

La consommation d'énergie au XXI^e siècle

Les défis : augmentation de la population mondiale, épuisement plus ou moins proche des ressources fossiles (pétrole, gaz et charbon), changement climatique.

Comment y répondre : efficacité énergétique, renouvelables et nucléaire ?

Quel devenir pour notre paysage énergétique ?

Un puzzle plein d'incertitudes, premier tour d'horizon

Les incertitudes sont multiples et toutes les prévisions de ce type s'avèrent après coup, contredites par la réalité, soit dans le détail soit dans la totalité.

Faut-il pour autant renoncer de prévoir et au mieux, s'adresser à une voyante ?

Il faut pourtant, pour guider nos actions à moyen et long termes, essayer d'esquisser ce paysage.

Nous allons le faire en remontant un puzzle, aux pièces multiples, dont les principales sont : la population mondiale et la disponibilité des ressources de base actuelles, les fossiles.

Population

- Au cours du 20^e siècle la population mondiale est passée de 1.6 à 6 milliards.

- Ce rythme de croissance s'est confirmé pendant les seules 50 dernières années du 20^e siècle, puisque la population est passée de 3 à 6 milliards (année 1999)

- Faut-il retenir un doublement en 50 ans et donc quadruplement en un siècle, ou s'en tenir au chiffre de plus 3 milliards par tranche de 50 ans, donc serons-nous 12 milliards en 2100 ?

- Les prévisions sont en fait, très larges et vont de 9 à 12 milliards, la fourchette maximale, semble se confirmer un peu en dessous de 12 milliards, certains même annoncent un peu sous 10 milliards. C'est dans tous les cas beaucoup plus de corps à pourvoir en énergie, sans compter les bouches à nourrir, ce qui représente un autre sujet, parfois lié lorsque l'on aborde par exemple la question des cultures et des bio carburants (se déplacer ou manger, se chauffer ou manger ?)

Production énergétique

- Lors de ce même dernier siècle, la production énergétique, pour répondre aux besoins mondiaux, est passée de 1.2 à 10 Gtep¹ (Gtep : milliard de tonne équivalent pétrole)

- Si nous retenons que la population a été multipliée par 3.75, que la production énergétique a été multipliée par 8, il y a donc eu en un siècle presque 2 fois plus d'énergie par habitant.

- Mais ce plus par habitant, ne s'est pas réparti de façon uniforme, loin de là et nous sommes face à une situation déséquilibrée, puisque 20 % des « privilégiés » (dont nous faisons partie) consomment 80 % de l'énergie totale. Imaginons que cette partie du monde qui ne consomme que 20 % du total, continue de nous prendre comme modèle et souhaite approcher notre niveau moyen de consommation, faudrait-il multiplier par 4 la production énergétique à population constante et par 8 en prenant en compte l'accroissement maximal de la population ?

- Oublions, de suite ce facteur 8, impossible à obtenir et regardons ce que prévoyait pour le milieu du siècle, dans les publications de 1995, le Conseil mondial de l'énergie et l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis)

Dans les scénarios repérés A (croissance forte, continuité) en 2050, pour une population de 10 milliards d'habitants, la production énergétique avec une croissance de 1.7 % /an atteindrait 25 Gtep et en poursuivant, les 40 Gtep seraient largement dépassés en 2100.

Dans les scénarios repérés C (dits de sobriété énergétique) et une croissance de 0.8 % / an la production atteindrait 14 Gtep en 2050 et en poursuivant, nous arrivons à 20 Gtep en 2100.

¹ Les sources d'énergie sont multiples et chacune a son mode de mesure (des tonnes, des m³, des stères, des kWh) Même lorsque la mesure de base est la même, par exemple la tonne, elles ne fourniront pas, nécessairement à masses égales la même énergie, donc, difficile d'additionner. Pour avoir une vue d'ensemble il est usuel de ramener toutes les énergies produites à une unité commune : la « tonne équivalent pétrole » (tep, qui vaut 42 GJ)

Or, à ce jour, avec une production énergétique qui dépasse les 11 Gtep, nous sommes sur une pente supérieure à celle des scénarios A et dans la continuité, nous allons aux 40 Gtep en 2100.

Peut-on dans la continuité encore multiplier par 4 la production énergétique, ou va-t-on s'orienter vers un scénario plus proche de C, soit de façon volontaire, par sagesse, en se préoccupant notamment de l'effet de serre, ou plus probablement, de façon forcée, par manque de sources d'énergie et la répercussion d'une augmentation des prix de l'énergie ?

Ressources fossiles, pénuries à venir ?

- Nos économies se sont développées sur la base d'une énergie bon marché, fournie par les combustibles fossiles, dans un contexte qui peut être qualifié de gaspillage énergétique. Dans une première phase, avec la Révolution Industrielle, cette abondance énergétique fut assise sur le charbon, puis vint s'ajouter le pétrole avec le développement fulgurant des transports après la Deuxième Guerre Mondiale et enfin maintenant, bien que pétrole et charbon tiennent toujours la première place, apparaît en lice le gaz.

- A ce jour plus de 80 % de la fourniture énergétique mondiale vient des combustibles fossiles. Peut-on encore compter sur ceux-ci, pour répondre à l'accroissement de nos besoins ?

- Il n'a pas fallu attendre les augmentations récentes du prix du pétrole pour savoir que les limites de production de « l'or noir », étaient sur le point d'être atteintes et que dans quelques années la production ne pourrait que commencer à se stabiliser avant de baisser inexorablement.

Ce qu'on appelle le « Peak Oil » sera-t-il atteint au voisinage de 2015 – 2025 ? C'est demain.

Un fait semble reconnu: il y aura à la fin du siècle beaucoup moins de pétrole mis sur le marché que maintenant, ce n'est pas le pétrole qui pourra répondre à l'augmentation des besoins.

- La situation du gaz se présente un peu différemment dans un premier temps.

La production gaz peut encore fortement augmenter, d'autant que le gaz jouit dans certains pays développés, d'une image « d'énergie propre », serait ce parce que l'on le qualifie de naturel ! Il est vrai qu'à énergie produite identique le gaz émet un peu moins de gaz carbonique que le pétrole et beaucoup moins que le charbon², mais il faut noter toutefois que ce gain vis-à-vis de l'effet de serre, disparaît très vite si l'on prend en compte les fuites du méthane, beaucoup plus nocif pour l'effet de serre que le CO₂.

Mais ce fort accroissement prévu du gaz, aura aussi une fin et un équivalent « peak gaz » devrait s'observer 10 à 20 ans après celui du « peak oil » Il devrait y avoir à la fin du siècle, moins de gaz mis annuellement sur le marché qu'actuellement. Pas plus que le pétrole nous ne pouvons compter à moyen terme sur le gaz pour répondre à notre accroissement de besoins énergétiques.

- Rien de tel, au cours de ce siècle, pour le charbon et celui qui fût détrôné par le pétrole en 1970 comme le champion des sources d'énergie devrait le redevenir probablement avant 2050 et de façon certaine avant la fin du siècle. Cette forte montée du charbon devrait globalement compenser les baisses importantes de pétrole et de gaz, mais sans pouvoir aller bien au-delà.

- En définitif, les combustibles fossiles seront toujours bien présents, mais ne permettront pas à eux seuls comme quasiment actuellement, pour plus de 80 %, de répondre aux besoins. Il faudra compter sur d'autres sources, mais aussi et surtout limiter la consommation.

- En dépit de ces pénuries plus ou moins lointaines, le maintien d'une forte dépendance sur ces combustibles fossiles et surtout sur le charbon, lève une question primordiale : ne va-t-elle pas conduire, par les rejets de gaz carbonique, à un accroissement de l'effet de serre ?

- Pour s'en sortir, il faut à la fois réduire nos consommations et reposer nos fournitures énergétiques sur des sources qui n'émettent pas ou très peu, de gaz carbonique.

L'effet de serre

² 1 tep de gaz émettra 2.7 tonnes de CO₂, 1 tep de pétrole 3.25 et 1 tep de charbon 4.28.

- Notre atmosphère est entourée d'une couche de gaz, qui pour certains dits à effet de serre, agissent sensiblement comme le verre des serres de nos jardins.

La chaleur n'est pas « emprisonnée » comme parfois expliqué, car à l'équilibre, toute l'énergie qui entre, sort et il n'y a pas cumul d'énergie, pas de prisonnier. Et pourtant, l'augmentation de la présence de ces gaz va se traduire par une élévation de température lors de la recherche d'un nouvel état d'équilibre. L'explication physique de ce phénomène, repose sur la transparence relative de ces gaz aux rayonnements. Si ces gaz sont très transparents aux rayonnements solaires, ils le sont beaucoup moins aux rayonnements infrarouges émis en retour par le sol et seule une élévation de température de la terre permet de franchir cet obstacle nouveau en retour, si celui-ci s'est épaissi par un apport complémentaire de gaz à effet de serre.

- Parmi les nombreux gaz à effet de serre, les plus importants sont la vapeur d'eau (pour sensiblement la moitié de l'effet global) et le gaz carbonique (53 % du reste) tous deux présents dans la nature, pratiquement depuis l'origine de la terre et avant l'origine de la vie. Si nous pouvons lire ces lignes, remercions ces gaz, car sans eux la température moyenne de la terre ne serait pas +15 °C, mais -18°C, la terre ne serait qu'un énorme glaçon, sans eau liquide et sans vie. Ce phénomène est donc vital, bénéfique, mais qu'advient il, si du fait de l'activité humaine il s'amplifie et conduit à un réchauffement devenant par son ampleur source de catastrophes climatiques ?

- Il est incontestable que l'atmosphère contient plus de gaz carbonique qu'au cours des 400.000 dernières années et que nos activités en sont responsables (la teneur en CO₂ est restée inférieure à 280 ppm jusqu'à l'ère industrielle et elle dépasse 370 ppm ce jour)

Seule la moitié du gaz carbonique que nous émettons (27 milliards de tonnes par an) est absorbée par la nature (en parti par les océans et en parti par la biomasse) la moitié en trop (13.5 Gt/an) vient s'ajouter aux 2745 Gt déjà présents.

- Il est tout aussi incontestable, que la température moyenne de la terre, de la dernière décennie a été la plus élevée depuis que les enregistrements météo existent. Les écarts restent néanmoins faibles, un peu sous + 1°C et certains ne s'en alarment pas pour le futur.

- Il faut se reposer sur des simulations, numériques (que seuls les plus puissants ordinateurs peuvent traiter) pour essayer de prévoir l'avenir. Ces modèles sont validés par les évolutions récentes, mais tous les phénomènes ne peuvent être validés à ce jour et il reste des inconnues et des hypothèses à confirmer, néanmoins toutes les modélisations conduisent à une élévation significative des températures.

En France par exemple, dans le cas des scénarios A (dans la continuité des forts rejets de gaz carbonique) en 2100, la moyenne des températures augmenterait de 3°C en hiver et de 4 °C en été en région parisienne, ces valeurs atteindrait + 5 °C à Marseille et Lyon en été. La région la moins affectée serait la Bretagne, où en toutes saisons l'élévation devrait rester au voisinage de 2 °C. Les canicules estivales deviendront courantes et pour Marseille et Lyon le nombre de jours avec une température diurne supérieure à 35 °C sera de 30 par an (il s'agit de moyenne et des années peuvent être plus « dures »)

A chaque année sa canicule plus longue, plus dure que celle de 2003

Le réchauffement se traduira par une augmentation du contraste été hiver pour la pluviométrie de nos régions (plus d'eau en hiver, mais beaucoup moins en été, lorsque les besoins sont grands) et l'aridification du bassin méditerranéen.

- Le réchauffement est en cours et se poursuivra, nous pouvons simplement le limiter, car l'avenir réel dépendra de nos rejets. Les écarts annoncés selon les modélisations, viennent en effet en grande partie des hypothèses sur les rejets futurs des gaz à effet de serre et donc de l'évolution de la consommation. La plage se situe entre 2 et 6°C d'élévation de T° moyenne pour 2100.

- Pour limiter à 2° C l'élévation moyenne de température, il faudrait diviser par 2 nos rejets. Mais comme il semble difficile de demander à ceux qui consomment peu (80 % de l'humanité) de réduire leurs rejets, l'effort principal doit être fait par les privilégiés actuels et donc pour eux, la réduction doit

être le facteur 4. La situation est loin d'être uniforme au sein des « privilégiés » et logiquement, il faudrait que cet effort soit réparti comme suit : facteur 10 pour les USA, 5 pour l'Allemagne et 3 pour la France, qui comme nous le savons du fait du nucléaire émet moins que la majorité de ses confrères des pays développés.

La séquestration de CO₂ ou CSC (captage-stockage-carbone)

La limitation des rejets doit passer par moins d'usage de combustibles fossiles et /ou par la mise en œuvre du captage stockage du gaz carbonique.

Cette possibilité de réduction des rejets anthropiques de CO₂ à l'atmosphère, par stockage souterrain, pourrait être mise en concurrence, ou en complément à d'autres sources d'énergie, pour notamment la production d'électricité non émettrices de CO₂. C'est une technique en plein développement, réalisable, mais coûteuse sur le plan énergétique et financier (on estime qu'elle double le coût d'investissement et augmente d'au moins de 30 % les coûts de production pour l'énergie issue du charbon)

Dans le cadre de la réduction du facteur 2, pour le Monde il faudrait stocker chaque année la moitié des 26 Milliards de tonnes par an (sur la base 2005) Pour la France, la sortie du nucléaire soit le retour au charbon imposerait de stocker environ 600 millions de tonnes par an.

Le challenge principal sera l'acceptation par le public du stockage souterrain, par exemple, de plusieurs dizaines de milliards de tonnes de CO₂ à l'échelle de la seule France.

Notre approche: le point de départ, la situation énergétique actuelle

Avant de prendre le chemin du futur, examinons le point du départ : état des productions énergétiques Monde et France en 2005 (voir schéma 1 ci-dessous)

Monde

- La production énergétique mondiale annuelle était en 2005 de 11 Gtep (11 Milliards de tonnes équivalent pétrole) pour 6.5 Md d'hommes, soit en moyenne: 1.7 tonnes³ par homme par an.

- Face à ce chiffre moyen de 1.7, il faut rappeler la disparité entre pays riches et pauvres: un Nord Américain (USA, Canada) consomme 8.1 tep, un Européen moyen 4, un Chinois 0.9, un Africain 0.6 et deux milliards d'hommes n'ont accès à aucune source d'énergie, en dehors de la biomasse traditionnelle hors circuits commerciaux (bouse de vaches, du petit bois...)

- Au niveau mondial, les sources actuelles d'énergie se répartissent comme suit: pétrole 37 %, charbon 26 %, gaz 22 %, nucléaire 6.5 %, hydraulique⁴ 3 %, autres renouvelables 5.5 % (principalement le bois, qui n'est pas hélas toujours renouvelé)

- 83 % de la production énergétique repose sur les combustibles fossiles ce qui se traduit par des rejets de CO₂ de 27 milliards de tonnes par an, chiffre à diviser par 2.

France

- La France utilise à la production par an, l'équivalent de 273 Mtep (Millions de tep) réparties comme suit : pétrole 33 %, nucléaire 42 %, gaz 14 %, hydraulique 1.8 %, charbon 4.4 %, autres renouvelables: 4.8 % (dont biomasse 4 %)

- La grande différence Monde- France tient à la place du nucléaire, qui en France a pris la place du charbon pour la production d'électricité et limité aussi l'appel au gaz.

³ Pour fixer les ordres de grandeur, en France la consommation moyenne d'une voiture appelle à la source environ 1 tonne de pétrole par an, le chauffage au fuel d'une petite maison moyennement isolée appelle 2 tonnes de fuel, soit au total 3 tonnes pour les besoins pétrole direct d'un ménage type. Ceci donne 1.5 tonnes, pour le seul fuel, par personne en retenant 2 personnes par ménage.

⁴ La faible part de l'hydroélectricité, tient en grande partie aux règles adoptées par l'Observatoire de l'Energie français en concordance avec certaines conventions internationales pour la correspondance MWh électrique et tep. Ces règles donnent pour l'hydraulique (comme pour l'éolien, le photovoltaïque, mais non pour la géothermie) 1 MWhe = 0.086 tep. Une ancienne convention donnait une seule équivalence de 1 TWhe = 0.222 Mtep, à la production indépendamment de la source. Selon cette règle la part de l'hydraulique serait 3 fois plus importante ! Cette ancienne convention était plus représentative de la notion d'équivalent pétrole et donnait une image plus proche de la réalité : combien faudrait il brûler de pétrole pour produire la même quantité d'électricité. Ce changement de comptabilisation est regrettable et source de confusion.

- Une partie de la production d'électricité étant exportée (le bilan export - import donne un surplus d'environ 60 TWh) la production pour besoins est un peu plus faible et donne en besoins production : pour chaque français 4.3 tep par an (1.5 t en pétrole, 0.65 tep en gaz, 1.7 tep en nucléaire, 0.2 tep en charbon, 0.08 tep en hydraulique, 0.18 tep en biomasse, 0.06 tep pour les autres renouvelables).
- La consommation globale France se répartit comme suit : Habitation 26 %, Tertiaire 15%, Alimentation 11%, Industrie 24 %, Transports 25% (dont 9 pour les marchandises)

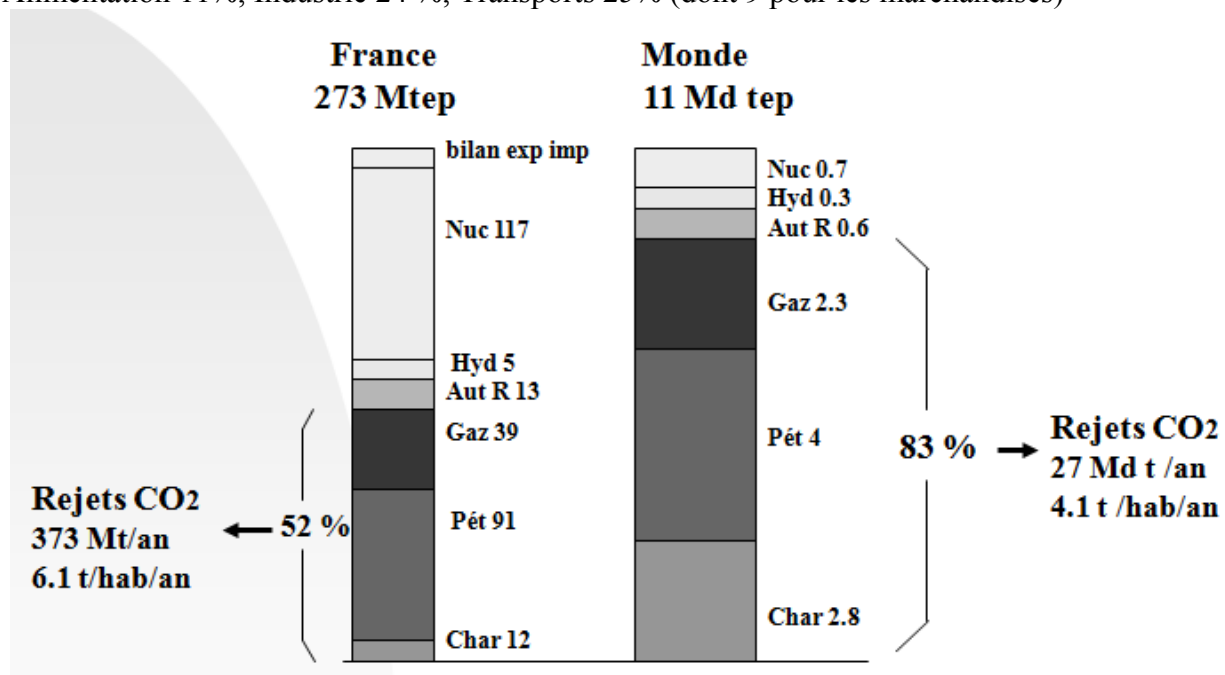


Schéma 1: production énergétique en 2005

Notre approche : première vision sur le siècle

Nous avons vu que certaines prévisions annonçaient des besoins énergétiques multipliés par 2 à 4 au cours de ce siècle, peut on y répondre ? Fixons déjà le facteur moyen de 3.

Sur le schéma 2 ci-dessous, la courbe haute partant de 10 Gtep vers l'an 2000, aboutissant à 30 Gtep en 2100, fixe l'objectif. Regardons comment y parvenir, déjà sur la base de l'évolution des principales sources actuelles, que constituent les combustibles fossiles, puis nous verrons les apports possibles par d'autres sources.

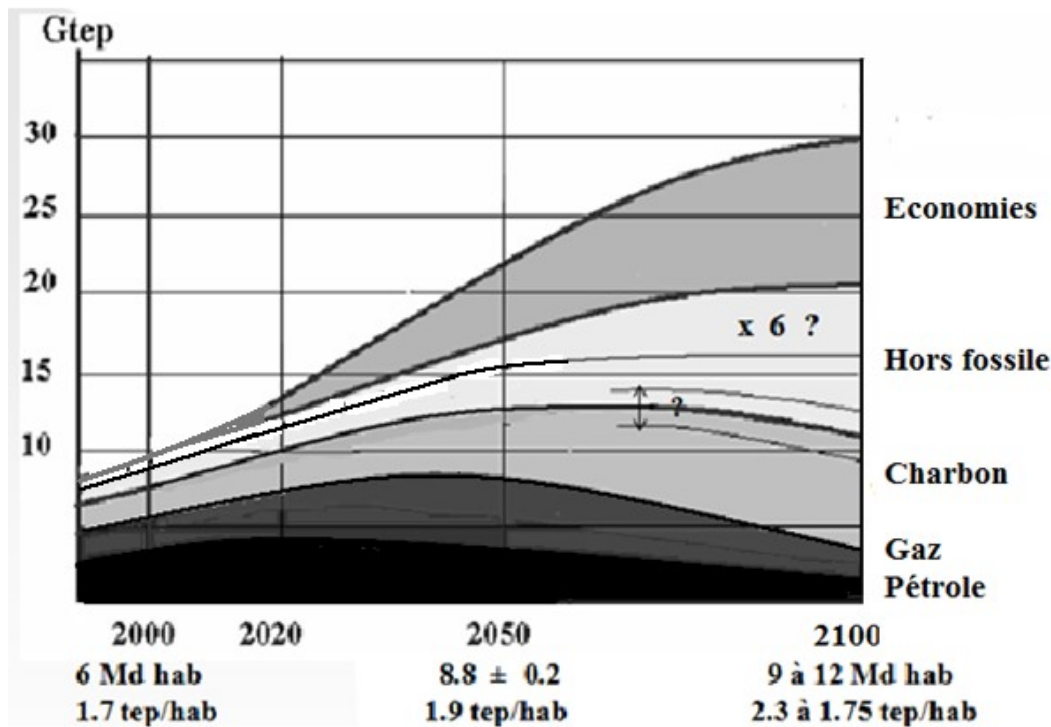


Schéma 2 : première vision sur le siècle

Les combustibles fossiles

Pour les combustibles fossiles, nous retenons :

- calage du « peak oil » vers 2025, puis décroissance lente
- forte montée du gaz, puis calage du « peak gaz » vers 2040, suivi d'une décroissance lente
- très forte montée du charbon en notant que le début de pénurie au vu des réserves n'est pas pour ce siècle
- globalement, en dépit de la forte baisse de l'ensemble pétrole et gaz à la fin du siècle, les fossiles peuvent produire, du fait du charbon, plus qu'au début du siècle (l'incertitude est grande, comme essaie de l'indiquer le point d'interrogation de la figure, qui ne se veut que qualitatif)

Mais cet accroissement possible des fossiles n'est pas suffisant et est loin de répondre à tous les besoins. Il faut donc d'autres moyens d'actions et en premier que les sources qui ne représentent que 17 % à ce jour (renouvelables et nucléaire) fassent beaucoup plus en relatif et en absolu.

Sources non émettrices de CO₂

Ces sources sont multiples, mais à ce jour leur part dans le paysage énergétique est limité (17 % au niveau mondial, 50 % pour la France)

On peut distinguer 3 familles : les renouvelables actuelles classiques (hydraulique, bois de feu), les NER (Nouvelles Energies Renouvelables) à classer en NER chaleur et en NER électricité et enfin le nucléaire

- L'hydraulique ne représente au niveau mondial à ce jour que 3 % de la production énergétique, mais 18 % de la seule production d'électricité. Quand on voit l'importance que va prendre le vecteur électrique, dans le monde entier, cette part n'est pas négligeable et peut être fortement augmentée. Potentiellement la multiplication par un facteur 3 n'est pas exclue. Ce potentiel concerne peu l'Europe où comme en France pratiquement tout a déjà été fait.

- Le « bois de feu », première source utilisée par l'homme, est aussi l'énergie d'origine renouvelable la plus employée dans le monde. Si elle n'a rien de nouveau, des progrès considérables peuvent être apportés par des développements technologiques aussi bien dans l'exploitation des forêts en liaison avec le bois d'œuvre (modes de coupes, nouvelles espèces...) que dans les modes de chauffage. Le bois de feu peut donc fortement se développer, sans accroissement des surfaces aussi bien sous la

forme chaleur directe, que pour la production d'électricité dans des installations de cogénération chaleur et électricité. Au moins un doublement, voire un triplement de l'apport énergétique est possible. Il faudrait bien sur qu'au niveau mondial la déforestation (sauvage ou organisée par certains gouvernements) cesse.

- Parmi les NER chaleur

- le solaire thermique, bien que ce soit l'une des formes les plus simples de production d'énergie est très peu développé. Il n'est pas exclu de fournir par cette voie une partie significative des besoins en confort thermique, pour la production d'eau chaude sanitaire (de 60 à 80%) ou le chauffage (plus limité, car c'est en hiver qu'il y a des besoins et moins de soleil)

- la géothermie peut un peu se développer sous la forme directe d'exploitation des aquifères, plus ou moins profonds (exemple entre 1800 et 200 m) et beaucoup se développer, via les pompes à chaleur (PAC) soit en liaison avec la nappe phréatique, soit avec des sondes en puits verticaux soit en échanges de surface (on parle plutôt de géo-solaire) L'association pompe à chaleur- électricité permet une valorisation énergétique d'un facteur 3 à 4.

A ceci on peut ajouter les PAC aérothermiques, moins efficaces, mais qui peuvent être d'un apport significatif et aisément mis en place sur l'existant.

Parmi les NER électricité

- l'éolien est en plein développement, grâce à des politiques d'aides basées sur l'obligation de rachats par les producteurs d'électricité. En dehors de l'aspect coût, le point le plus important qui limitera l'éolien est associé à son caractère intermittent. En production d'électricité, il faut prévoir des moyens de substitution (pour les jours sans ou avec peu ou avec trop, de vent) De façon simplifiée, il faut disposer d'une autre source d'appoint, souple, contrôlable qui produira dès que l'éolien sera arrêté ou à faible puissance (les 2/3 du temps). Ainsi si la base de l'électricité est produite par des combustibles fossiles, on peut considérer que la limite de l'apport de l'éolien sera 25 % de l'énergie électrique. Ce pourcentage doit être fortement revu à la baisse si la base de la production d'électricité est le nucléaire.

- le photovoltaïque, en dépit des progrès continus et attendus dans les capteurs, devrait encore, rester très cher avec l'inconvénient associé au caractère intermittent déjà cité pour l'éolien. Si les variations de puissance produites sont moins brusques que celles de l'éolien et plus prévisibles, il faut noter que cette intermittence est accentuée car c'est en hiver où on trouve les besoins maximums, que le soleil est le plus rare. Néanmoins le photovoltaïque devait se développer, avec des stockages batteries, dans des niches complémentaires pour les pays développés (sites isolés montagne, îles) et dans le cadre général du développement de certaines zones des pays pauvres (dits aussi du Sud) pour assurer la fourniture d'électricité à des sites loin de réseau.

- Nucléaire

- Au début des années 70, des études alarmistes (dont celles du Club de Rome) prévoyaient une pénurie rapide des énergies fossiles. Ceci fût amplifié par les chocs pétroliers.

Un avenir prometteur s'ouvrait au nucléaire.

L'euphorie fût de courte durée, il y eut les accidents de TMI (Three Mile Island) en 1979, sans aucune victime, ni conséquence sur l'environnement, mais un film célèbre « le syndrome chinois » qui eut un grand impact et surtout Tchernobyl en 1986.

- Une campagne d'opposition, basée sur les risques d'accidents, de prolifération et plus récemment sur les déchets, réussit à bloquer l'expansion.

- Le pétrole retrouvant des niveaux de prix très bas, la pénurie semblant écartée pour longtemps, de nombreux programmes furent arrêtés et certains pays décidèrent de sortir du nucléaire. Il faut noter qu'un seul pays l'Italie l'a réellement fait à l'époque et vingt ans, après se prépare à y revenir.

- La récente montée du prix du pétrole et dans la lignée celle du gaz (indexé) mais aussi du charbon, place de loin le nucléaire comme source la moins chère pour la production d'électricité.

- Mais l'argument fondamental qui ressort, en dehors de l'indépendance énergétique, est que le nucléaire ne rejette pas de CO₂, ce qui en fait un outil précieux de lutte contre le réchauffement climatique.

- La gestion des déchets étant réglée pour les plus volumineux (ceux de très faibles et faibles activités) les orientations prises de façon générale dans le monde pour le stockage profond des déchets de très fortes activités, semblent devoir répondre aux questions du public, sans pour autant enlever toute réticence pour cette énergie.

La reprise du nucléaire semble claire au niveau du monde entier, mais il reste surtout en Europe, des noyaux de résistance, son avenir sera essentiellement fonction de l'acceptation publique.

- Entre « sortir du nucléaire » et donc 0 nucléaire et des scénarios qui prévoient, jusqu'à 20 fois plus de nucléaire en 2100, toutes les possibilités sont ouvertes.

Premier bilan : perspectives globales sources non émettrices de CO₂

- Les renouvelables « classiques » produisent en 2005 environ 0.9 Gtep, une multiplication par 3 semble la limite et une production maximale de 2.5 Gtep peut être retenue.

- Les nouvelles énergies renouvelables pourraient approcher ce chiffre en thermique.

La part électricité dépend des choix faits par ailleurs du mode majoritaire de production d'électricité.

Elle peut être élevée si celle-ci est à base de combustibles fossiles et peut atteindre 2 Gtep. Par contre si la base est nucléaire, la pénétration du photo voltaïque est plus limitée.

Globalement les renouvelables pourraient produire entre 5 et 7 Gtep.

C'est un appoint considérable, mais ajouté aux sources fossiles, nous sommes loin des 30 Gtep.

Comme le montre le schéma 2 de l'évolution 21^e siècle, l'objectif 30 Gtep, n'est pas tenable.

Une double action s'impose : un fort accroissement du nucléaire et des économies d'énergies, s'écartant fortement des scénarios tendanciels.

Notre approche : une prévision Monde 2100

Le schéma 3 ci-dessous donne un remontage possible du paysage énergétique mondial en 2100, en rappelant la situation de départ en 2005.

- Il est important d'indiquer que le remontage final 2100 présenté, se rapproche des scénarios repérés C dits de sobriété. Ceci suppose de fortes économies d'énergie par rapport aux scénarios tendanciels, notamment celui sur lequel nous nous plaçons à ce jour. Ceci ne résulte pas d'une volonté affichée de préserver l'environnement, mais est imposé par les réalités techniques et financières. La préservation de l'environnement se retrouve dans la mise en œuvre de la séquestration de gaz carbonique, avec son coût associé et l'acceptabilité par le public.

Plus de nucléaire, pourrait réduire la part charbon et de la CSC.

- L'apport du pétrole et gaz pratiquement divisé par 2, est compensé par une forte hausse du charbon. L'ensemble des combustibles fossiles a augmenté de 20 %, mais ne représente plus que 52 % du total de la production énergétique. Nous sortons du tout fossiles. Ceci n'est compatible avec la diminution des rejets de gaz carbonique, que si la séquestration du gaz carbonique est appliquée au moins, pour les utilisations centralisée de charbon.

- Les renouvelables en valeur absolu, sont multipliés par plus de 6, cette croissance concerne les renouvelables actuels (hydraulique et bois de feu) mais surtout les NER.

- Le nucléaire permet de répondre à 20 % des besoins, c'est en absolu 6 fois plus qu'actuellement. Cette valeur pourrait être fortement augmentée, notamment pour réduire la part charbon.

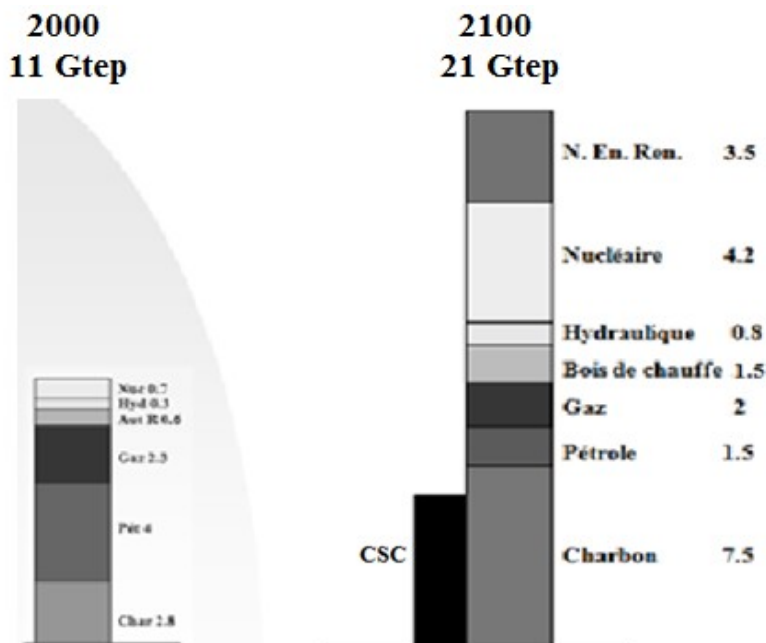


Schéma 3: prévision Monde 2100

Notre approche: une prévision France

- Le schéma 4 ci-dessous, en partant de la situation en début du siècle, montre en premier lieu ce que pourrait être l'évolution tendancielle. Il s'agit d'une approche dans la continuité, sans mise en œuvre de mesures spécifiques forcées qui seraient consécutives à une flambée des coûts du pétrole et du gaz, ou sans mise en œuvre de mesures volontaires pour limiter les rejets de CO₂. On constatera que pour répondre à des besoins croissants, toutes les sources dont les renouvelables produisent plus (seule exception l'hydraulique) mais l'essentiel de l'augmentation repose sur le gaz (presque multiplié par 3) Il faut noter que la récente augmentation du prix du gaz, comme la prise de conscience des risques associés à la dépendance de fourniture gaz, remet ce type de scénario fondamentalement en cause. Il faut donc s'écarter de ce scénario tendanciel et ceci est l'objectif du scénario Negatep.

- Il faut en premier lieu regarder les économies réalisables, acceptables par la population, sous l'aspect coût et sans bouleversement profond des modes de vie. Ces économies portent essentiellement sur le logement (neuf et ancien, en notant que c'est vers ce dernier que le plus gros effort est à faire) et sur les transports en favorisant les transports en commun et les véhicules sobres.

- Il faut ensuite se pencher sur le développement possible réaliste des renouvelables. L'hydraulique et le bois placent déjà la France en bonne position dans l'emploi des renouvelables par rapport aux autres pays européens et de fortes avancées sont possibles pour le bois et les NER : solaire thermique, géothermie, pompes à chaleur, les biocarburants (en utilisant une énergie externe non émettrice de CO₂, dans le cycle de fabrication) Par contre les apports de l'éolien et du solaire électricité, ne peuvent être que limités.

- Mais, économies d'énergie et renouvelables ne suffisent pas et pour limiter l'utilisation des fossiles, il faut aussi leur substituer l'électricité, en étendant les usages de celle-ci (transports, chauffage) avec comme condition impérative, que cette électricité soit produite sans augmenter les émissions de CO₂. Ce sera surtout le nucléaire qui sera l'élément déterminant dans cette approche avec une production augmentée de 25 %.

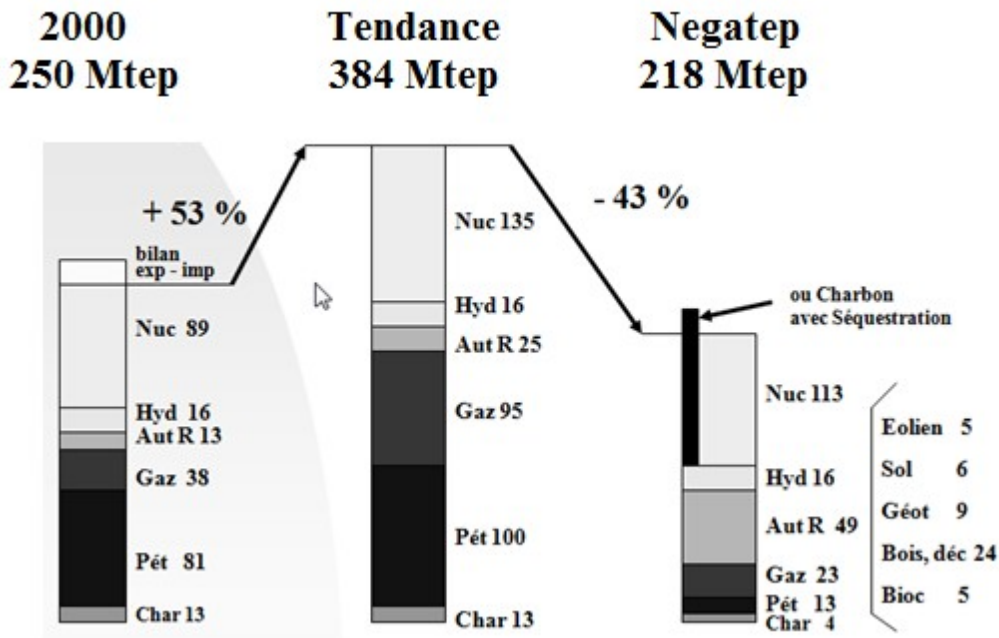


Schéma 4 : prévision France 2100

Conclusion

Du fait du charbon, nous sommes loin des pénuries en combustibles fossiles annoncées, ce qui n'exclut pas des difficultés, associées à une montée des coûts de l'énergie.

L'ère de l'énergie pas chère est passé.

Mais ceci ne suffira pas à éviter, si rien n'est fait pour s'écarter du tendanciel, d'amplifier le changement climatique en marche.

La limitation des rejets de gaz carbonique est essentielle. Elle repose sur 4 piliers :

- Économies d'énergie
- Renouvelables
- Nucléaire
- Séquestration du gaz carbonique

Il appartient à chaque pays, d'adapter compte tenu, de ses ressources, de son développement, de mettre l'accent sur l'un ou l'autre de ces piliers, mais de façon générale toutes ces mesures doivent être mises en avant.

Claude Acket
Nancy le 3 octobre 2008