une réalité
- un délire des scientifiques
- une opération des lobbys
- un retour de l'écologie
- rien d'exceptionnel, ce sont juste des cycles
- une bombe à retardement
- dommage que ça nous tombe dessus

Quelle est l'urgence de la situation (de 1 à 10) ?

Y a –t-il une solution possible aux problèmes ?

De quel type ? Quelle solution pour quel problème ?

Qui doit mener l'action pour trouver les solutions ? Comment synchroniser les actions menées ?

Pensez vous que l'action citoyenne puisse faire la différence ?

Quel est pour vous le meilleur moyen de communiquer sur les moyens d'actions à notre disposition ?

Analyse :

	Moyenne	Ecart-type	Médiane
Urgence	7,69	1,93	8,00
Voiture	7,21	2,46	8,00
Voyager moins loin	5,11	2,87	5,00
Viande	5,90	2,95	6,00
Prod importés	7,33	2,44	8,00
Local	8,13	1,99	8,00
Total	6,89	2,68	

Alpha de Cronbach = **0,80**

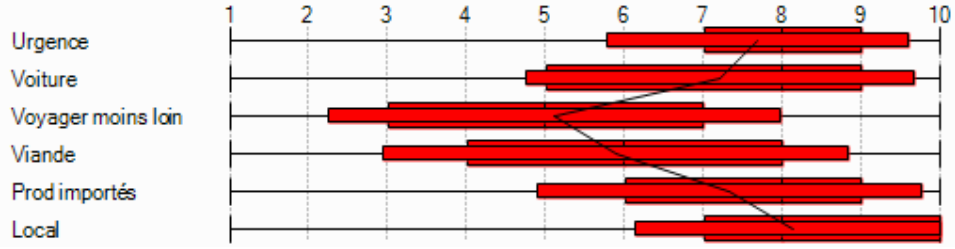


Figure 74 – Analyse des variables quantitatives

Observation :
Voyager moins loin est le résultat le plus faible
Consommer local est le résultat le plus fort, suivi de la réduction de produits importés.

La variable qui rassemble le moins sur l'uniformité de la réponse est la viande, suivi de voyager moins loin.

La question sur l'urgence de la situation est celle avec l'écart type le plus faible, la majorité

Interprétation :
La question sur le voyager moins loin est mal formulée et fait peur. En réalité il ne s'agit nullement de réduire les distances, il s'agit de changer les moyens de transports. Ainsi quand on dit que la quantité de CO2 par habitant par an équivaut à un aller retour paris new York, il ne s'agit pas d'arrêter d'aller à New York, mais de changer la manière d'y aller.

Le fait de poser la question « seriez vous prêts à voyager moins loin » est l'inverse de ce que l'esprit et le cerveau sont prêts à faire comme concession. Les résultats donnent ainsi une moyenne de 5.12, ce qui est quand même plus que la moyenne sur une échelle de 1 à 10, mais la question dérange. L'écart type de 2,88 justifie également le fait que les avis varient beaucoup sur cette question.

La question de la viande, est culturelle et habituelle. Beaucoup de personnes ne sont pas prêts à réduire leur consommation de viande, ou ne voient pas pourquoi ils devraient le faire. La variable « consommation de viande » est pourtant très impactante sur l'environnement, cependant si on ne l'explique pas, les avis divergent, entre les végétariens déjà convaincu, et les féroces carnivores.

Consommer local et moins de produits importés se ressemblent, dans les mots comme dans les chiffres et trouvent des valeurs proches. Que l'on soit fan d'écologie, fan de mondialisation, il semblerait que les français sont prêts à revenir vers des produits plus locaux, plus économiques en terme de transport.

La réduction de l'utilisation de la voiture compte des statistiques similaires à la réduction de la consommation de produits importés, on y trouve une population et des profils variés, tous prêts à agir, avec des motifs variables et variés.

Voiture
Viande

	Moins de 2,00		De 2,00 à 4,00		De 4,00 à 6,00		De 6,00 à 8,00		De 8,00 à 10,00		10,00 et plus		**Total**	
	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth
Moins de 2,00	5	+ (TS)	10	+ (TS)	6		5		3	- (S)	4	- (PS)	33	
De 2,00 à 4,00	1		3		6		6		3	- (PS)	4		23	
De 4,00 à 6,00	0		1		12		11		13		11		48	
De 6,00 à 8,00	0		1		7		9		18		10		45	
De 8,00 à 10,00	0		2		4	- (PS)	8		28	+ (TS)	9		51	
10,00 et plus	0		0	- (PS)	4		5		5	- (PS)	21	+ (TS)	35	
Total	6		17		39		44		70		59		235	

p = **<0,1%** ; chi2 = **108,97** ; ddl = **25** (TS)

La relation est très significative.
Répartition en 6 classes de même amplitude
Carte : analyse factorielle des correspondances sur le tableau croisé

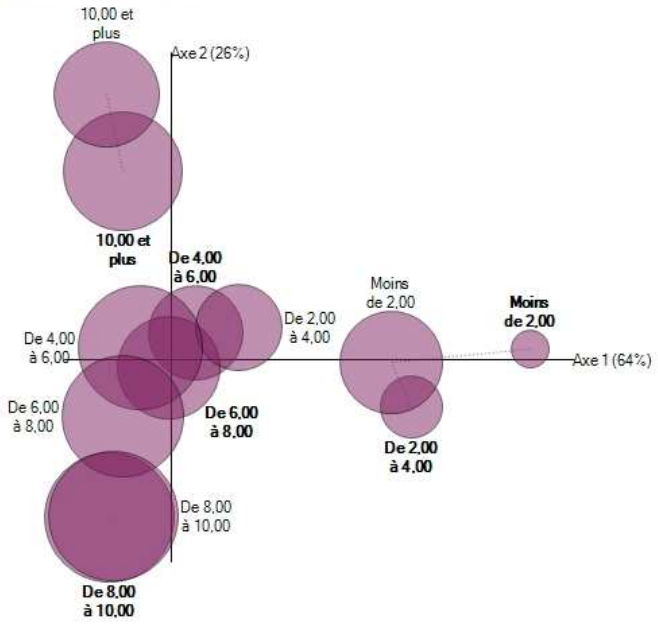


Figure 75 – « Voiture » et « Viande » en traitement par classe

Voyager moins loin
Viande

	Moyenne	Ecart-type	Médiane
Voyager moins loin	5,11	2,89	5,00
Viande	5,93	2,94	6,00
Total	5,52	2,94	

r = +0,27 (NS) y = 0,28x + 4,50

La relation n'est pas significative.

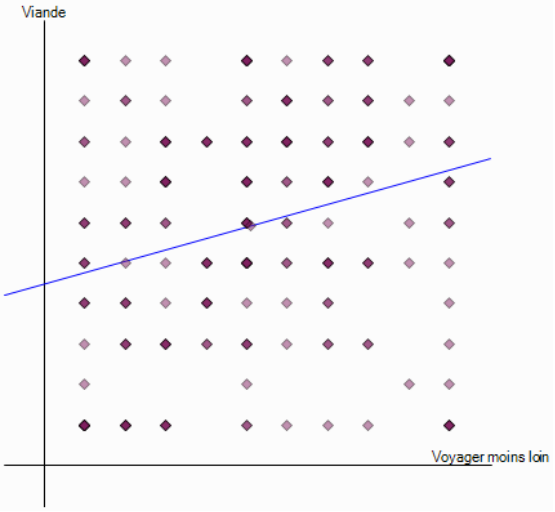


Figure 76- « Voyager moins loin » et « viande »

Voyager moins loin
Viande

	Moins de 2,00		De 2,00 à 4,00		De 4,00 à 6,00		De 6,00 à 8,00		De 8,00 à 10,00		10,00 et plus		**Total**	
	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth	N	Eth
Moins de 2,00	13	+ (TS)	10		2	- (S)	2	- (PS)	1		5		33	
De 2,00 à 4,00	2		7		6		3		3		2		23	
De 4,00 à 6,00	6		6		21	+ (TS)	9		4		2	- (PS)	48	
De 6,00 à 8,00	4		13		11		10		2		5		45	
De 8,00 à 10,00	3	- (PS)	9		10		15	+ (PS)	10	+ (S)	4		51	
10,00 et plus	6		2	- (PS)	8		4		3		12	+ (TS)	35	
Total	34		47		58		43		23		30		235	

p = <0,1% ; chi2 = 73,77 ; ddl = 25 (TS)

La relation est très significative.
Répartition en 6 classes de même amplitude
Carte : analyse factorielle des correspondances sur le tableau croisé

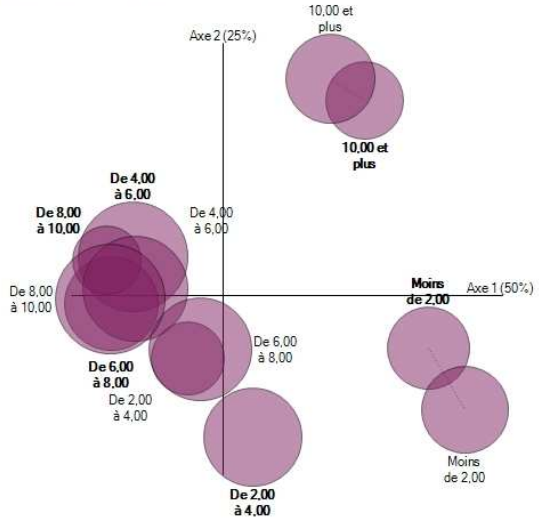


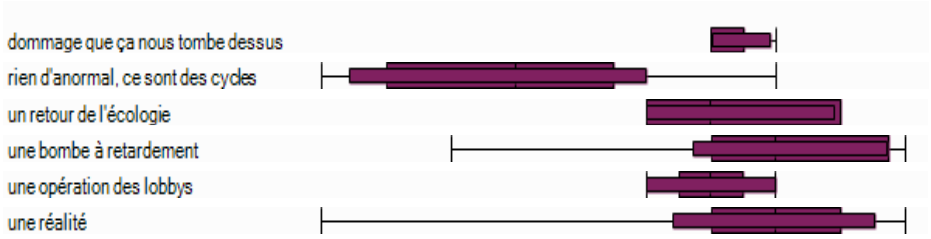
Figure 77 – « Voyager moins loin » et « viande » en traitement par classe

Observation importante : les mêmes variables selon qu'on les traite par classe ou non peuvent avoir une relation significative ou non :

S on ne regroupe pas les données par classe, seule les deux variables « consommer local » et « consommation de produits importés » ont une relation significative ce qui s'explique par le fait que la formulation des questions se ressemblent et donnent donc des réponses similaires selon certains profils. Nous pourrions donc définir 4 profils significatifs correspondant aux 6 classes : le réfractaire, qui répond moins de 2 pour chaque variable, il ne croit pas au réchauffement climatique et est sceptique quant aux efforts qu'il devrait fournir, le non chaland, il répond entre 2 et 6 aux différentes questions, quels que soient les efforts à réaliser, il faudra les faire mais en traînant des pieds.
Le cultural creative reconnaît la gravité de la situation et a pris les mesures nécessaires pour agir et réduire son empreinte écologique : il répond entre 6 et 8 à quasi chaque question, ne se sentant pas vraiment dans la case de ceux qui sont prêts à tout, mais qui veut quand même faire un effort conséquent. Enfin la classe de 8 à 10 est constituée des super écolos ou les objecteurs de croissances, ils sont prêts à réduire beaucoup de leur consommation si ce n'est pas déjà fait. Ils prônent la simplicité volontaire et la sobriété énergétique, consomment local, sont probablement végétariens et passent leur vacance dans la nature quelque part en France.

Figure 78 – Nuages de valeurs selon les Variables « Voyager moins loin », « urgence », « voiture », « local », « produits importés », « viande »

Urgence et définition, Urgence et âge, Urgence et estimation de l'action



	Urgence			
	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
dommage que ça nous tombe dessus	**7,33**	**0,58**	**7,00**	**8,00**
rien d'anormal, ce sont des cycles	**3,73**	**2,28**	**1,00**	**8,00**
un retour de l'écologie	**7,40**	**1,52**	**6,00**	**9,00**
une bombe à retardement	**8,22**	**1,50**	**3,00**	**10,00**
une opération des lobbys	**7,00**	**1,41**	**6,00**	**8,00**
une réalité	**7,97**	**1,56**	**1,00**	**10,00**
Total	**7,73**	**1,90**	**1,00**	**10,00**

Figure 79 - Lien entre les variables « Urgence » et « Pour vous le réchauffement climatique, c'est »

	Urgence			
	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Faible	**7,62**	**1,77**	**1,00**	**10,00**
Plutôt bonne	**8,62**	**1,10**	**7,00**	**10,00**
Suffisante	**7,60**	**2,27**	**1,00**	**10,00**
Très bonne	**9,33**	**0,58**	**9,00**	**10,00**
Très faible	**7,39**	**2,40**	**1,00**	**10,00**
Très faible, Suffisante	**8,00**		**8,00**	**8,00**
Total	**7,72**	**1,90**	**1,00**	**10,00**

p = **8,9%** ; F = **1,93** (**PS**)

La relation est peu significative.

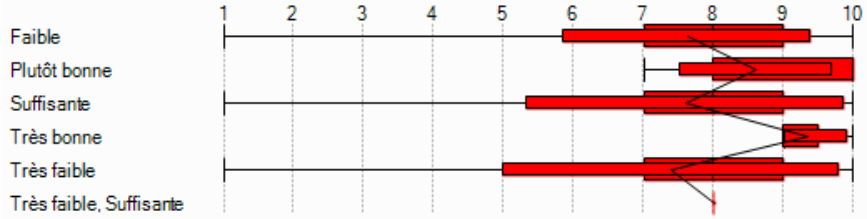


Figure 80 – Lien entre l'urgence et l'estimation de son action

Relation peu significative, pas vraiment de lien entre l'urgence que l'on trouve à la situation et son action contre le réchauffement climatique.

Urgence et âge

	Urgence				
	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	Médiane
25-30	7,93	1,89	1,00	10,00	8,00
31-40	8,61	1,76	2,00	10,00	9,00
41-50	7,20	1,30	6,00	9,00	7,00
51-65	7,83	1,40	5,00	10,00	8,00
<25 ans	7,40	1,93	1,00	10,00	8,00
Total	7,72	1,90	1,00	10,00	8,00

p = **2,0%** ; F = **2,98** (**S**)

La relation est significative.

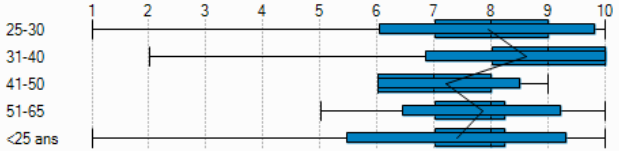


Figure 81 – « Urgence » et « âge »

Relation entre les variables « Local » et « Prod importés »

	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Local	**8,17**	**1,96**	**1,00**	**10,00**
Prod importés	**7,37**	**2,43**	**1,00**	**10,00**
Total	**7,77**	**2,24**	**1,00**	**10,00**

r = +**0,65** (**S**) y = **0,81**x + **0,73**

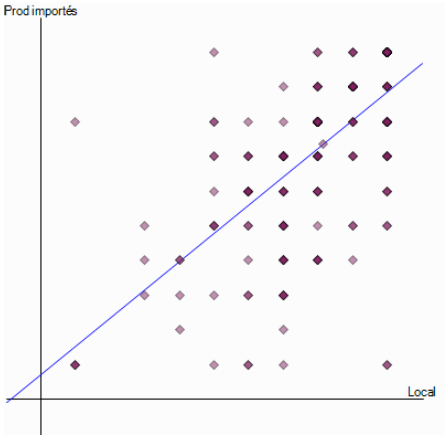


Figure 82 - Relation entre les variables « Local » et « Prod importés »

La relation est très significative.

Les questions se ressemblant beaucoup, il est assez logique que ceux qui ont répondu qu'ils seraient prêts à réduire leur consommation de produits importés soient également prêts à augmenter leur consommation de produits locaux.

C'est plutôt positif de voir des réponses cohérentes pour deux questions presque similaires.

La différence entre les deux et la formulation, alors que dans l'une on va volontairement vers le local, dans l'autre on diminue les produits importés, même si la finalité est la même la forme varie, cela n'a pas échappé aux personnes de l'échantillon de donner des réponses significativement liées.