

Presentation au club des jeunes dirigeants de Quimper 22 Avril 2004
brouillon 10 avril 2004

Perspectives energetiques et scientifiques

Jean Laherrere jean.laherrere@wanadoo.fr

-Perspectives energetiques

-Probleme de definitions

La plupart des discussions sans fin dans les debats viennent de definitions non specifiques ou ambiguës, chacun parlant de choses differentes sous le meme nom.

-Cas du petrole et du gaz

Une production de pétrole et de gaz est en fait une extraction.

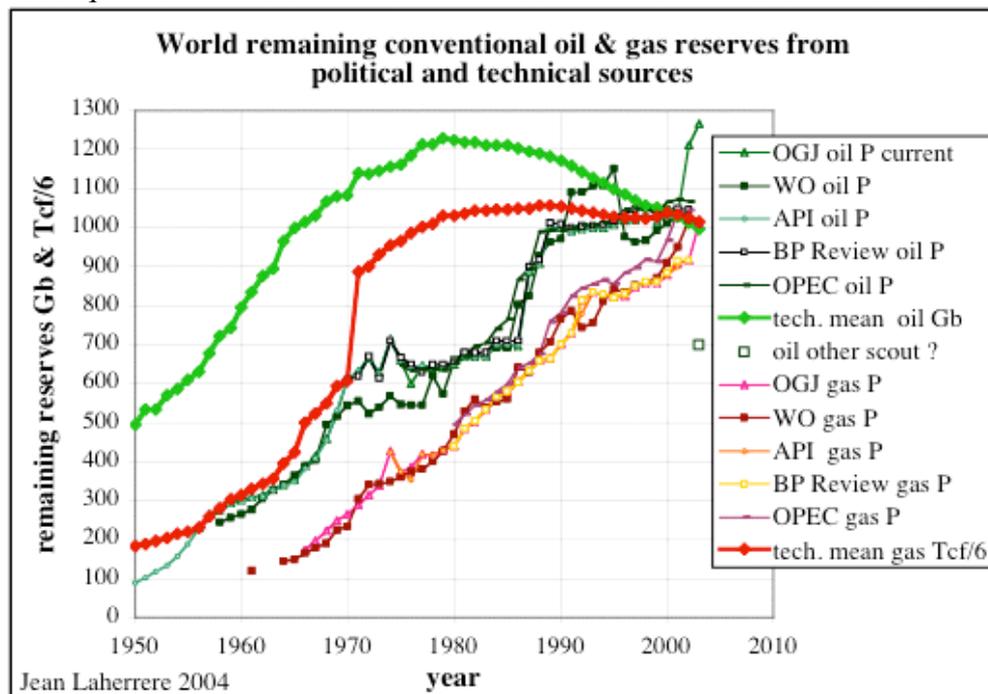
Petrole production annuelle 68 Mb/d brut ou 78 Mb/d liquides

Gaz: production: «gross» ou «gross» – reinjecté ou vendu (pertes), sec ou humide

Reserves: prouvees courantes pour satisfaire la SEC (Securities & Exchange Commission) aux US ou prouvees plus probables avec l'estimation actuelle ramenee a l'annee de decouverte, politiques ou techniques

Les divergences entre les reserves restantes de petrole et de gaz d'apres les sources politiques ou techniques sont gigantesques

Figure 1: Reserves restantes classiques de petrole et de gaz d'apres les sources politiques et techniques



Les reserves techniques dites 2P (prouve+probable) sont en gros identique actuellement aux reserves dites prouvees (elles sont donc exagerees).

Seules les reserves politiques sont publiees, alors que les reserves techniques sont confidentielles (ainsi que les productions par champ et l'emplacement des forages) et vendues a un prix tres eleve par des compagnies de «scout» (espionnage industriel).

Toutefois les reserves techniques du graphique 1 proviennent de la seule source «scout» qui est complete pour le monde hors les EU, toutefois un autre scout qui n'est pas complet mais qui recouvre plus de 90% des donnees du premier scout, donne une valeur qui est de l'ordre de 300 Gb inferieure pour les decouvertes totales mondiales de petrole.

Toutes les previsions de ce papier sont basees sur les donnees du scout mondial, donnees qui seraient donc plutot surestimees.

Ainsi le total des decouvertes prouvees + probables de petrole de l'Arabie Saoudite est estimee fin 2003 a

-391 Gb par Saudi Aramco qui veut jouer le producteur incontournable de l'OPEP

-313 Gb par le premier «scout»

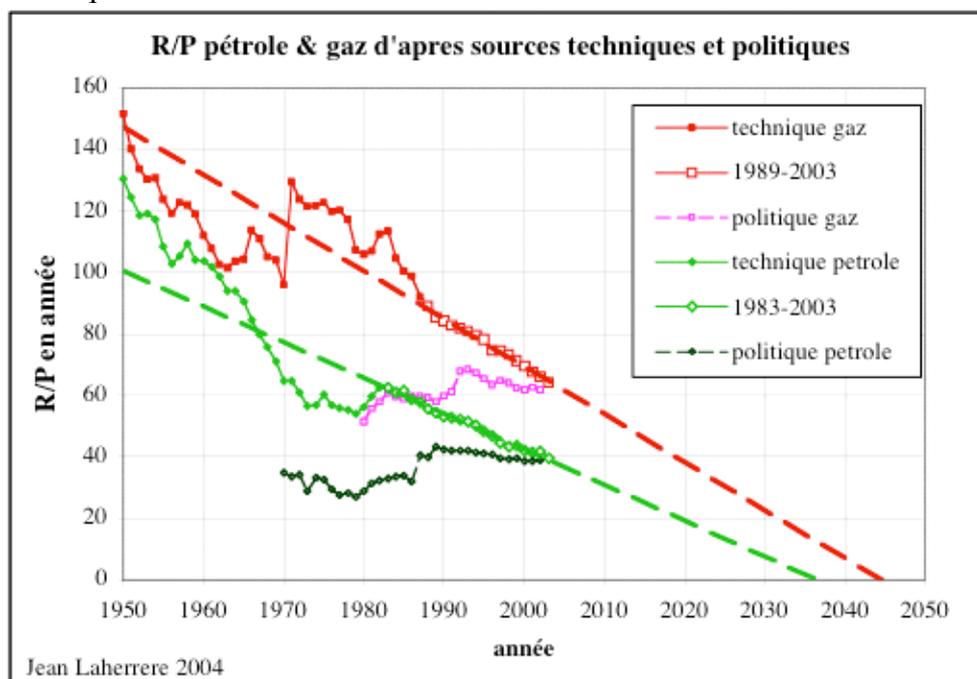
-236 Gb pour le deuxieme «scout»

Comme les membres de l'OPEP se disputent sur le chiffre des quotas, les reserves restantes des membres de l'OPEP ne changent pas, car tous les membres trichent.

-R/P pour le petrole et le gaz

Le ratio le plus utilise par les economistes est le R/P ou reserves restantes sur production annuelle, sans preciser la definition des termes. On entend donc dire qu'il y a 40 ans de petrole sous entendant que pendant 40 ans on n'a pas a se preoccuper du probleme. Or ce ratio est mauvais, d'abord parce que que la production augmente (ou decroit) et ensuite parce qu'un champ a un certain profil de production et ne peut produire au niveau maximum pendant x annees et s'ecrouler a zero l'annee suivante. De plus ce ratio est calcule habituellement avec les chiffres politiques. Sur le graphique suivant, on voit que pour le petrole le R/P calcule a partir des chiffres techniques est de 130 ans en 1950 et de 40 ans en 2003, alors que le R/P politique est reste constant a 30 ans jusqu'en 1986 ou l'augmentation des reserves de l'OPEP (a cause de la lutte pour les quotas) l'a fait passer a 40 ans. L'extrapolation lineaire depuis 1983 donnerait un ratio nul, donc des reserves nulles, donc une production nulle en 2035. Bien entendu ce ratio ne va pas evoluer d'une facon lineaire a l'epuisement des reserves.

Figure 2: Ratio R/P (reserves/production) d'apres les sources politiques (BP Review) et techniques



Nous rejetons l'utilisation d'un tel ratio. Il faut prévoir la production future sur les prochaines decennies.

-Energie primaire

-Probleme de l'equivalence energetique

Il convient dans un bilan énergetique d'évaluer chaque energie avec la meme unite afin de les rendre comparable.

Le SI d'unites, qui est la regle dans le monde (sauf pour l'industrie americaine), utilise comme unite d'energie le joule (J), mais c'est aussi l'unite de travail et de chaleur (la calorie est perimee egale a 4,18 J) Mais le probleme est que la chaleur peut etre l'objectif (se chauffer) mais peut etre aussi une nuisance devant etre eliminee (moteur thermique). Le calcul est different quand on considere l'entre ou la sortie d'un systeme. Le kWh est en fait des joules puisque le watt est defini comme un joule par seconde.

Les equivalences dependent des techniques d'utilisation et ces techniques peuvent differer suivant les pays. Il convient donc d'etablir les conversions mondiales en prenant un certain nombres d'hypotheses (qui devrait evoluer avec le temps). Malheureusement ce probleme est escamote et peu discute.

On utilise aussi comme unite la tonne petrole equivalent =tep, en France la definition officielle est 1 tep = 42 GJ.

Le bilan francais 2001 a vu un changement de methode pour s'aligner sur les conventions de l'AIE (Agence Intrenationale de l'Energie), conventions tres arbitraires car l'ancienne methode etait aussi valable, mais etait appele la methode francaise. Le rendement d'une centrale electrique est pris a 33% en moyenne alors qu'il tend vers plus de 40%, la geothermie est estimee avoir un rendement de 10%

Les variations entre l'ancienne et la nouvelle methode sont considerables et la presse a parle de manipulations au lieu de reconnaître la complexite du probleme et le manque de concertation entre acteurs.

Consommation d'énergie primaire en 2001 (corrigée du climat)

	Nouvelle méthode		Ancienne méthode	
	Mtep	%	Mtep	%
Charbon	11,9	4,4	11,9	4,6
Pétrole	96,5	35,9	99,0	38,5
Gaz	37,2	13,8	37,2	14,5
Nucléaire	104,4	38,8	79,1	30,8
Hydraulique, éolien, photovolt.	6,8	2,5	17,7	6,9
Autres énergies renouvelables	12,2	4,5	12,1	4,7
Total	269,0	100	257,1	100

Consommation d'énergie finale en 2001 (corrigée du climat)

	Nouvelle méthode		Ancienne méthode	
	Mtep	%	Mtep	%
Charbon	6,8	3,9	6,8	2,9
Pétrole	89,9	51,3	92,4	39,8
Gaz	33,4	19,0	33,3	14,4
Electricité	34,4	19,6	88,9	38,3
Energies renouvelables thermiques	10,7	6,1	10,7	4,6
Total	175,1	100	232,1	100
dont non énergétique	16,6	9,5	16,7	7,2

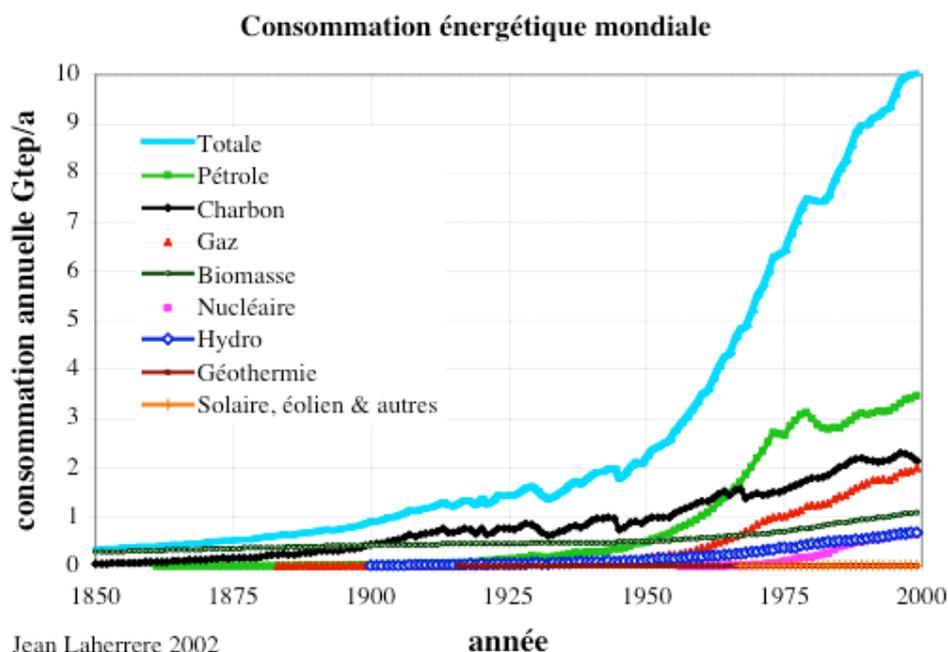
Tout auteur qui donne plus de 4 chiffres significatifs dans un domaine ou l'incertitude est notable montre son incompetence. En energie donner plus de 2 chiffres significatifs est irrealiste.

-Production et consommation

La consommation d'énergie mondiale de 1850 à 2000 est trouvée dans peu de sources et est approximative vu les problèmes déjà cités. L'énergie semble commencer en 1850 comme si toutes les villes ont été construites avant 1850 sans énergie ☐

previsions Hubener2.xls

Figure 3: Consommation énergétique mondiale 1850-2000



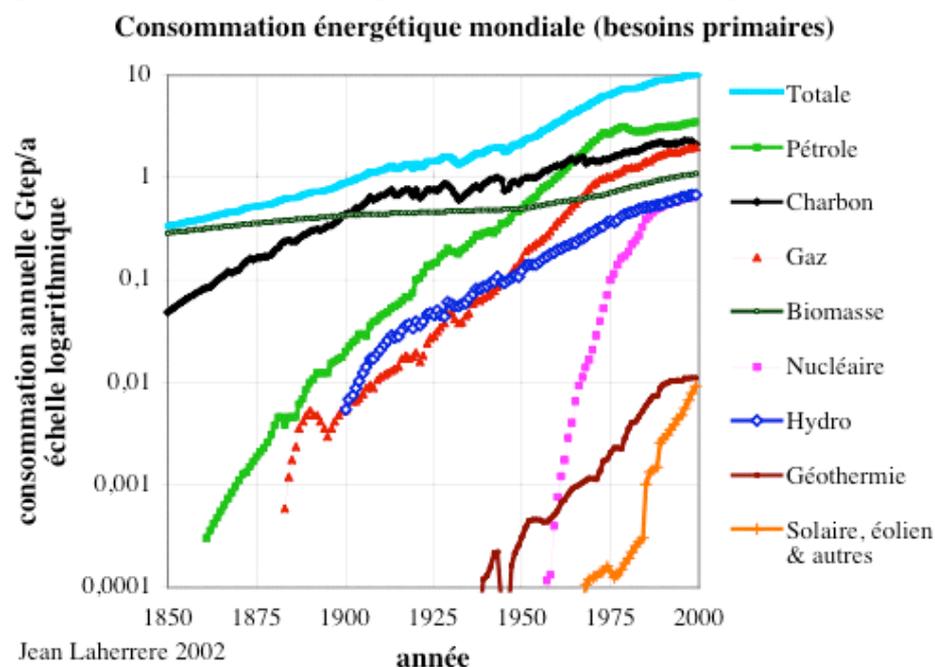
Jean Laherrere 2002

La biomasse, étant dans certains pays surtout non commerciale (comme le bétail ramassé et les bouses de vaches), est mal inventoriée.

L'énergie musculaire (animale et humaine) ainsi que la nourriture (c'est une énergie) ne sont pas prises en compte. La consommation d'énergie aux temps anciens est estimée à 0,3 tep/habitant. La consommation actuelle en Inde est de 0,5 tep/hab

Il est préférable de comparer en échelle logarithmique qui montre les taux de croissance, les plus élevées étant le nucléaire avant 1985 et le solaire.

Figure 4: Consommation énergétique mondiale échelle logarithmique



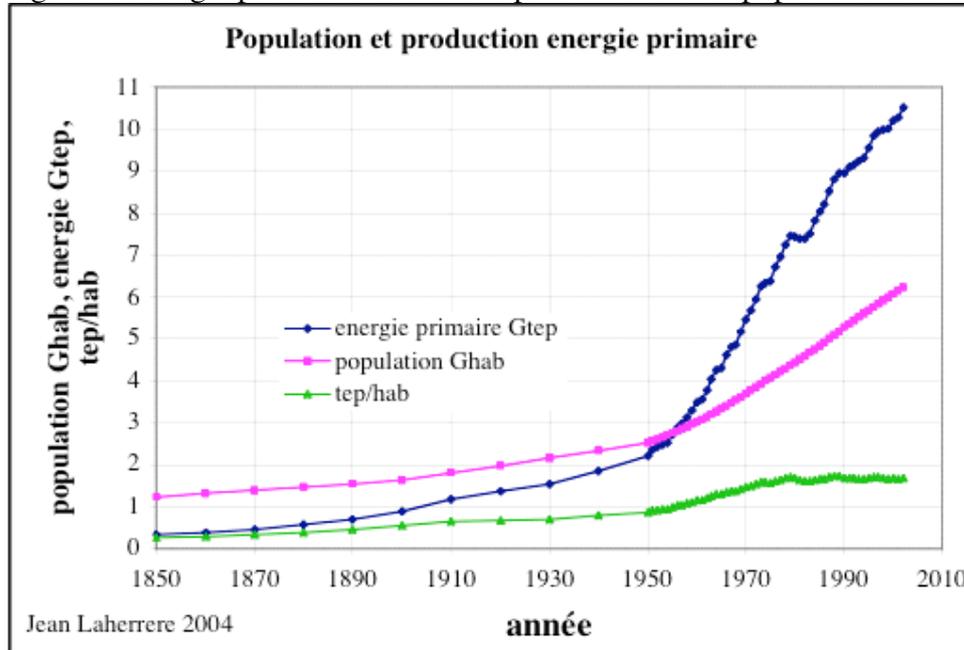
Jean Laherrere 2002

Si l'augmentation de l'énergie globale est intéressante, il est important de voir comment évolue l'énergie par habitant

-production energie primaire par habitant

L'énergie primaire est tracée avec la population ainsi que l'énergie par habitant.

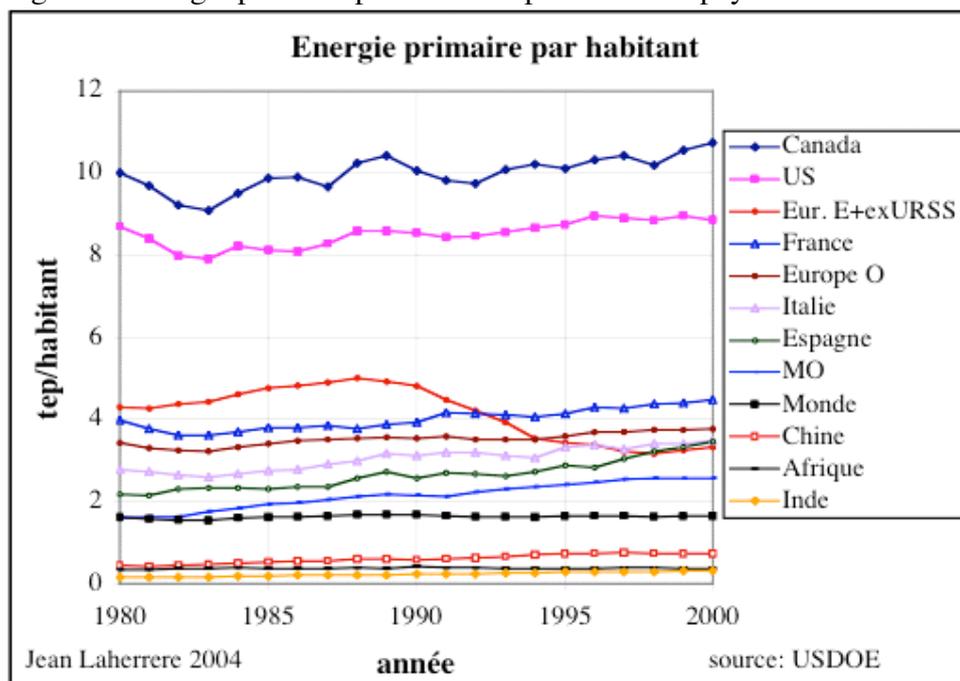
Figure 5: Energie primaire mondiale et par habitant avec population mondiale



De 1850 où elle était de 0,3 tep/hab elle a grimpé doucement jusqu'en 1950 où elle était de 0,9 tep/hab, puis augmentation plus forte pour arriver à 1,7 tep/hab en 1980 pour rester stationnaire jusqu'à ce jour.

Cependant l'énergie par habitant est très variable avec les pays de l'ordre de 10 tep au Canada, de 8 tep aux US, de 4 tep en France et de 0,5 tep en Inde.

Figure 6: Energie primaire par habitant pour certains pays



-Ressources, reserves ultimes

Les ressources et reserves energetiques sont assez mal repertoriées et de facon heterogene. Les reserves sont supposes représenter ce qui sera probablement produit alors que les ressources sont ce qui est dans le sol sans consideration technique ou economique. Les reserves ultimes d'un pays representent ce que sera la production cumulee a l'abandon de la production du pays. Les reserves a une date donnee representent les reserves restantes a cette date, ce sont donc les reserves initiales moins la production cumulee. Il y a souvent confusion entre reserves decouvertes et reserves restantes.

La seule etude complete recente des ressources semble etre celle du BGR = Institut federal de Geosciences et des Ressources naturelles (Etude octobre 2002 pour valeur fin 2001) avec comparaison avec l'etude valeur fin 1997. L'etude par le Conseil Mondial de l'Energie en 2001 (inventaire a fin 1999) est detaillee par pays, mais ne comporte pas de synthese globale des ressources

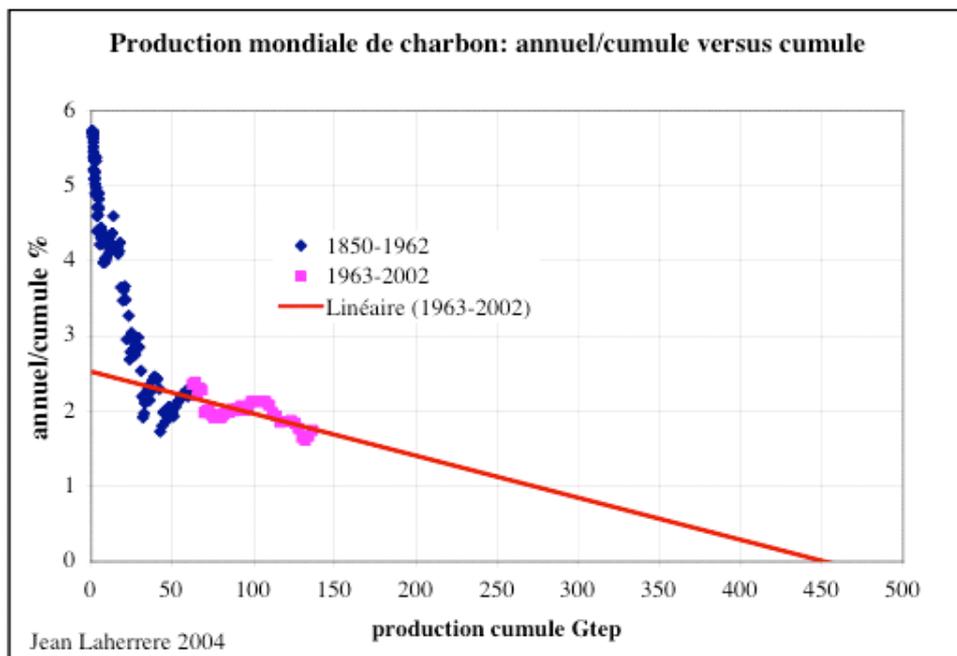
Reserves restantes a annee estimation

BGR- Allemagne	reserves Gtep		ressources Gtep	
	1997	2001	1997	2001
annee estimation	1997	2001	1997	2001
Petrole conventionnel	151	152	76	84
petrole non-conventionnel	134	66	574	250
gaz naturel conventionnel	116	122	172	165
gaz non-conventionnel	2	2	2458	1163
charbon	341	423	3519	2486
lignite	50	47	763	292
uranium	24	15	179	174
thorium	22	22	23	23

Les chiffres francais pour les reserves mondiales de charbon sont fin 2001 (DGEMP) 509,8 Gtep (AFH2) 507 Gtep (EU+Canada 129, exURSS 114, Extreme Orient 110), contre 423 Gtep pour le BGR.

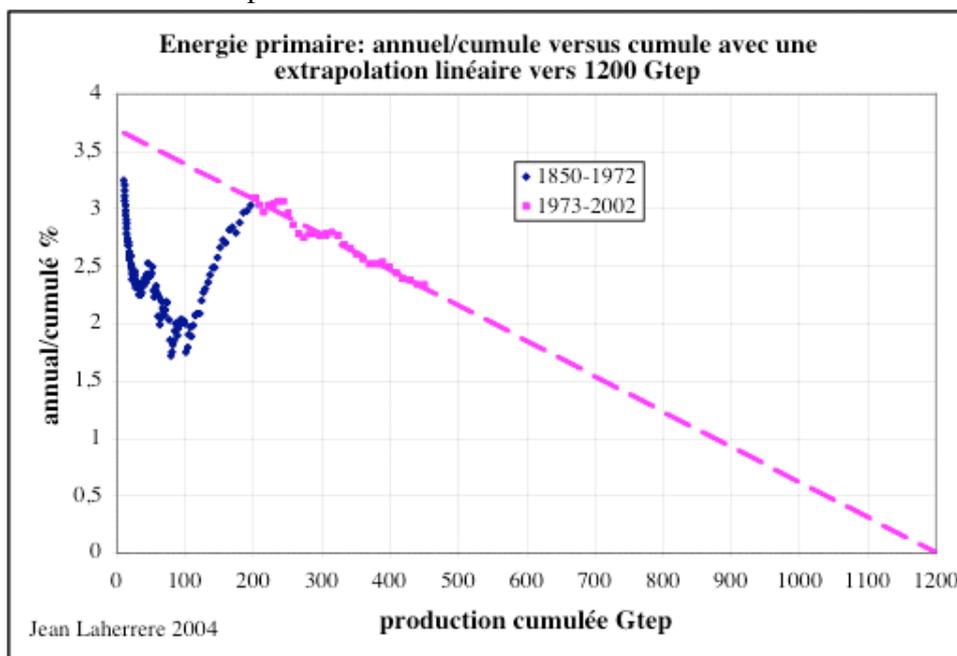
Les reserves ultimes peuvent etre estimees par l'extrapolation des productions actuelles soit 450 Gtep avec 135 deja produits donnant des reserves restantes de 315 Gtep, contre 420 BGR et 510 DGEMP.

Figure 7: production mondiale de charbon □ annuel/cumulé versus cumulé



La courbe d'énergie primaire en annuel/cumulé versus cumulé montre depuis 1973 (premier choc pétrolier) une tendance linéaire qui peut être extrapolée vers un ultime de 1200 Gtep

Figure 8: Énergie primaire mondiale □ annuel/cumulé versus cumulé avec extrapolation linéaire à 1200 Gtep



Les réserves par pays d'après BGR 2001 sont distribuées d'une façon très inégalitaire. Mais l'inégalité est la règle dans la Nature, être une matière solide (encore plus vivante) dans le système solaire est complètement anormal.

Figure 9: réserves énergétiques des principaux pays

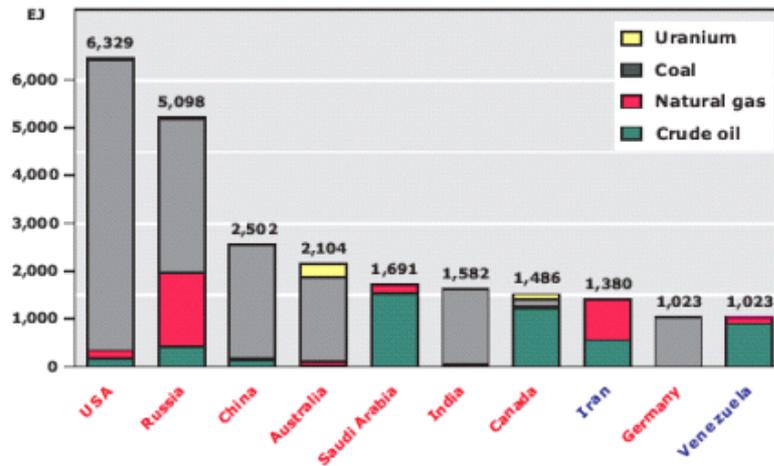


Fig. 7: Reserves of non-renewable fuels in the ten countries with the most reserves in 2001 (OPEC countries in blue)

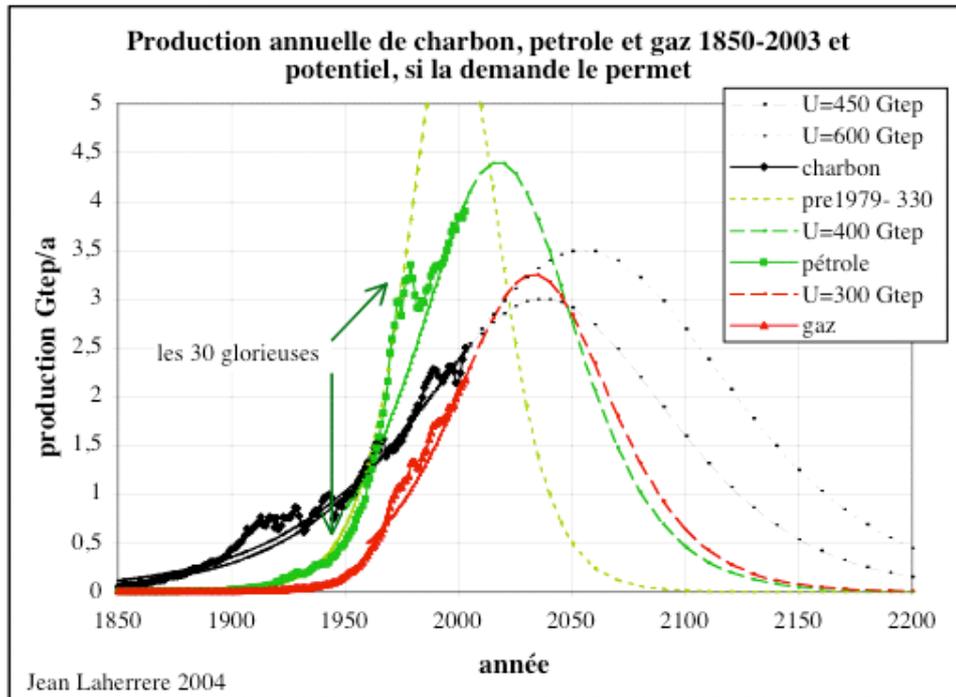
-Production futures

Les reserves ultimes, representant le cumul de ce qui est estime devoir etre produit dans le futur, permettent de tracer une courbe possible des productions annuelles dans le futur, la courbe la plus simple est une courbe en cloche (courbe de Gauss ou courbe normale, representant une production d'un grand nombre de producteurs independants = theoreme de central limite). Mais en realite l'economie (demande) et la politique (guerre, embargo, quotas, proration) deforme cette courbe en la decalant vers le bas, mais la surface sous la courbe doit etre la meme que la courbe ideale en cloche (ou il est suppose de pas avoir de contrainte de la demande).

Comme l'economie mondiale semble ne pas suivre les souhaits des politiciens (croissance economique de 3,5 %/a pendant les 30 prochaines annees), il faut s'attendre a des courbes chaotiques sous les courbes du graphique.

Le graphique suivant montre bien le pic du petrole en 1979 (finissant les 30 glorieuses) suite au prix eleve. Le modele choisi a ete une courbe en cloche correspondant a un ultime de 400 Gt pour le petrole, 300 Gtep pour le gaz et 450 Gtep (le plus probable) et 600 Gtep (maxi) pour le charbon.

Figure 10: production de charbon, petrole et gaz de 1850 a 2003 et potentiel (si la demande le permet



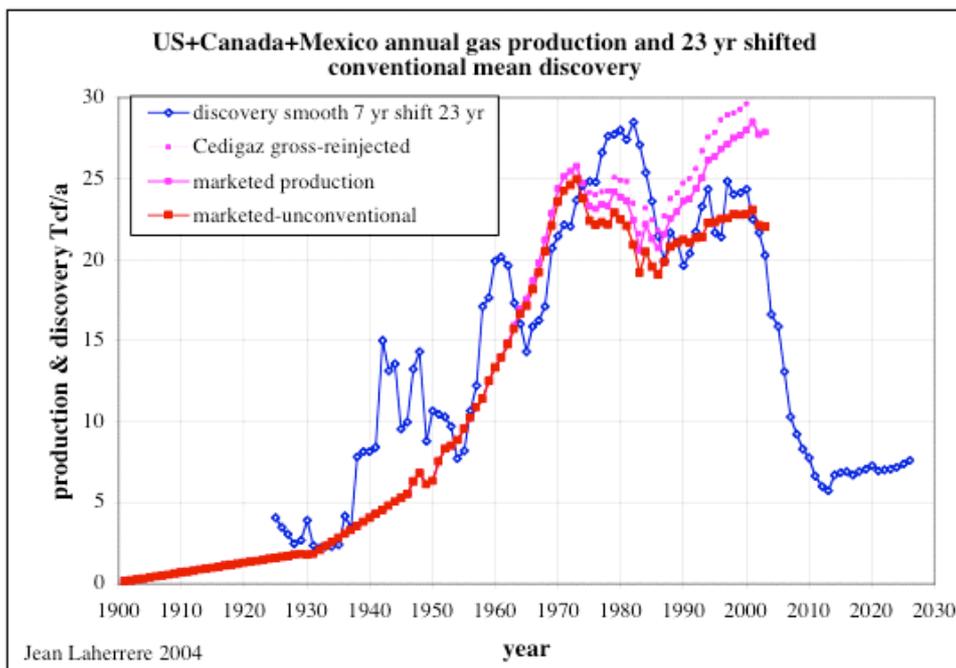
S'il y a un seul marché pour le pétrole car il coûte environ un à trois dollars pour faire traverser le monde à un baril, le gaz est 5 fois plus cher à transporter que le pétrole (étant par volume à pression atmosphérique 1000 fois moins énergétique) et il y a trois marchés du gaz (Amérique du Nord, Europe et Asie Pacifique).

Mais il y a un problème local immédiat pour le gaz d'Amérique du Nord qui est alimenté par la production locale US+Canada ☐ le Mexique étant importateur.

Au lieu de tracer un modèle il est préférable, quand la production se fait à pleine capacité, de constater que la production annuelle suit la découverte annuelle avec un certain décalage.

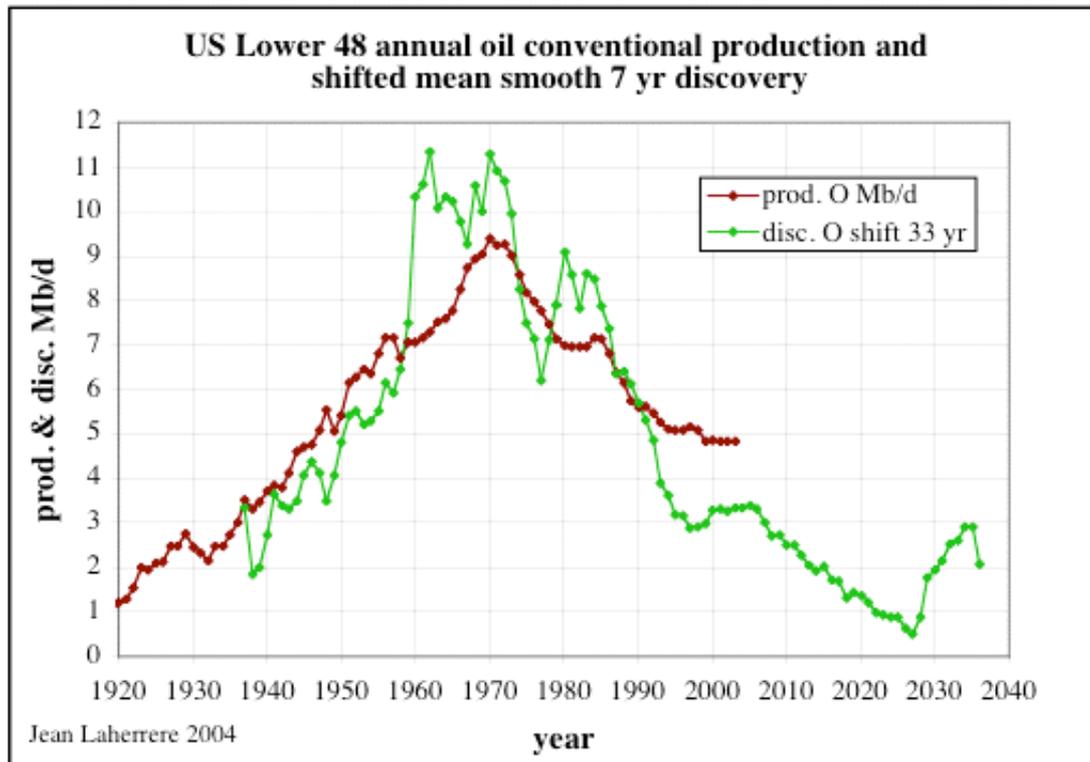
Pour le gaz d'Amérique du Nord, le décalage est de 23 ans,

Figure 11: Amérique du Nord ☐ production annuelle de gaz et découverte annuelle décalée de 23 ans



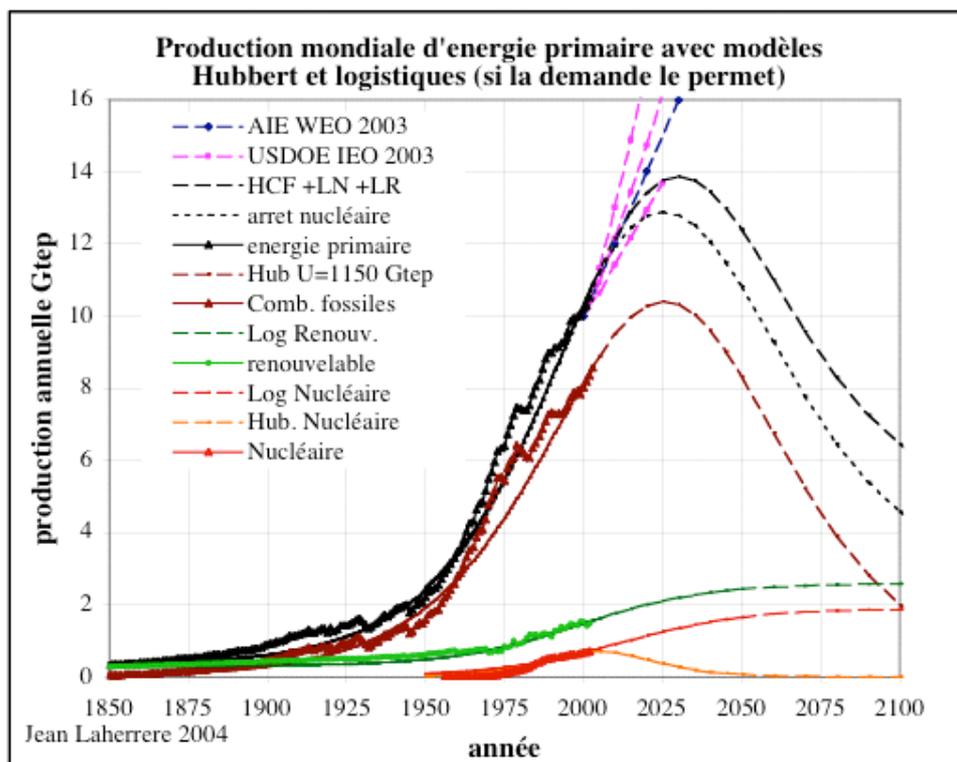
La corrélation très bonne entre découverte de gaz conventionnelle et la production conventionnelle permet de prévoir une chute prochaine spectaculaire de la production locale en Amérique du Nord que ne pourra pas compenser le non-conventionnel, et sans doute pas l'importation de NGL. Il faudra que la demande chute par suite de prix élevés. On retrouve aussi une bonne corrélation entre la production de brut aux US moins Alaska et la découverte moyenne décalée de 33 ans.

Figure 12; US Lower 48 states – corrélation entre production annuelle de brut et découverte décalée de 33 ans



La modélisation avec des courbes simples qui se rencontrent souvent dans la Nature (courbe en cloche qui retombe à zéro ou courbe logistique (ou en S) qui tend vers une asymptote) permet à partir des estimations des réserves ultimes de présenter un scénario qui pourra être changé facilement en fonction des contraintes de la demande (en particulier les récessions). Sur le graphique suivant on voit que l'énergie primaire a été contrariée souvent dans une expansion, ainsi en 1930, 1973, 1979 et 1990. Chaque fois l'envol a été rabaisé pour se prendre un peu plus tard. Notre scénario est donc un maximum probable et la réalité viendra des problèmes de la demande amenant un retard du déclin futur.

La production des combustibles fossiles est donc modélisée pour les combustibles fossiles avec des courbes en cloche et pour le nucléaire et le renouvelable avec des courbes en S car leur installation sera limitée par l'environnement. Le cas d'un arrêt du nucléaire est aussi prévu avec une courbe en cloche. Évidemment les asymptotes prises pour le nucléaire et le renouvelable sont très discutables et peuvent être modifiées par le comportement humain (pas dans mon jardin), l'économie, la technique – mais cet effet est à long terme au-delà de 2075. Figure 13: production mondiale d'énergie primaire avec modèles d'Hubbert et logistiques (si la demande le permet)



Il est important de regarder la production globale pour comparer à la demande globale, mais il faut aussi regarder ce que peut espérer consommer chaque habitant de notre terre et il faut donc s'intéresser à la population.

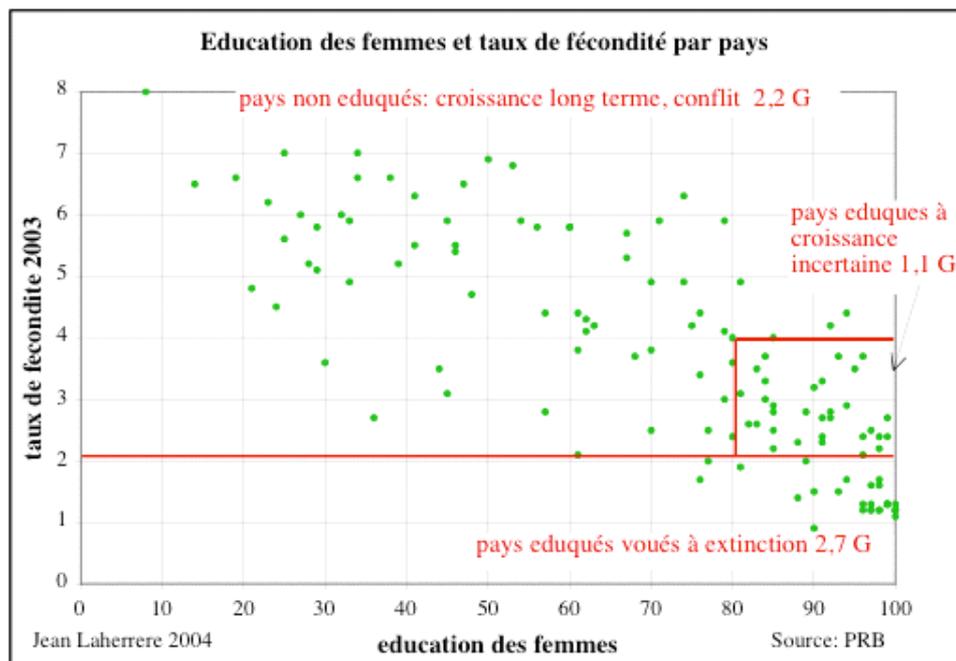
-population et taux de fécondité

Les chiffres de population sont très mal mesurés et rapportés car chaque pays veut paraître plus fort qu'il ne l'est. On a annoncé le 12 octobre 1999 que le six milliardième enfant venait de naître, c'est une plaisanterie car on est incapable de fixer l'année à 3 ans près.

Toutes les prévisions de population se basent sur le taux de fécondité. Il est donc important de voir comment ce taux est mesuré, varie et est prévu. Le taux de fécondité donnant le nombre d'enfants par femme (sur toute sa vie) est calculé d'après le nombre de naissances et l'âge des mères. Il est

La relation taux de fécondité et éducation des femmes est très forte

Figure 14: relation taux de fécondité et éducation des femmes

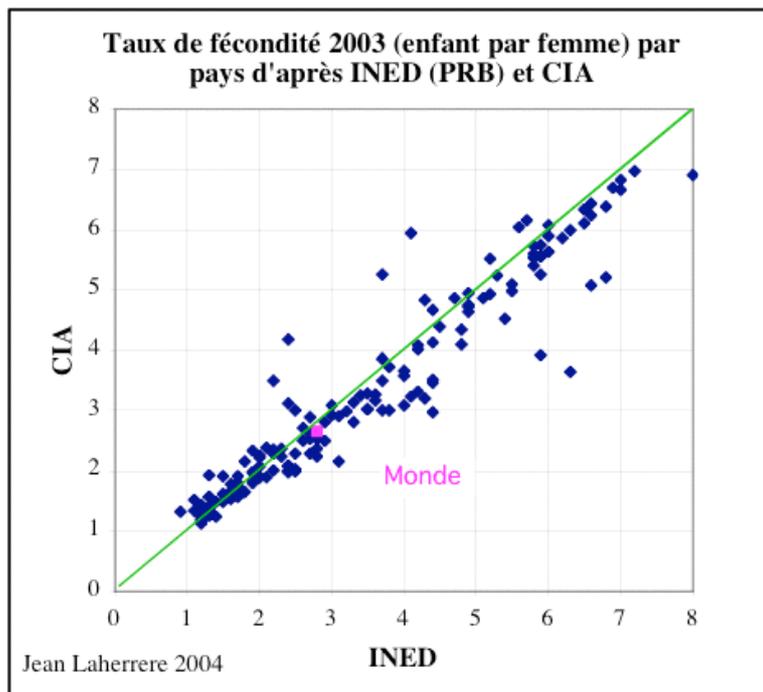


Les 58 pays éduqués sans avenir, qui ont un taux de fécondité inférieur au taux de remplacement (2,1 enfant par femme), représentent 2,7 Gh, soit 45 % de la population mondiale. Les pays en développement imitent les pays industriels et ont un taux en baisse. Cependant un certain nombre de pays qui s'opposent à l'éducation des femmes ont un taux de fécondité très élevé qui ne baisse guère. A long terme les civilisations instruites sont condamnées à disparaître si les femmes, qui contrôlent maintenant leur fécondité et qui veulent ne plus être condamnées à rester à la maison après avoir eu 1 ou 2 enfants, ne changent pas de comportement. Mais il semble difficile d'imaginer que les femmes éduquées veulent perdre cette indépendance.

Les mesures sont rares et les estimations peu fiables

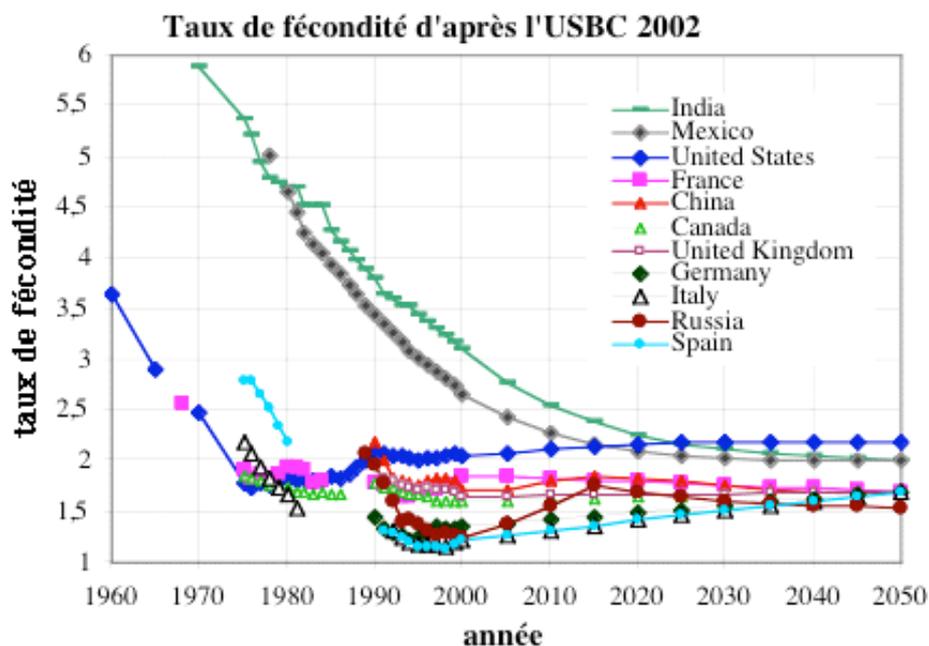
La comparaison des taux de fécondité pour 2003 de INED (fichier PRB) et CIA sont parlantes et donner plus de une décimale est irréaliste (USBC en met 4!)

Figure 15: Taux de fécondité 2003 d'après INED (PRB) et CIA par pays



Les prévisions de fécondité de l'USBC (avec 4 décimales) sont politiques (ils dessinent des modèles sans avoir de données comme en Somalie), voulant montrer que les EU continueront leur croissance et en 2050 les femmes américaines sont supposées être plus fécondes que les Mexicaines.

Figure 16: Prévisions par USBC des taux de fécondité

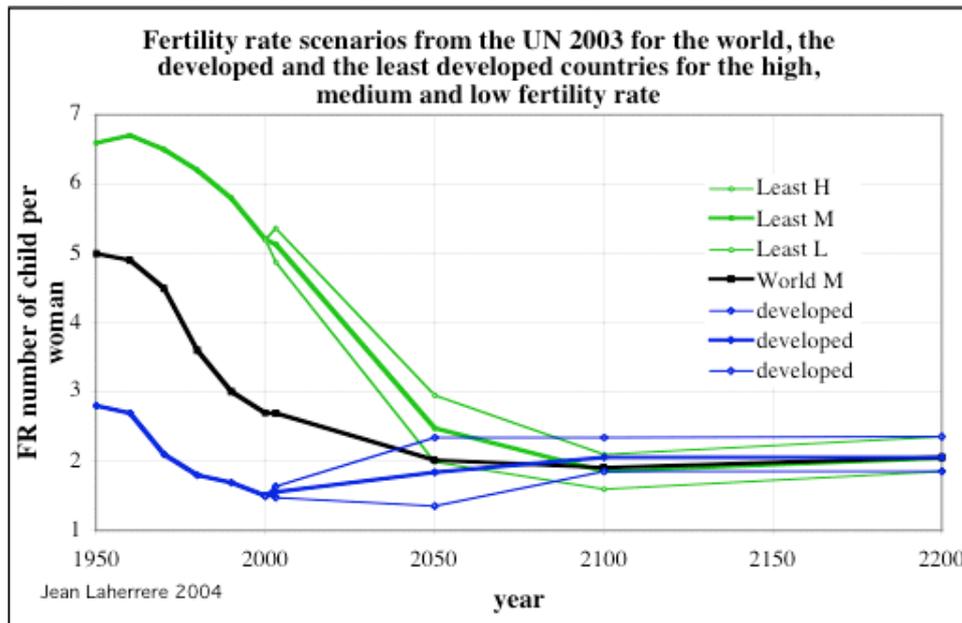


Les pays industriels sont supposés voir leur fécondité remonter afin d'atteindre un état d'égalité et de stabilité, comme si la Nature tendait vers la stabilité et l'égalité

Les nouvelles prévisions des NU (dec 2003) «Population mondiale en 2300»

Suppose que le taux de fécondité des pays les plus développés seront en 2100 supérieur à celui des pays les moins développés. C'est complètement irréaliste suivant la relation éducation-fécondité, mais cela permet de converger vers un taux qui assure la stabilité du monde à 9 milliards en 2300

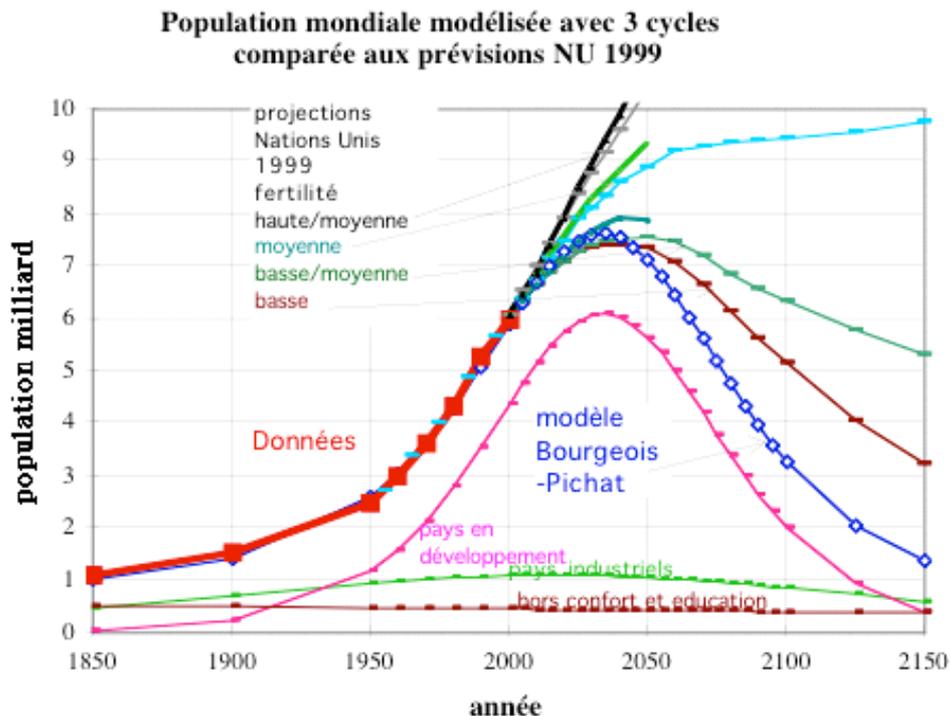
Figure 17: scenarios par le NU du taux de fecondite pour les previsions de population en 2300



Comme le rapport GIEC sur la climat base sur des hypotheses energetiques peu vraisemblables, les previsions de population par les NU sont peu fiables, car basees sur des taux de fecondite aussi peu vraisemblables.

Il est facile de modeliser la population avec des cycles comme l'a fait Bourgeois-Pichat directeur de l'INED en 1988 avec deux cycles en forme de cloche. Nous y avons ajoute un 3^e cycle qui represente les peuples non eduques pour ne pas tomber a zero. En fait il faut prevoir plusieurs cycles successifs correspondant au changement de comportement.

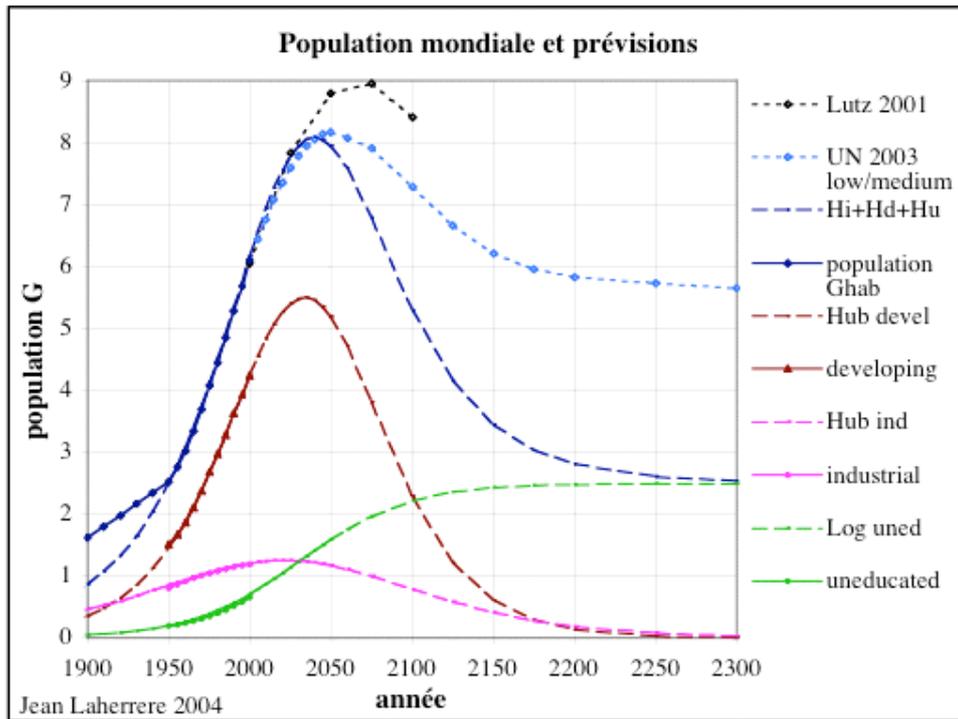
Figure 18: modelisation en 1999 de la population avec des courbes en cloche pour les pays developpes et les autres



Les previsions des NU sont toujours trop optimistes et la realite coincide mieux avec leur scenario bas/moyen.

Nous avons actualise notre prevision et comparer aux previsions des NU et d'IIASA (Lutz)

Figure 19: derniere modelisation de la population mondiale



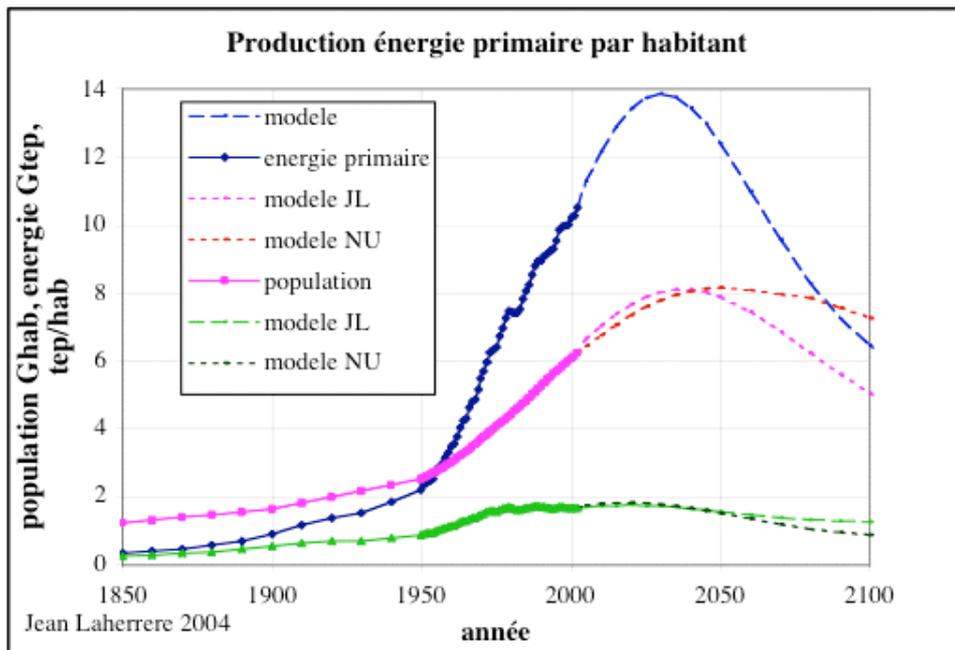
Notre prevision peut sembler trop basse, avec un pic en 2050 a 8 milliards (comme les NU low/medium et Lutz en 2070) et un declin rapide, mais les previsions des NU se basent sur des hypotheses qui me semblent irrealistes. D'autre part si les NU prevoient une nette diminution de la population en Afrique a cause du sida, ils n'ont pas inclus d'autres epidemies genre grippe aviaire (la grippe espagnole a tue 1% de la population en 1918) ou microbes resistants a tous les antibiotiques. Ce risque doit etre inclus quand on voit l'augmentation des maladies nosocomiales. De plus les guerres meurtrieres se deroulent dans les pays a forte natalite (Ruanda).

-prevision energetique par habitant

La combinaison previsions energetiques (maximum) et celles de population (mes previsions et NU low/medium) sont regroupees et permettent de prevoir la consommation energetique par habitant.

Il s'avere que la consommation individuelle restera autour de 1,6 Gtep jusqu'en 2050 et en 2100 sera soit de 1,3 Gtep/hab soit 0,9 Gtep/hab

Figure 20: production d'energie primaire par habitant 1850-2100



Il n'y aurait pas diminution dramatique de la consommation mondiale par habitant pour ce siècle, le problème serait de mieux les répartir et de se contenter de ce niveau très acceptable par rapport au passé de pré 1950

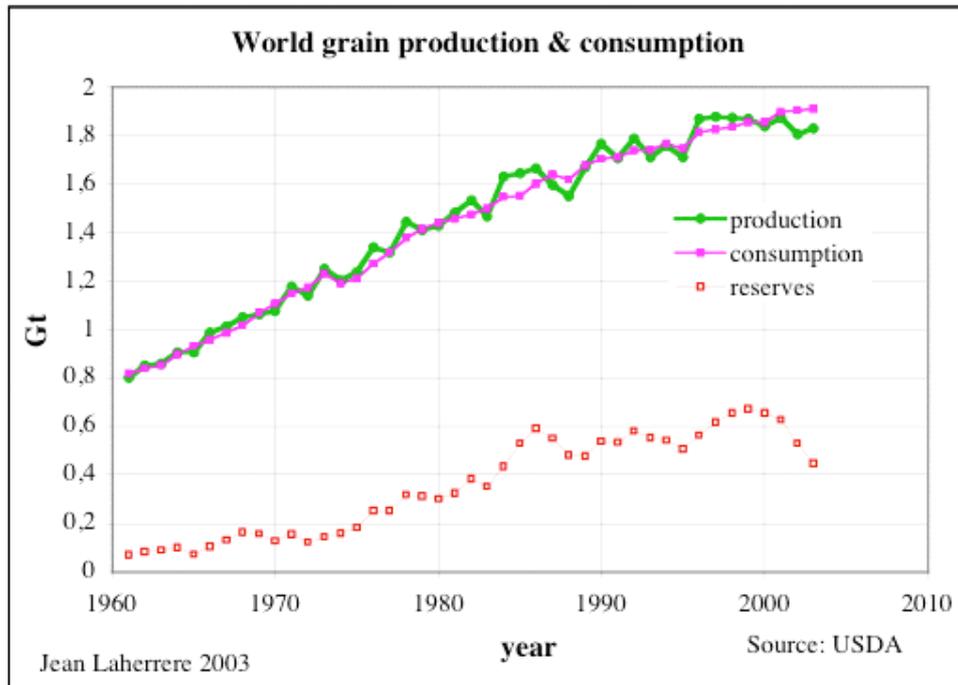
-agriculture

L'agriculture dépend énormément du pétrole et du gaz (carburant, engrais, pesticide) et la productivité agricole a montré une excellente corrélation quand le pétrole est venu à manquer à Cuba et Corée du Nord. L'agriculture est en fait la transformation de pétrole en aliments. BP à Lavera avait, avant les chocs pétroliers, essayé de transformer directement le pétrole en protéines mais cela a été un échec.

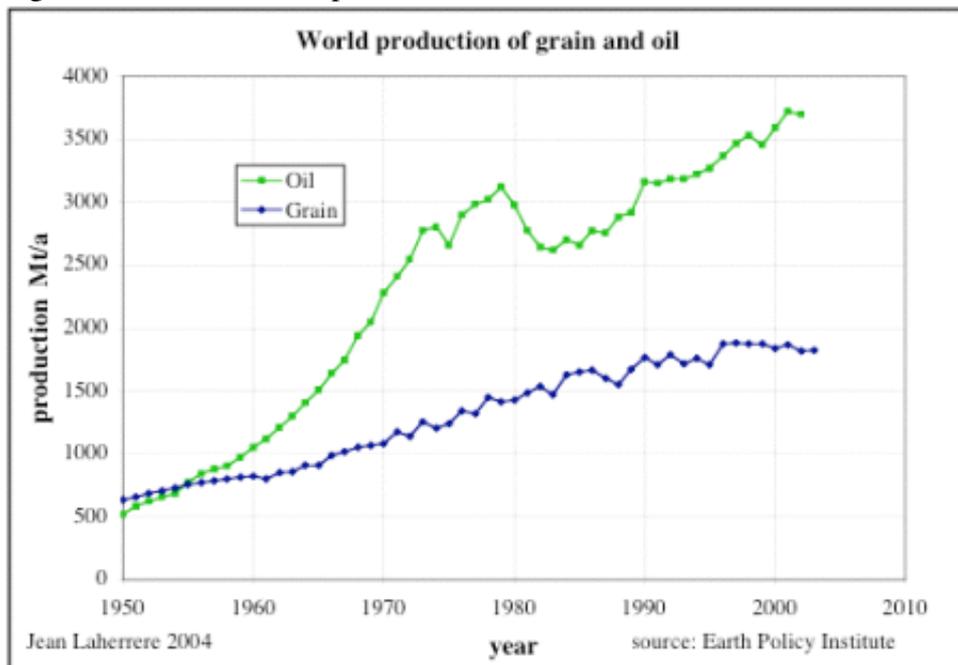
L'alimentation dépend énormément des transports qui sont très bon marché. Le déplacement moyen d'un aliment est de 2000 km. Je m'étonne toujours quand je trouve, depuis plusieurs années au supermarché de ma campagne, des oignons de Tasmanie et de l'ail d'Argentine. Il me semble qu'on peut faire des économies sur la quantité phénoménale de camions sur nos routes et de bateaux sur les mers.

La production mondiale de grains plafonne, alors que la consommation continue à monter et les réserves s'effondrent. Il semble que la raison de ce nivellement provient de la limite de la productivité après la révolution verte, du manque de surface nouvelle et du déclin des réserves des aquifères fossiles.

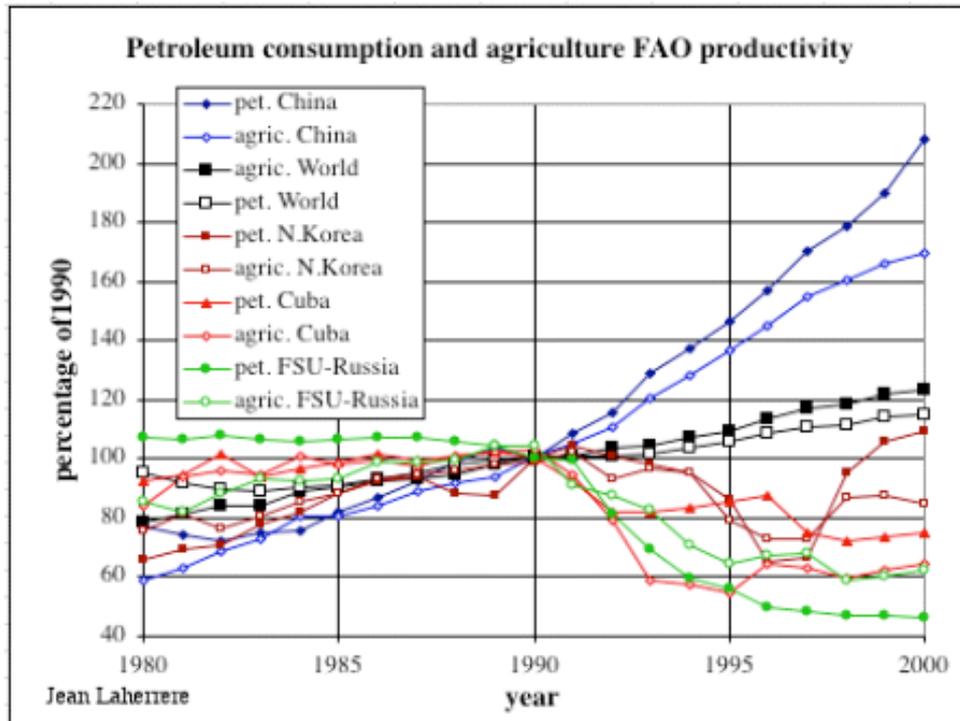
Figure 21: Production mondiale de grain



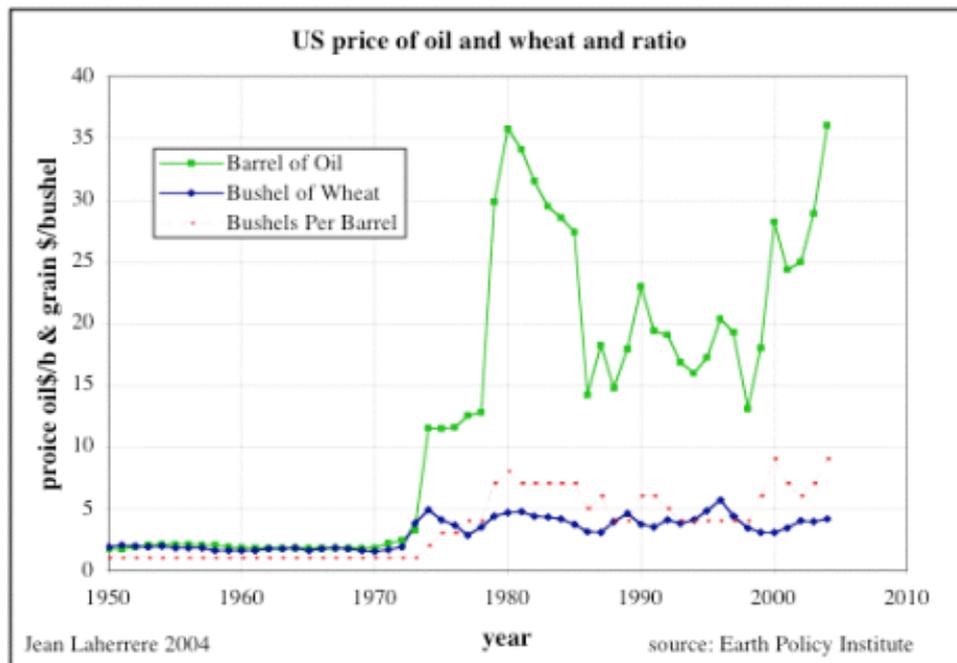
La croissance de la production de petrole est plus chaotique que celle des cereales
 Figure 22: Production de petrole et de cereales



La productivite de l'agriculture est lie a la consommation de petrole
 Figure 23 □ productivite agriculture et consommation de petrole par pays



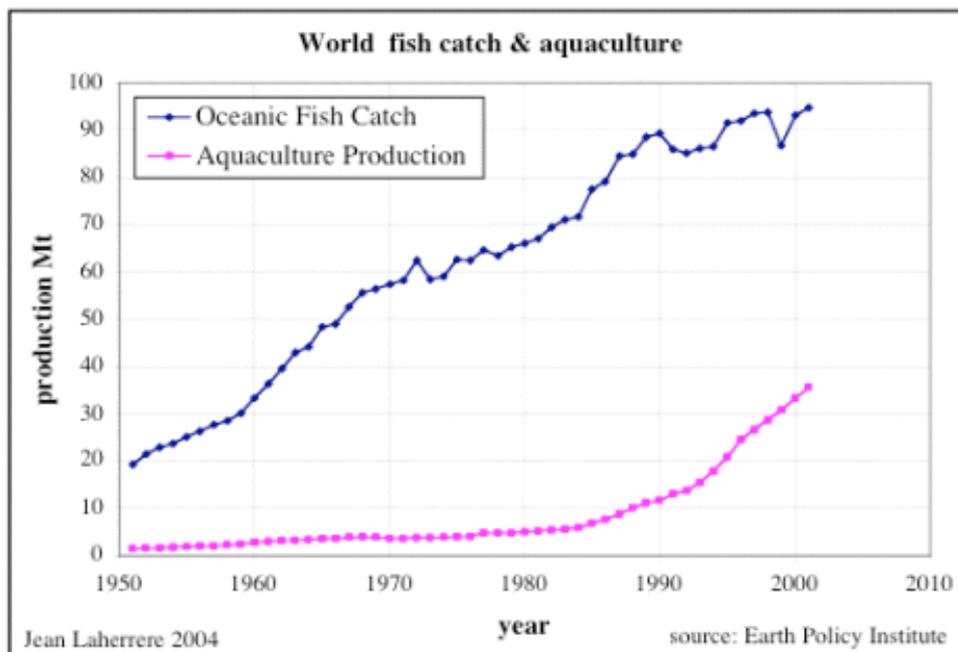
Le prix du petrole aux US a augmente de 9 fois par rapport au prix du ble depuis 1950
Figure 24 □ Prix du petrole et du ble aux US



Ce declin actuel de la production de céréales (et celui de l'eau) est plus preoccupant que le declin futur du petrole.

La production mondiale de poissons semble culminer aussi

Figure 25 □ Prise mondiale de poissons et aquaculture



-Conclusion sur les perspectives energetiques

- energie primaire de 1,7 tep par habitant en 2000, double de 1950
- plateau (chaotique) probablement en 2015 pour le petrole, en 2035 pour le gaz et 2050 pour le charbon, en 2030 pour l'energie primaire, mais aussi pour la population mondiale
- la croissance eternelle est impossible dans un monde fini
- il sera possible avec des economies d'energie de preserver a long terme l'energie par habitant
- il faut changer de comportement, notamment vis a vis du cout reel de l'energie et de la croissance
- l'homme n'aime pas changer et ne le fait que devant la necessite
- l'attitude «pas dans mon jardin» va empecher les EU de resoudre leurs problemes de gaz
- le «Toujours plus» egoiste des Français va compromettre le futur de nos petits enfants sur qui on repousse les problemes
- Saint Exupery a ecrit «Nous n'heritons pas la terre de nos parents, nous l'empruntons a nos enfants»
- le prix du petrole doit tendre vers le cout de l'alternative, qui est bien plus eleve que le prix actuel
- un prix eleve ne fait pas automatiquement augmenter les reserves
- pour extraire l'energie il faut en depenser et le bilan doit etre positif, ce qui n'est pas le cas de l'ethanol a partir du maïs ou des schistes bitumineux
- il faut supprimer toutes les subventions au produit, les aides doivent aller a l'individu
- l'hydrogene n'est pas une energie mais un vecteur comme l'electricite
- le seul substitut au petrole fossile en quantite necessaire pour le transport est le petrole synthetique (charbon, nucleaire)
- un prix eleve de l'energie permettra d'abord les economies comme en 1979, puis la passage a plus de renouvelables
- il faudra exploiter toutes les energies et non en rejeter certaines pour des motifs emotionnels

-Approche scientifique

- La Nature suit un certain nombre de «bis» ou de constatations
- l'univers est fini, son age est de 14 Ga, le nombre de protons est de 10^{80}

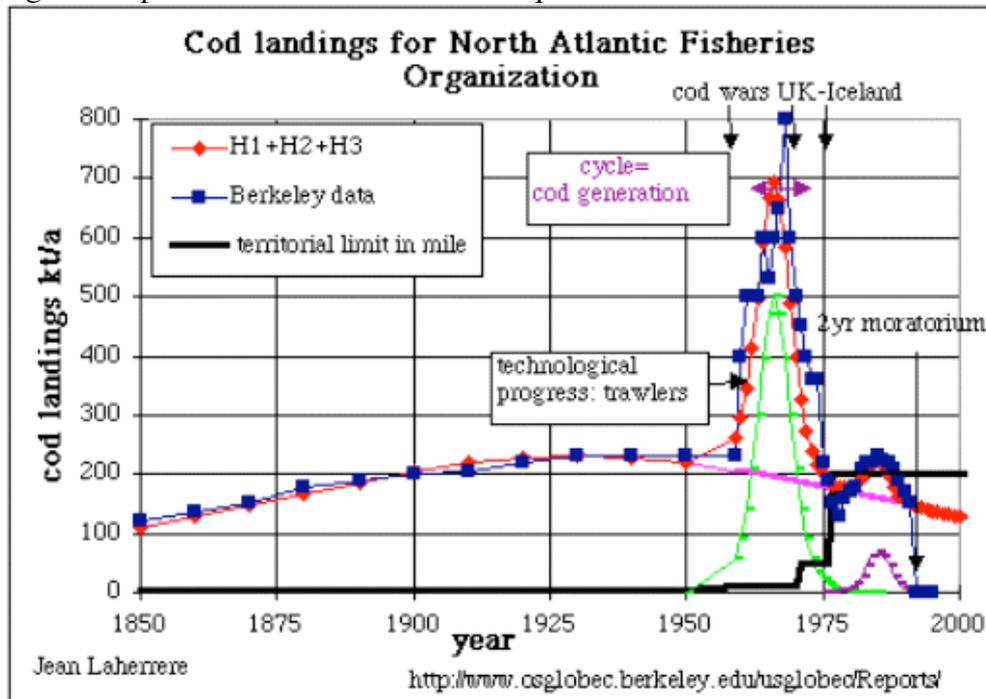
-tout ce qui nait meurt: soleil, terre, especes, civilisations, etres humains, seuls les protons sont immortels

-tout ce qui monte doit redescendre un jour

-tout est courbe, le lineaire n'est que local: verticale, horizontale, trajet lumineux

-tout peut se reduire par des cycles symetriques (analyse de Fournier)

Figure 26: prises de morues de l'Atlantique Nord 1985-2003



-la Nature est autosimilaire, une partie est similaire au tout (fractale) mais imparfaitement, donnant une fractale parabolique

-la symetrie existe partout mais elle est imparfaite, comme notre visage

-la distribution de l'univers est inegale le vide est la regle, la densite moyenne de l'univers est quelques atomes par metre cube, dans le systeme solaire 99% de la matiere est du plasma, etre solide est parfaitement anormal. La Terre est un anomalie.

-il ne faut pas confondre l'egalite de la ligne de depart et celle de la ligne d'arrivee nous sommes tous issus de 300 millions de spermatozoides au depart mais un seul a l'arrivee pour fertiliser l'ovule.

-la science ne sait pas grand chose

-la theorie de la relativite est incompatible avec la mecanique quantique

-le modele standard des particules oublie que les particules se comportent comme des ondes

-l'electron decouvert il y a plus de 100 ans est en fait tres mal connu (sa taille, sa position), on ne connaît qu'une probabilite de presence, il peut etre une particule, ou une onde, ou les deux, ou ni l'un ni l'autre On ne connaît que ses effets, mais pas sa nature

-la theorie des cordes (supercordes) pedale depuis plus de 30 ans sans resultat notoire

-l'univers serait constitue a 95% de matiere «sombre» et d'energie «sombre» dont on ne sait rien, le mystere dure depuis plus de 70 ans, mais est ce vrai

-le cycle du carbone dans l'atmosphere est mal connu et la moitie du C des emissions humaines disparaît on ne sait ou,

-le climat depend des courants oceaniques qui ont un cycle de 1000-2000 ans mal connu, alors que le cycle du CO2 varie entre 2 et 100 ans

Il y a deux approches

-approche deterministe □ Newton □ la pomme et la terre autour du soleil, Laplace □ si on connaît la place de tous les atomes on peut tout predire du passe et du futur, Einstein □ «Dieu ne joue pas aux dés»

-approche probabiliste □

Poincare □ le probleme des 3 corps ne peut etre resolu

Heisenberg □ principe d'incertitude entre position et mouvement: si on connaît precisement la position d'une particule, on ne connaît pas son mouvement, et reciproquement

Lorentz □ un papillon qui bat des ailes au Texas peut provoquer une tornade au Texas = chaos et importance des petits variations qui ne peuvent etre mesurees = incertitude des conditions initiales conduit a l'impossibilite de prevoir le temps a tres long terme, le systeme solaire dans 100 Ma ou la trajectoire de la boule de billard apres une dizaine de rebonds.

-l'homme et les bacteries

La bacterie a l'avantage sur l'etre humain d'evoluer tres vite en face des medicaments et le mutant qui resiste au medicament voit son domaine sans competition des bacteries non-resistantes. Dans la course bacterie-medicaments, l'homme a ete depuis la decouverte de la penicilline le gagnant, mais il ne decouvre plus de nouveaux antibiotiques et peut perdre le dessus. En plus des virus est apparu le prion (vache folle), inconnu il y a 10 ans.

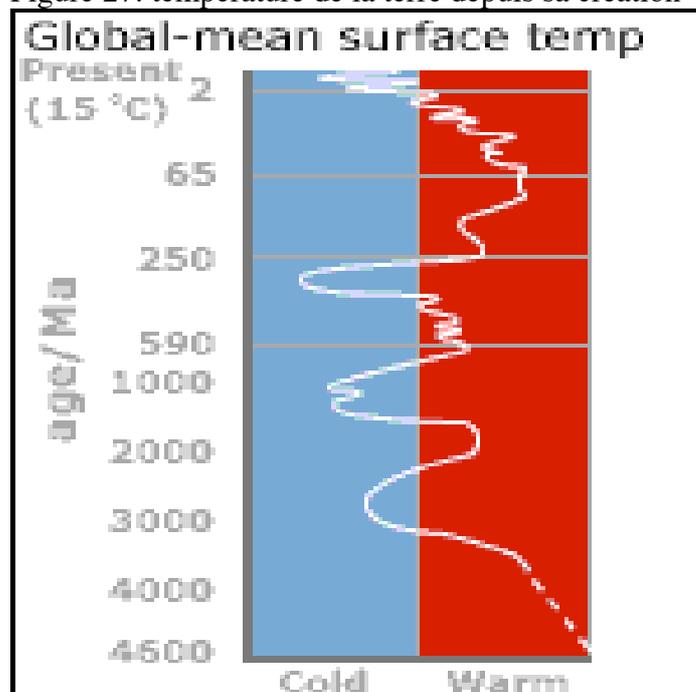
On peut considerer que le concept de Gaia (Lovelock), etre vivant global qui reagit aux exces de l'homme, est en action pour corriger ses actions. La bacterie a ete le premier etre vivant et il sera le dernier, si l'homme semble dominer les bacteries, il ne domine que par la taille et sa complexite, mais pas par la masse ni le nombre, il est d'ailleurs dependant des bacteries (pour sa digestion). L'homme a pu resister aux catastrophes naturelles (feu, glaciation) par sa mobilite, mais depuis qu'il est devenu un sedentaire, il n'aime pas bouger.

-rechauffement climatique

Nous sommes actuellement dans une periode interglaciaire dans une glaciation qui a demarré il y a 2 Ma.

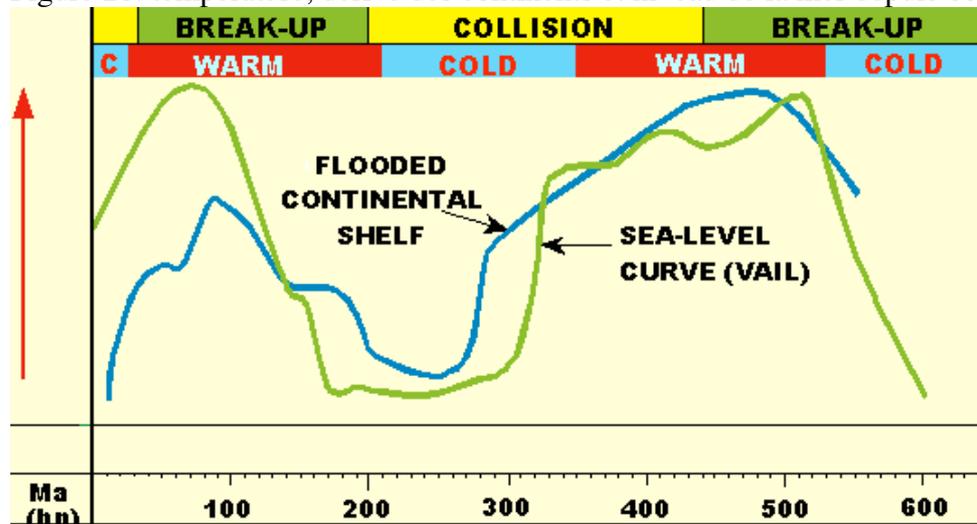
Depuis la naissance de la Terre la majorite du temps la temperature a ete bien superieure a la temperature actuelle.

Figure 27: temperature de la terre depuis sa creation



Le niveau de la mer était 120 m plus bas il y a 15 000 ans au plus fort de la glaciation, mais le niveau des mers était bien plus haut au Crétacé au moment des dinosaures.

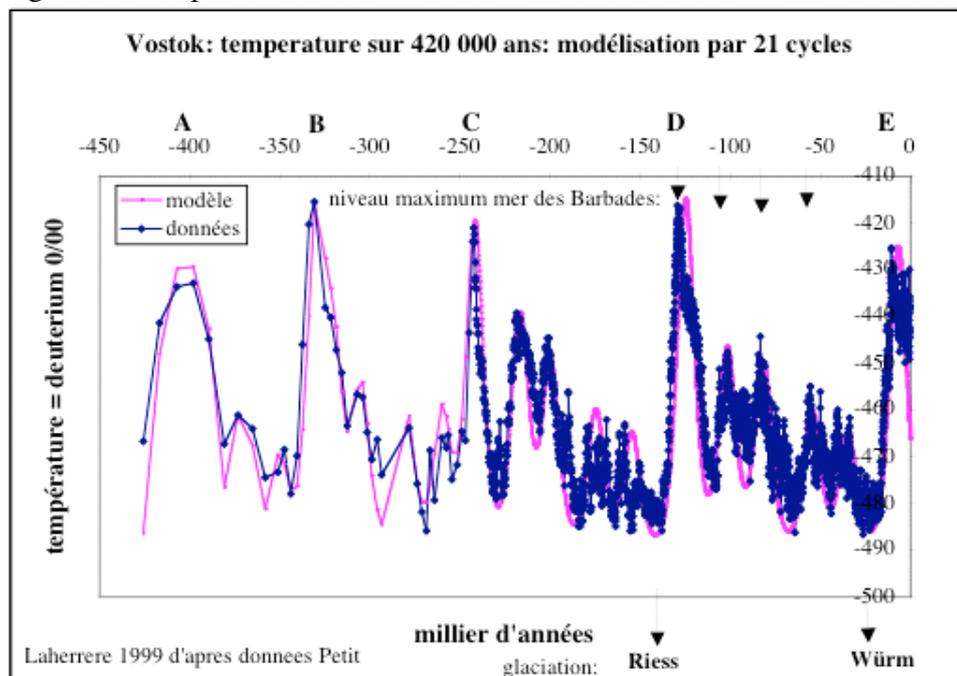
Figure 28: température, dérive des continents et niveau de la mer depuis 600 Ma



Les glaciations sont présentes depuis 2 Ma, mais il faut auparavant remonter à plus de 200 Ma. Elles dépendent de la présence de continents aux pôles, car les continents dérivent et il n'y en avait pas au Crétacé.

Depuis 420 000 ans les périodes interglaciaires sont minoritaires et nous allons vers de nouvelles glaciations. Dans quelques milliers d'années New York sera de nouveau couvert de glacier et Paris dans le permafrost ☐

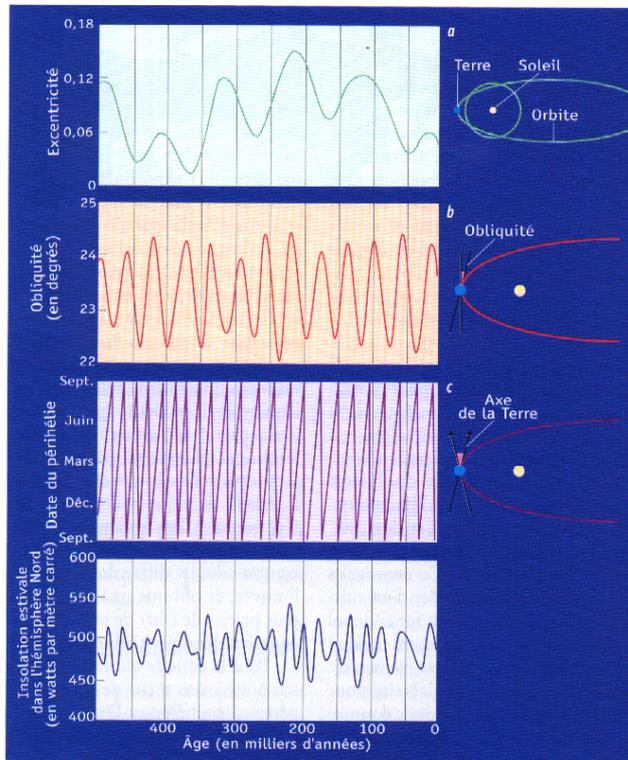
Figure 29: température mesurée à Vostok sur 420 000 ans



Ces variations de température dépendent essentiellement de l'insolation de la Terre, qui varie d'après trois paramètres astronomiques ☐ excentricité de l'orbite (ellipse) de la Terre autour du Soleil, angle d'inclinaison de l'axe de la Terre et date de la périhélie (qui détermine la direction dans laquelle l'axe de la Terre pointe lorsqu'elle passe près du Soleil). La

combinaison de ces 3 parametres est donnee dans le modele suivant ou l'insolation minimum correspond au glaciation

-Figure 30: modele du cycle d'insolation de la terre depuis 500 000 ans



5. LES PÉRIODES GLACIAIRES sont dues, selon le modèle du mathématicien Milutin Milankovitch, aux variations de l'insolation. Celle-ci dépend de trois paramètres de l'orbite de la Terre : l'excentricité de l'orbite, c'est-à-dire l'allongement de l'ellipse par rapport à un cercle parfait (a), l'angle d'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport au plan de l'orbite (b) et la date du périhélie, qui détermine la direction dans laquelle pointe l'axe de la Terre lorsqu'elle passe au plus près du Soleil (c). La variation combinée de ces trois quantités détermine l'ensoleillement, exprimé en watts par mètre carré (d). Les minima d'insolation correspondent aux périodes glaciaires.

«Le climat des 21 000 dernières années» de Noblet-Ducoudre N., A.Eoucault, D.Lunt, M.Kageyama et S. Charbit Pour la Science dossier n°43, Avril-Juin 2004

Il y a une relation entre la température, le CO2 et le méthane

Figure 31: relation température, CO2 et CH4 à Vostok

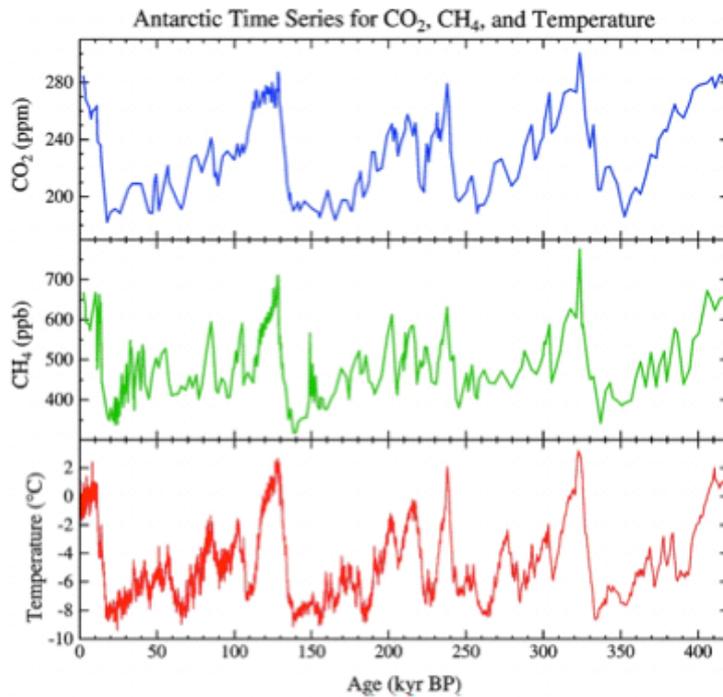
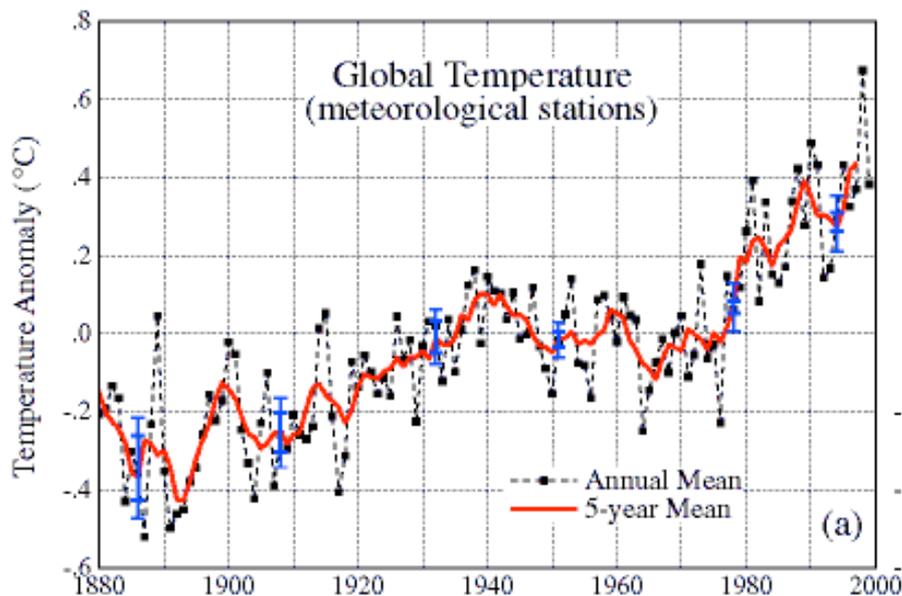


Figure 2. Record of atmospheric temperature, CO₂, and CH₄ extracted from Antarctic ice core by Petit et al. (Nature, 399, 429, 1999)

Le CO₂ (duree de vie centenaire) augmente avec temperature avec un retard de plusieurs siecles, car quand la temperature des oceans (cycle millenaire) augmente il ne peut assimiler autant de CO₂.

Les temperatures mondiales mesurees aux stations meteo (pres des aeroports et des villes) depuis 1880 montrent des hauts et des bas

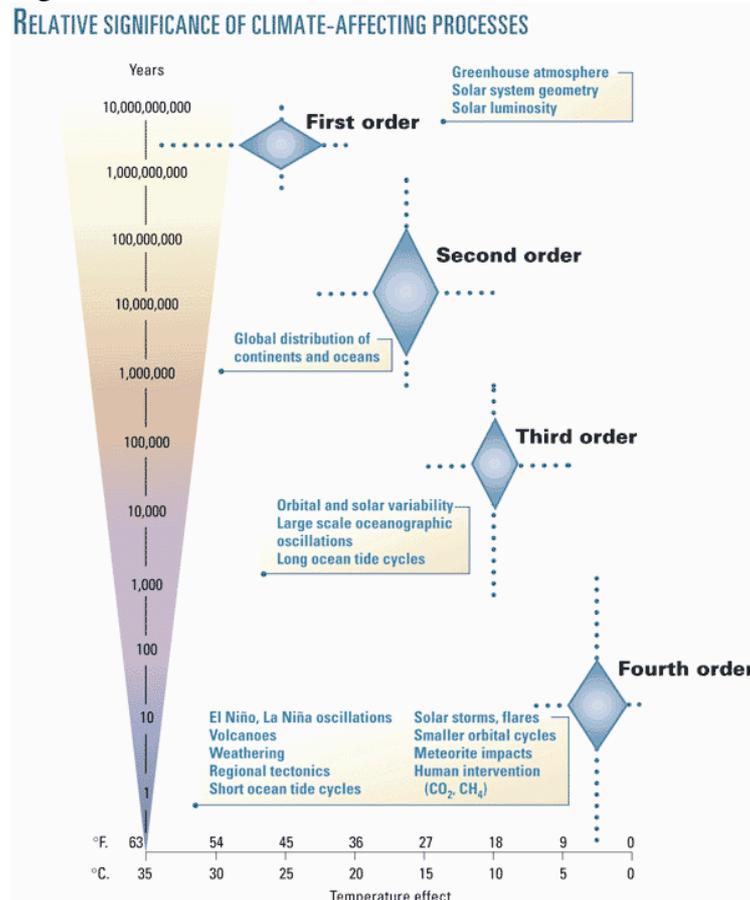
Figure 32: temperature mondiale depuis 1880



De 1940-1975 $-0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ on craignait alors un refroidissement global: JM Cavada l'a annoncé a la TV vers 1975.

Les activies humaines ont un effet sur le climat mais il est faible devant celui du aux phenomenes naturels (astronomie (soleil et terre), derive des continents, cycle des oceans).

Figure 33: les émissions humaines sont du 4e ordre dans le climat



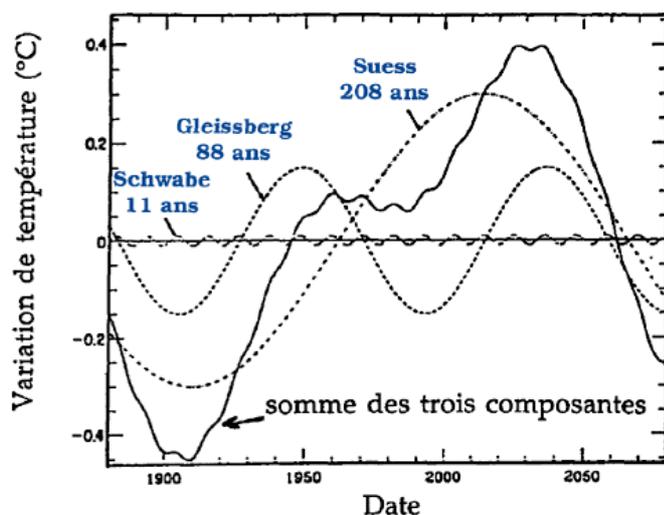
Aux cycles millenaires de Milankovitch (voir graphique 26): excentricite ellipse terre (100 000-400 000 ans), obliquite axe terre 22°-24° 40 000 ans), precession axe terre (22 000 ans), s'ajoutent l'activite solaire (taches solaire et eruption magnetique) et peut etre modelise avec des cycles de plusieurs dizaines d'annees.

-Nesme-Ribes E., Thuillier G. 2000 "Histoire solaire et climatique" editions Belin-Pour la science

L'impact du soleil semble malheureusement positif jusqu'en 2030 pour etre negatif ensuite comme de 1940 a 1975 et compenser l'effet de l'activite humaine pour une cinquantaine d'annees.

Figure 34: influence des cycles du soleil sur le climat 1880-2080

Climate and Solar Cycles Possible Effect



Damon & Jirikowic (1992)

L'effet de serre est due a 90% a la vapeur eau, c'est a dire les nuages qui sont negliges par le GIEC, notamment la relation nuages/rayons cosmiques dus aux eruptions solaires.

Les ocean contiennent de 50 a 65 fois plus de CO₂ que l'atmosphere

Le CO₂ est relache par les oceans plus chauds qui ont un cycle de 1000-2000 ans

Le CO₂ a decru de 285 a 275 ppm de 1600 a 1700 apres le Petit Age Glaciaire ou la temperature des oceans a chute de 0,8°C

Le CO₂ a augmente a cause de l'homme mais son effet ne peut etre envisage que sur une periode du siecle (duree de son cycle 2-100 ans)

L'ocean absorbe 92 GtC/a et relache 90 GtC/a, les plantes et le sol relachent 100 GtC/a et les plantes absorbent 102 GtC/a. Les combustibles fossiles relachent 5 GtC/A et la deforestation 2 GtC/a

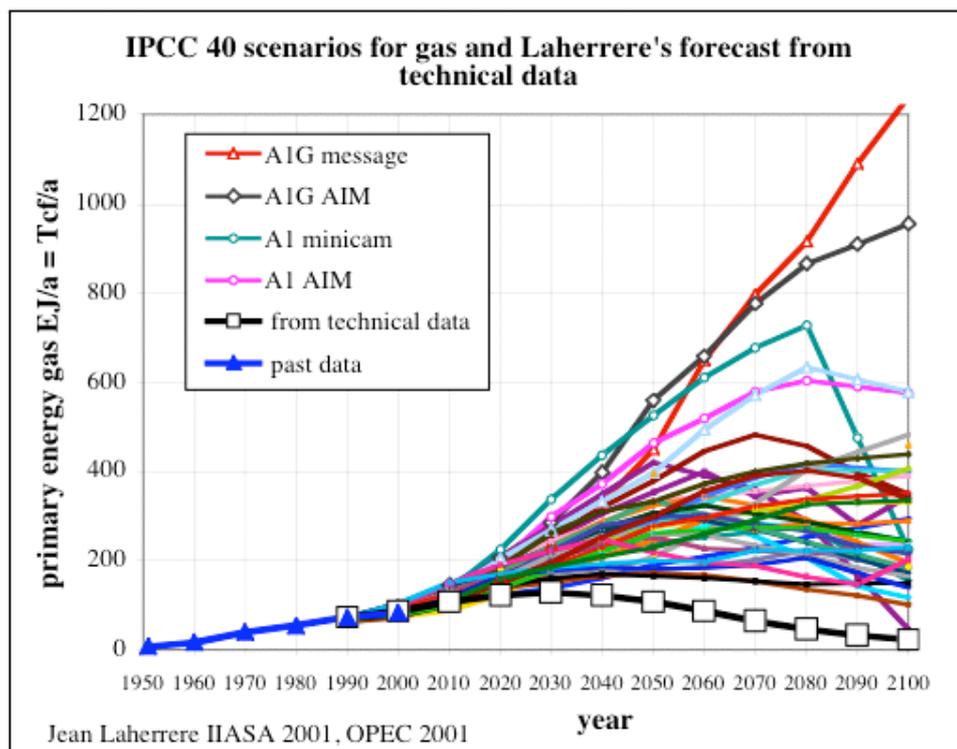
L'impact du CO₂ necessite de connaître le cycle du carbone a mieux de 3,5% (7/200), on peut donc etre sceptique des conclusions sur ce sujet.

Les modeles de climat ne prevoyent pas les phenomems El Nino qui sont tres importants, ni les eruptions solaires, ils sont donc incomplets.

Au lieu de discuter des reductions des emissions avec des effets negatifs, il faudrait ameliorer les modeles.

Les conclusions de l'IPCC (base des résolutions de Kyoto) sont basées en 2000 sur les hypothèses (40 scénarios) de consommation énergétique de l'IIASA, hypothèses très académiques sans peu de relation avec les réalités industrielles

Figure 35: scenarios IIASA (rapport GIEC) pour la production du gaz compares a ma prevision



. La consommation de gaz d'après IIASA prévoit un âge du méthane basé sur des ressources gigantesques d'hydrates de méthane dans les sédiments océaniques. La dernière estimation (Soloviev 2000) divise par 100 les estimations anciennes!

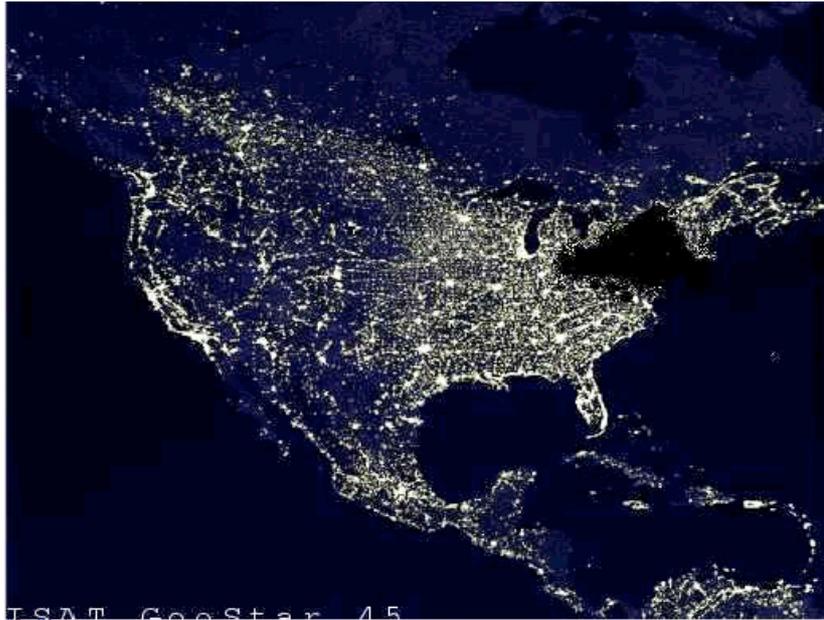
En matière de climat, vouloir assurer la stabilité est illusoire, car le climat change constamment pour de multiples causes, prétendre le prédire à moyen terme (décennie) à travers des modèles semble bien utopique, comme la météo au delà de 8 jours.

-intensité énergétique et intensité lumineuse

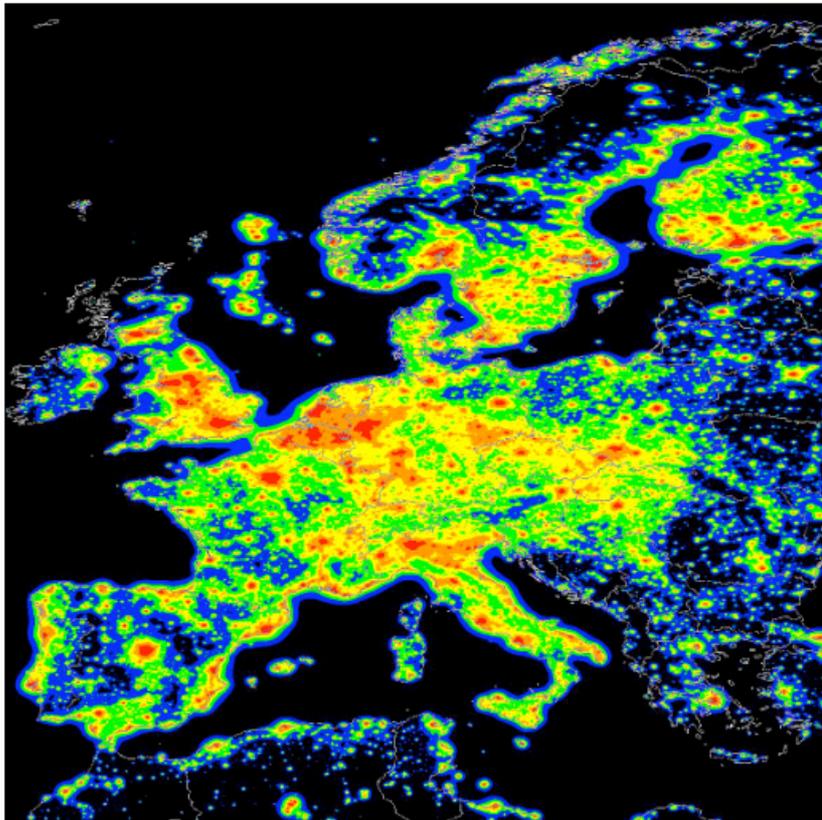
L'intensité énergétique est donnée en production d'énergie primaire par unité de PIB (corrige de pouvoir d'achat) mais comme le PIB est trop manipulé avec des corrections «politiques» de nombreux facteurs (en particulier hedonique), ce paramètre semble peu fiable. Les politiciens étant juges sur la croissance font en sorte que le PIB montre de la croissance. Il est intéressant de regarder l'intensité lumineuse la nuit sur les photos satellites du monde



La panne autour de New York l'été 2003 se voit bien
Figure 37; Amérique du Nord pendant la panne du 14 Août 2003



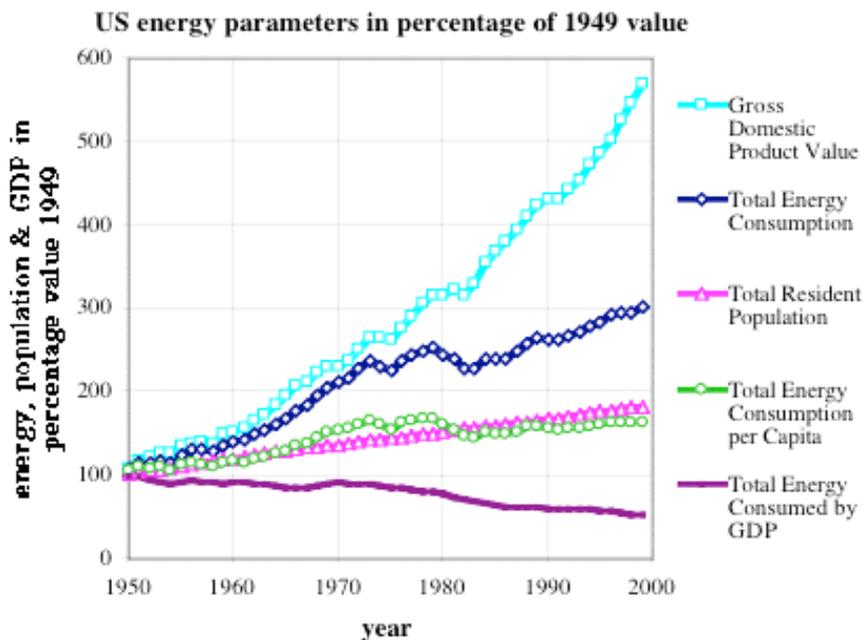
L'Europe a des poles de lumiere lie a la population, l'industrie et le tourisme
Figure 38: vue de l'Europe □



On voit les champs de la Mer du Nord et les endroits depeuples en France (Bretagne) et en Espagne

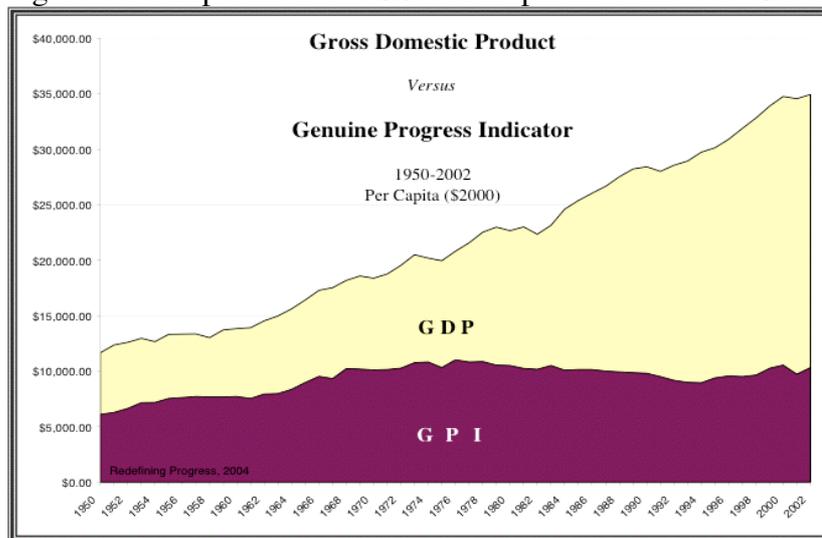
Cette carte de luminosite la nuit est proche de celle du PIB par kilometre carre en Europe d'apres Jerome Carreau

Figure 39: Carte de l'Europe d'apres le PIB/km2



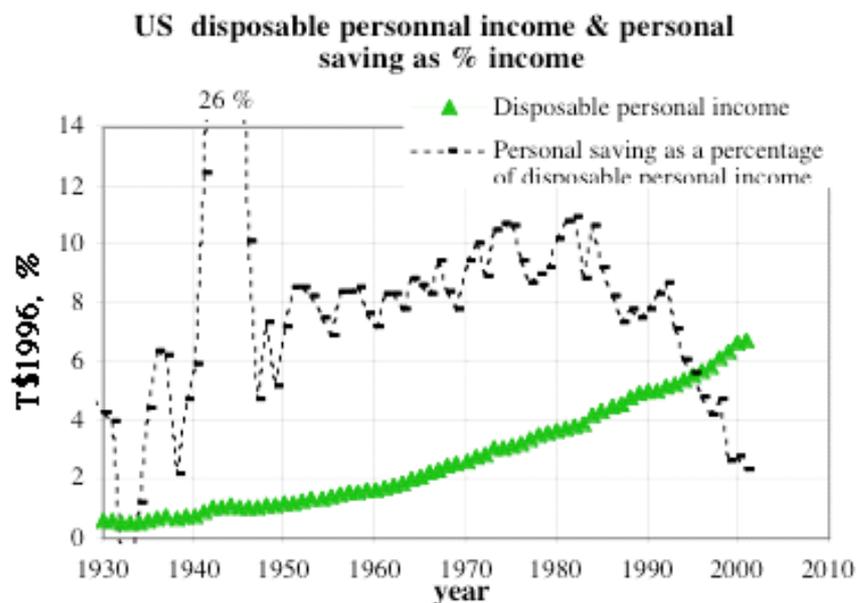
Le PIB varie d'une façon trop différente de la consommation énergétique pour être significatif. Il y a de nombreux indices pour mesurer la prospérité d'un pays mais ils sont pour la plupart ignorés. L'indicateur de progrès (GPI) est très différent avec le PIB par habitant pour les US. Le GPI culmine au choc pétrolier de 1979.

Figure 41: comparaison aux US du PIB par habitant et du GPI de 1950 à 2002



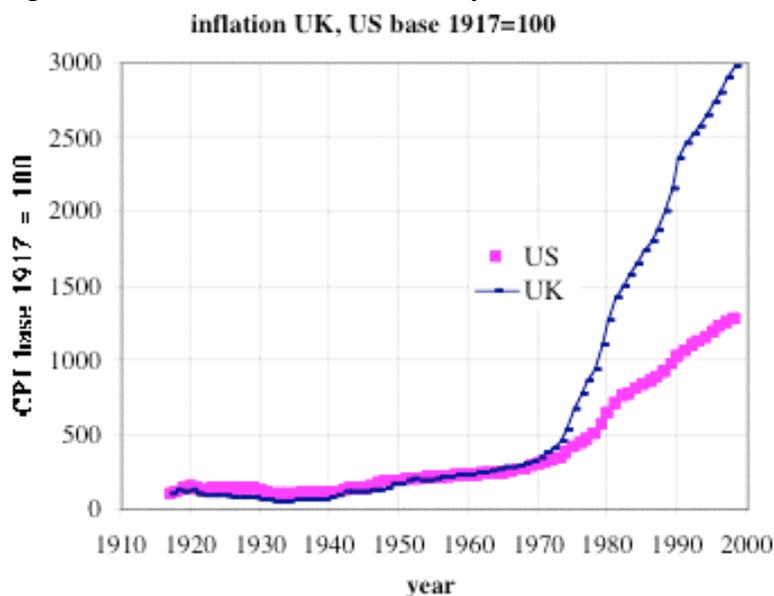
Le consommateur américain emprunte tous les jours plus de 1 G\$.

Figure 42: L'épargne américaine en pourcentage de son revenu qui était à 10 % en 1980 est descendu à 2 % en 2000.



L'inflation au Royaume-Uni a divergé des Etats-Unis depuis 1971, date qui correspond à l'abandon pour le dollar de sa garantie en or. Le dollar papier et les bons du trésor américains ne sont garantis que par la "richesse" de l'Amérique. *Mais peut-on être considéré comme riche longtemps quand on dépense plus que l'on gagne? Mais cela dure depuis 1960? Est ce que cela peut continuer encore longtemps?*

Figure 43: Inflation aux US et au Royaume Uni



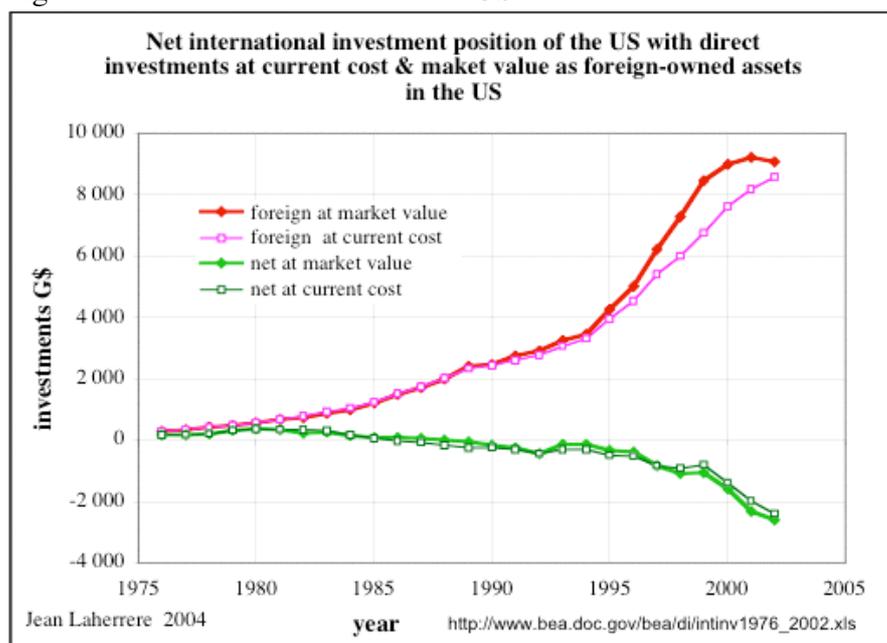
La productivité américaine est présentée par les médias comme étant excellente, les chiffres réels ne sont pas si brillants

Figure 44: productivité (domaine fabrication) de différents pays de 1950 à 2000



La croissance américaine est le mirage aux alouettes (JMMessier) mais les investissements étrangers aux US plafonnent et le bilan net en chute libre.

Figure 45: Investissements nets aux US

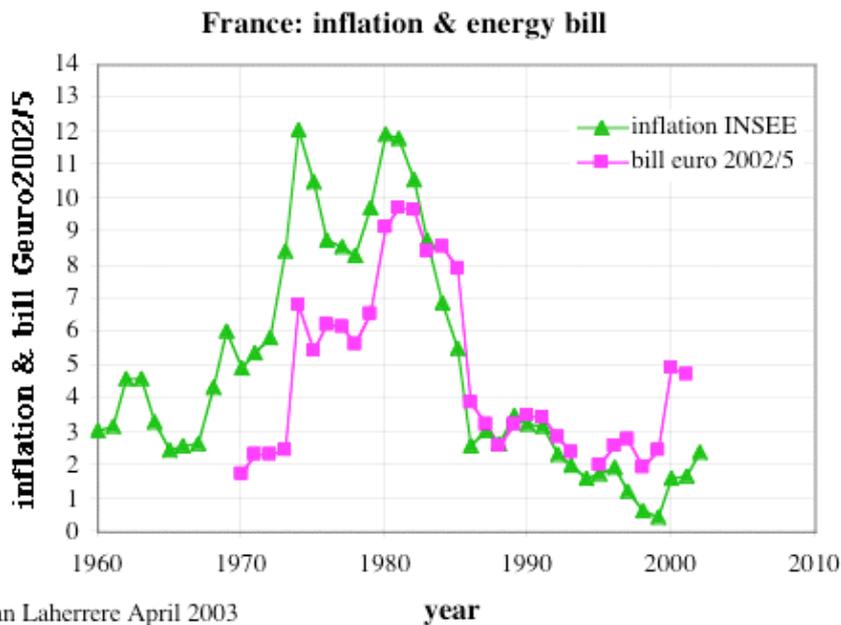


La croissance est présentée comme la solution miracle pour résoudre dans le futur tous les problèmes: sécurité sociale, retraite, etc.

Notre civilisation occidentale repose sur une culture de la croissance qui est considérée comme éternelle. Cette croissance a été rendue possible dans le passé grâce au pétrole bon marché.

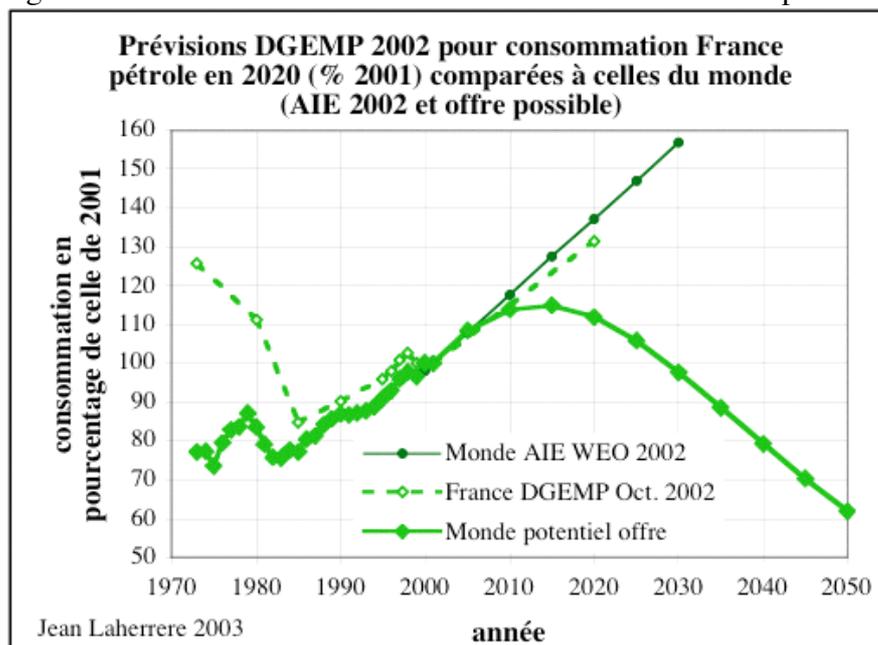
En France la corrélation inflation et facture énergétique est bonne et on peut donc s'attendre à une augmentation de la facture si le pétrole augmente en euros.

Figure 46: Inflation et facture énergétique en France



Les previsions officielles francaises se calquent sur les previsions americaines basees sur une croissance continue et eternelle comme le montre ce graphique de la consommation de petrole en pourcentage de celle de 2001 de la France et du monde.

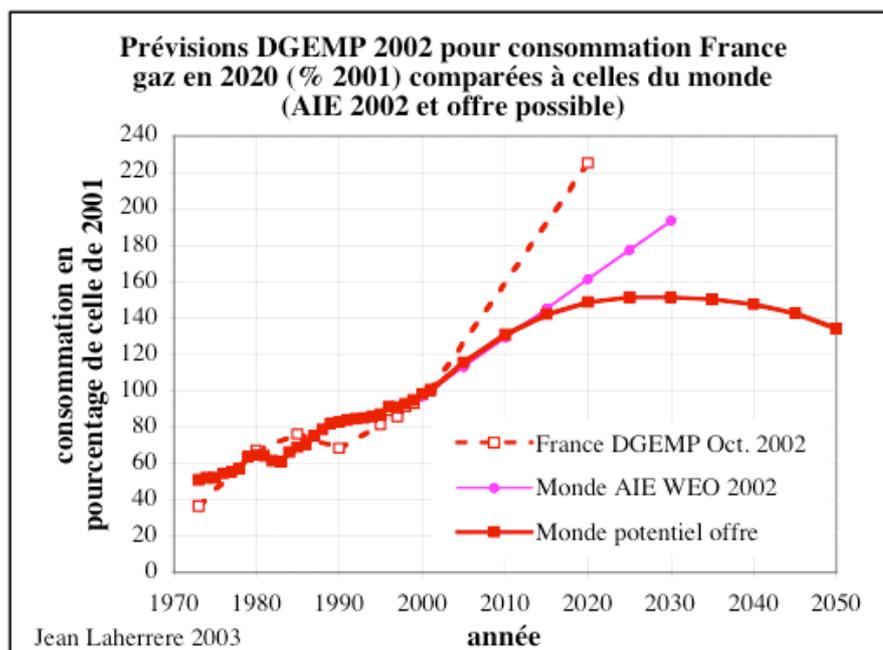
Figure 47: Previsions DGEMP 2002 de la consommation de petrole 1970-2020



La chute de 1975 à 1985 pour la France est due au contrechoc petrolier mais surtout à la montée du nucleaire. Notre prevision montre que ce programme divergera apres 2010 en face des realites geologiques

Les previsions francaises pour le gaz sont encorte plus irrealistes, car tres superieures a celles du monde. Le gaz russe est loin d'etre inexpuisable, il a ete gaspille (pas de compteur de gaz dans Moscou chauffe au gaz) et lese reserves surestimees. Le plus grand champ russe est deplete a plus de 70 % fin 2001

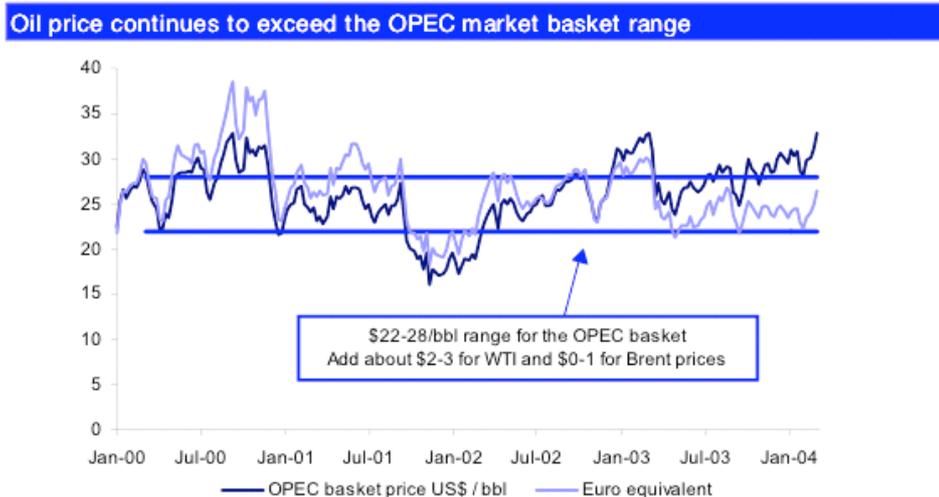
Figure 48: Previsions DGEMP de la consommation de gaz 1970-2020



-Prix du petrole

L'OPEP depuis plusieurs années a assuré la stabilité du prix autour de 25 \$/b, grâce à son mécanisme de prix qui doit rester dans la fourchette 22-28 \$/b avec modification des quotas dès que le prix sort de la fourchette. Mais si ce mécanisme est dit conserver il est évident que dans les faits le nouveau mécanisme non proclamé depuis la chute du dollar est la fourchette 22-28 euro/b

Figure 49: Prix du petrole OPEP en dollar et euro



Source: Deutsche Bank estimates

Toutes les prévisions sur les prix se sont toujours trompées. Il y a un an tout le monde prévoyait en 2004 un pétrole à 20-22 \$/d

Je me garde toujours de prédire le prix, mais seulement que le pétrole bon marché a fait son temps et ne se retrouvera plus d'une façon durable.

Le prix du pétrole doit tendre vers le coût de son substitut et le seul substitut en grande quantité est le pétrole synthétique (à partir du charbon et/ou du nucléaire) et il sera cher.

Une energie chere et bien consommee permettra de faire evoluer les comportements et de resoudre les problemes futurs. Toute tentative de subvention ne rendra que plus difficile le passage a des energies sans combustibles fossiles.

References☐