n°44 - mai 2007

Pétrole et ressources énergétiques fossiles : les ressources types d'un développement non durable

Mots clés associés : climat et énergie | nature, milieux, ressources, biodiversité | activités minières et extractives | changement climatique | CO2 | croissance | energie fossile

Résumé

La croissance rapide de ces dernières décennies a été liée à l'accès privilégié à une ressource énergétique dotée de qualités exceptionnelles : le pétrole. Une génération aura accompli la performance d'exploiter la moitié des réserves accumulées en plusieurs centaines de millions d'années. Nous entrevoyons aujourd'hui la fin de cet âge d'or. D'autant qu'à "l'autre bout", nous sommes tout aussi "coincés". Nous
percevons les prémices du changement climatique induit par la croissance des émissions de gaz à effet de serre résultant de la combustion des énergies fossiles. Heureusement, de Rio à Kyoto, de lents progrès ont été faits dans la recherche de mécanismes vertueux. Mais on reste loin du compte !

Télécharger l'article en format pdf :

EDD44Varet

Mise en garde : Cette version imprimable fait référence à l'ancien plan de classement de l'encyclopédie.

La nouvelle classification de cet article est :

- 5.5- Déchets, pollutions et risques
- 7.1- Energies

Auteurs

Varet Jacques

Volcanologue, ancien chef du département géothermie du BRGM puis directeur du Service Géologique National et président de l'association des services géologiques européens (Eurogeosurveys), Jaques VARET a également présidé le conseil scientifique de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, a été le fondateur de l'Institut Français de l'Environnement et a présidé le CESMAT.
Il préside encore aujourd'hui le conseil scientifique du Parc National des Cévennes, conseille la société Electerre et enseigne la géothermie au Kenya.
Jaques Varet est Vice-président de 4D et Gérant de GEO2D (Ressources Géologiques pour le Développement Durable).

Texte

L'homme et la planète : retour aux sources, science et prise de conscience

L'apparition de l'homme se distingue de celle des espèces animales auxquelles il se rattache, par la maîtrise des outils. Après le silex et les obsidiennes, vint le tour des métaux. La métallurgie nécessitait la possession d'une énergie concentrée ; il fallut d'abord se contenter du charbon de bois. Puis, le charbon fossile fut reconnu comme combustible. Le bitume était utilisé pour imperméabiliser ou ses autres propriétés physiques et chimiques. L'exploitation des ressources énergétiques minérales correspond au développement de la société moderne : les premières productions industrielles se sont faites à Pechelbronn (Alsace) dès 1735 (création de la première société pétrolière dans le monde). 3,3 Mt de pétrole y ont été produites entre 1735 et 1904. Le premier forage y a été réalisé en 1813, et c'est là, qu'en 1927, Conrad Schlumberger a réalisé le premier log [1] électrique. Mais, pour les Américains, l'aventure commence en 1859 avec le forage du premier puits de pétrole par le colonel Edwin L.Drake. Et depuis, Schlumberger est devenu américain et a conservé sa position de leader pour les technologies pétrolières.

La "croissance" remarquable de nos sociétés "développées" au cours des derniers siècles s'explique en grande partie par cette maîtrise de sources d'énergie massives. Au point que la consommation pétrolière s'identifiait à la croissance. En fin de compte, elle est pour l'essentiel due à l'exploitation et au déstockage massif de ces ressources ! Une impression de richesse "poudre aux yeux", car produite par l'appropriation par quelques générations de substances minérales accumulées pendant des millions d'années de "travail" de la planète.

L'illusion est d'autant plus grande que les progrès technologiques repoussent régulièrement les limites des ressources ultimes. En effet, ces développements n'ont été rendus possibles que grâce au progrès des connaissances (découvertes naturalistes, maîtrise des concepts physiques, de la chimie, de la biologie, fondements mathématiques des sciences) et des technologies (géologie, géophysique, ingénierie de gisements, raffinage…). Le secteur pétrolier est parmi les plus innovants.

Si, dans un premier temps la connaissance, la science et la technique ont d'abord servi la croissance économique, elles ont aussi permis à l'homme de mieux appréhender les conséquences de ses choix : conséquences sociales de l'industrialisation, conséquences sanitaires de l'urbanisation et des risques

industriels, conséquences environnementales des rejets dans la biosphère, des déchets, et des pollutions. Les connaissances environnementales ont été plus tardives, parce que plus complexes et interdisciplinaires, et nécessitant des capacités d'évaluation globale rendues possibles par les outils technologiques récents (observation de la terre par satellite, bases de données complexes).

Mais, les déclarations, en leur temps prophétiques, de membres de la communauté scientifique (J. Ellul, R. Dumont, Th. Monod…), la prise en compte de la dimension long terme par le politique grâce à l'émergence de la science prospective ainsi que la montée au créneau d'associations (ONG comme WWF ou Greenpeace) ont permis de mieux appréhender la limitation des ressources et les risques technologiques et industriels induits.

D'où vient cette étrange myopie ?

Nous inquiétons-nous de l'épuisement des ressources de la planète ? Sommes-nous plus préoccupés par l'évolution du climat résultant des émissions de gaz de combustion (CO_2 principalement) ? Ou, plus prosaïquement du futur de nos chères automobiles ? Du bouleversement pressenti de nos vies quotidiennes ?

Quand on pense au pétrole, il faut bien préciser d'abord si l'on parle de la ressource, ou du carburant. En effet, on peut fabriquer bien autre chose que du carburant avec cette ressource minérale qu'on appelle le pétrole (comme des matières plastiques, des engrais ou des médicaments), tandis que l'on peut faire rouler des voitures avec des carburants divers, produits à partir, soit d'autres ressources fossiles variées, soit de la biomasse issue de l'agriculture ou la forêt, soit même avec de l'électricité.

Dans les lignes qui suivent, nous parlerons du pétrole comme de cette ressource énergétique fossile qui a été exploitée de plus en plus intensément ces dernières décennies, jusqu'à donner des inquiétudes pour demain quant à sa pérennité. Le pétrole présente en effet des qualités d'usage exceptionnelles. Comparé aux énergies renouvelables, par nature diffuses et souvent intermittentes, ou à l'énergie nucléaire, impliquant de grosses installations soumises à de fortes contraintes de sécurité, ou même au charbon ou au gaz naturel, le pétrole représente une énergie à la fois dense et liquide, et de ce fait, facile à transporter, à stocker, à manipuler, à utiliser. Dans le monde, le pétrole est largement utilisé non seulement comme carburant pour les transports (automobile, aérien, maritime…), mais aussi pour le chauffage, l'éclairage ou la production d'électricité, en plus des produits précités.

Le pétrole, le gaz et le charbon

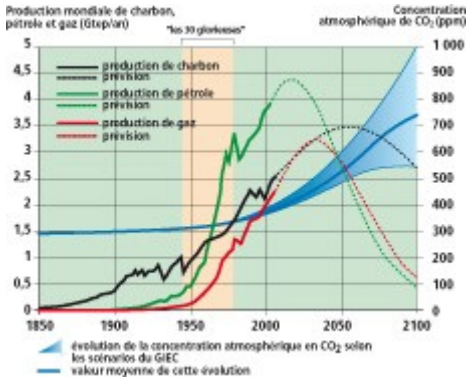
On dispose de trois types de ressources énergétiques :

- le pétrole ;
- le gaz ;
- le charbon.

Il en existe, en outre, quelques autres, moins propices à l'exploitation, comme les sables ou les calcaires asphaltites, les schistes bitumineux, ou les hydrates de carbone.
Un simple graphique (Fig.1) permet de constater que l'épuisement des ressources fossiles pèse d'un poids considérable dans les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.

Fig. 1 : *les cycles respectifs de production et d'épuisement des ressources minérales fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) comparés aux élévations des teneurs en CO_2 dans l'atmosphère*

induits par ces productions.

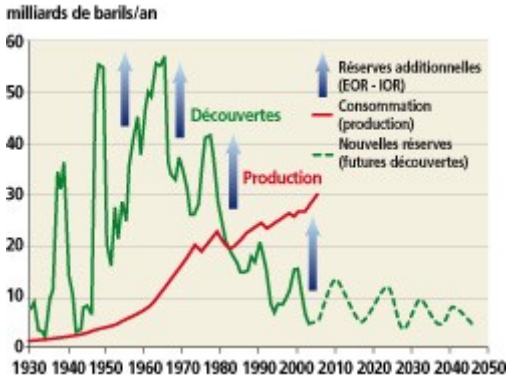


© J. Varet, 2004

Le charbon (avec d'autres ressources comme les sables asphaltites et les schistes bitumineux, plus abondants), laisse à l'humanité plus de marges de manœuvre et constitue, de ce fait, un enjeu essentiel. Ce n'est pas tant le pétrole qui constitue l'enjeu majeur en termes de croissance des émissions dans les prochaines décennies. C'est en fait le charbon.

Concernant le pétrole, une des ambiguïtés tient ici à la difficulté de prévoir l'étendue des réserves. Après la fausse alerte de 1973, on a pu se persuader que la limite ne tenait pas à la ressource elle-même. On pensait trouver toujours plus de pétrole tant qu'on prenait la peine d'en chercher. Les réserves augmentaient plus vite que la demande. Or, depuis plusieurs années, les volumes découverts sont inférieurs à ceux consommés [2]. La difficulté de l'évaluation tient à au moins quatre raisons qui concernent :

Fig. 2 : *Courbes comparées des productions et des réserves pétrolières : la différence est croissante entre la production pétrolière mondiale et les découvertes additionnelles.*

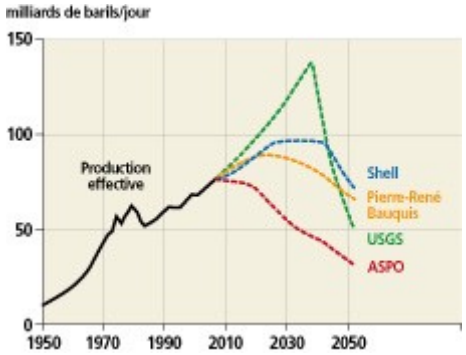


- la nature de la ressource elle-même ;
- les progrès technologiques (de la production ou du raffinage) ;
- les paramètres économiques et plus singulièrement les prix ;
- le manque de transparence du milieu et les incertitudes politiques.

La nature de la ressource est très variable, tant pour ce qui concerne les paramètres caractéristiques des gisements (difficulté de découverte et d'atteinte) que les paramètres propres au "brut". Il y a d'abord la question de la connaissance qui conduit à distinguer les ressources des réserves. Les ressources sont les quantités en place, alors que les réserves sont les fractions récupérables. On parle de réserves prouvées, de réserves probables et de réserves possibles selon le

niveau de connaissance. En fait, les questions de taille, de profondeur, de difficulté d'extraction tenant du gisement font que de nombreuses ressources se trouvent abandonnées ou au contraire exploitées selon les cours. Ainsi, certains bruts lourds (jusqu'à des calcaires ou des sables asphaltites) ne sont exploitables que lorsque les cours sont élevés.

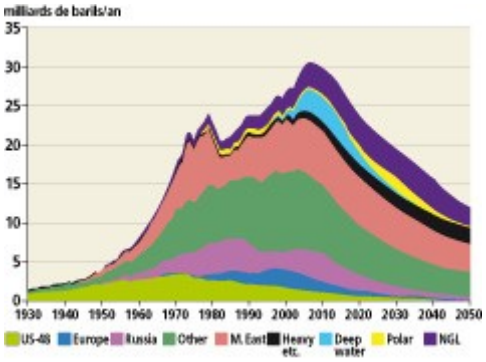
Fig. 3 : *Quatre scénarios de pic pétrolier.*



P-R. Bauquis a exercé des fonctions de responsabilité au sein du groupe Total pendant 30 ans.

Les progrès technologiques visent aussi, et bien souvent, réussissent, à bouleverser les vues concernant les ressources. À l'amont, on peut par exemple se tourner vers de nouveaux composés, comme les hydrates de méthane, difficiles à prospecter et encore inexploités. À l'aval, les technologies de forage, de géophysique ou de production assistée (notamment par injection de CO2, réduisant d'autant les émissions de gaz à effet de serre) permettent de découvrir et de mettre en exploitation de nouveaux gisements, d'améliorer le taux de récupération des réserves, ou encore de remettre en exploitation des gisements abandonnés. De nouvelles méthodes de raffinage permettent aussi d'augmenter la rentabilité de certains produits autrement écartés pour leur coût de production. Ainsi, à coûts croissants, avec des technologies plus performantes, on peut augmenter les réserves disponibles (voir Fig. 4).

Fig. 4 : *Le déplacement du pic du pétrole avec la mobilisation de nouvelles ressources. La mobilisation des ressources non conventionnelles permet de déplacer le pic de quelques années.*



d'après Aleklet & Capmpbell, 2003)

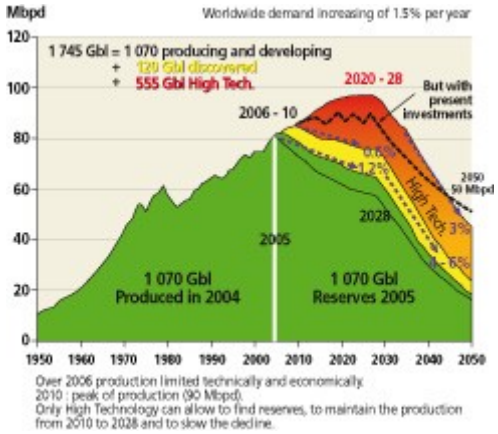
Les paramètres économiques, notamment les prix des énergies de référence, déterminent la rentabilité des gisements. Chaque fois qu'une nouvelle barre de prix est franchie, de nouveaux gisements s'offrent à l'exploitation. De ce fait, le "peak oil" se déplace dans le temps et s'amplifie en fonction de l'augmentation des cours. Au point que plusieurs économistes pétroliers remettent en cause la notion même de ce pic [3].

Enfin, le manque de transparence du milieu est un réel handicap. L'information est détenue par les

compagnies pétrolières, et le secret est de règle. Le scandale des réserves de Shell – qui se sont avérées notoirement surestimées en 2004 – et les doutes sur les réserves réelles de l'Arabie Saoudite, de l'Irak ou de la Russie ont ébranlé la confiance dans l'avenir radieux du pétrole. On manque dans ce domaine d'une connaissance publique, capable de fonder la décision politique, malgré la puissance du service géologique américain, l'USGS [4]
. On manque cruellement d'un équivalent européen. Ou encore d'un "GIEC" des ressources.

Logiquement, les entreprises concernées devraient investir, puisque les cours élevés créent des liquidités et rendent rentables des gisements jusque-là négligés. Certes, on note une reprise des dépenses en exploration, en production (+25% en 2005 et 2006 selon l'Institut français du pétrole – (IFP) et en raffinage. Mais, l'effort est-il suffisant compte tenu de la raréfaction des ressources et de la tension sur les marchés (Fig. 5) ? Il apparaît que les investissements en exploration - production sont loin de suivre la croissance du cash-flow exceptionnel des compagnies pétrolières. Ils atteignent, aujourd'hui, à peine la moitié de ceux réalisés dans les années 70, alors qu'un doublement serait nécessaire ! Le manque de réactivité du système n'est-il pas lié aussi à la tendance observée ces dernières années d'une concentration industrielle jamais vue auparavant ? Les entreprises de taille moyenne, y compris les entreprises nationales, peinent à exister lorsqu'elles n'ont pas été balayées au profit des quelques grands groupes de taille mondiale. Il en résulte que le système de concurrence interne du secteur s'en trouve considérablement atténué. Affairée dans une stratégie de croissance externe, l'industrie minière ne cède-t-elle pas en

Fig. 5 : *discussion du déplacement du pic de 2005 vers 2030 selon les investissements technologiques (IFP, 2006).*



Over 2006 production limited technically and economically.
2010 : peak of production (90 Mbpd).
Only High Technology can allow to find reserves, to maintain the production from 2010 to 2028 and to slow the decline.

outre à cette tendance de l'économie globalisée, fort développée ces dernières années : favoriser les placements dans la "bulle financière" plutôt que dans les investissements productifs ? Les compagnies pétrolières bénéficient tellement de la hausse des cours qu'elles préfèrent acheter leurs propres actions … et faire encore monter les cours…

Les difficultés sont réelles, car les zones "libres" sont réduites. Beaucoup de pays dans le tiers-monde préfèrent en effet confier le développement à leurs compagnies nationales.

Le problème tient aussi à la concentration des réserves dans des zones politiquement turbulentes : plus de 80% des zones se situent au Moyen-Orient, en Asie Centrale, en Amérique Latine (Bolivie, Venezuela…), et en Afrique (Tchad, Nigeria, Angola, Soudan, Mauritanie, Afrique du Nord). Toutes

ces zones sont politiquement instables, d'autant que l'argent du pétrole provoque des guerres civiles et des conflits de toutes natures. Ainsi, le développement durable passe par la responsabilité sociale et politique des entreprises et des gouvernements concernés.

Les investissements nécessaires vont-ils se faire dans les années à venir ? Rien ne permet d'assurer que la réponse soit positive. Le problème est bien posé par l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) qui fait le parallèle entre l'état des réserves et les investissements nécessaires. D'ici à 2030, les besoins d'investissements sont évalués à
16 MD$ – soit approximativement 10 fois le PIB de la France –, dont 3 pour le pétrole, 3 pour le gaz et 10 pour l'électricité. Qui va investir dans ces zones ? Les compagnies internationales exigent des rentabilités élevées à très court terme, et évitent les risques ; or, ils sont élevés dans ces pays. Les compagnies nationales se heurtent aux politiciens nationaux qui souhaitent l'argent du pétrole. Trouver des investissements à la fois intelligents, technologiquement adaptés et socialement valables, voilà un enjeu majeur pour les acteurs du développement durable !

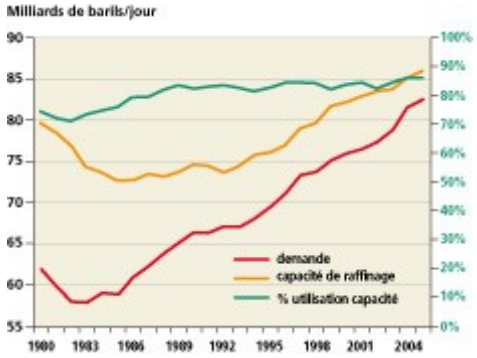
Un pic pourtant bien réel

La consommation d'or noir a progressé de 306% en Corée du Sud depuis 20 ans, de 192% en Chine, de 240% en Inde, de 88% au Brésil ; mais aussi, de 6% au Japon, de 12% au Canada et de 16% aux États-Unis. Même la France, pourtant championne de l'énergie nucléaire, n'a réussi à diminuer sa consommation que de 12% dans cette période.
Les ressources fossiles – comme le pétrole, le gaz ou le charbon – ne sont autres que des gisements de biomasse (terrestre pour le charbon et le lignite, marine pour le pétrole et le gaz) accumulés au cours des temps géologiques. Comme l'a montré Hubbert, face à une exploitation commerciale exponentielle, l'épuisement physique de tout gisement minier se traduit par une courbe "en cloche". Il avait prévu en 1956 que la production pétrolière des 48 états producteurs du sud des États-Unis culminerait en 1970, ce qui s'est avéré exact – Hubbert et d'autres auteurs ont montré, en 1998, dans un article du Scientific American intitulé : "The end of cheap oil" que la production pétrolière mondiale culminerait entre 2000 et 2010, tandis que l'USGS, en 2000, déplaçait cet horizon vers la période 2030-2040 en doublant le volume des ressources estimées (soulignant notamment les réserves de l'Irak et de l'Iran).

De la prise de conscience de ces questions, qu'en est-il en Europe ? Il semble qu'elles soient totalement sorties de l'agenda des politiques : il n'y a plus de politique française, et pas encore de politique européenne sur ces questions. En dehors de l'impact environnemental, le sujet échappe d'ailleurs aux compétences de l'Union. On sait pourtant leur rôle essentiel des prix pétroliers dans les échanges internationaux ; les changements de flux en cours ne sont pas sans incidence sur les grands équilibres de la planète.

Il est vrai que, depuis le "choc" de 1973 (qui a quand même duré une petite décennie), le secteur de l'énergie a traversé une période de "calme plat" qui a duré presque 20 ans.

Fig. 6 : *demande pétrolière et capacité de raffinage dans le monde (source IFP) : on constate que la demande se rapproche des capacités de raffinages (utilisées à 90 %).*



Malgré une croissance continue des quantités produites, les prix se sont maintenus à la baisse sur la longue période.v Tout pouvait laisser à penser à une croissance effective continue de ces productions, grâce aux progrès des découvertes scientifiques et des performances technologiques des exploitations.

Mais, on sait que la stratégie américaine en Irak n'était pas la lutte contre le terrorisme, mais d'asseoir une position au cœur de la zone où se concentre – comme l'avait montré l'USGS – l'essentiel des ressources pétrolières du monde. Concernant l'Europe, qu'il s'agisse du Moyen-Orient, de l'Europe Centrale ou de l'Afrique, une politique énergétique fait totalement défaut.

Depuis le début de l'ère industrielle, l'impact des émissions ne porte plus sur l'environnement immédiat seulement, mais sur les équilibres d'ensemble entre les milieux planétaires. En mettant en évidence de manière plus perceptible les conséquences climatiques des émissions liées à la combustion des fossiles, les scientifiques du GIEC prennent leur part dans l'élaboration des concepts philosophiques, et partant des choix politiques fondamentaux. On assiste à une accélération concomitante de l'histoire de la planète et de la pensée économique, scientifique, et écologique. Le domaine des ressources énergétiques et de l'impact de leur utilisation sur le climat fournit le premier cas concret d'application du concept de "développement durable" au niveau planétaire.

Plus que la limite du stock, le risque climatique nous convaincra-t-il ?

Curieusement, malgré le choc de 1973, ce n'est pas la question de la limitation de la ressource en énergie fossile qui a servi d'avertissement à l'humanité. La prise de conscience est venue de l'autre bout de la chaîne : l'accumulation des rejets de combustion (CO_2 notamment) dans l'atmosphère et leurs effets sur le climat.

En un siècle, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté de 50% et celles du CO_2 de plus de 30%. Certes, les émissions de gaz carbonique d'origine fossile constituent une faible part de l'ensemble du cycle du carbone, mais les "puits" naturels (biosphère, océans) ne peuvent résorber que la moitié des émissions actuelles. Le surplus s'accumule dans l'atmosphère et perturbe le climat. Depuis le début de l'ère industrielle, la température moyenne a augmenté de 0,6 °C et le niveau des mers s'est élevé de 10 à 20 cm. Mais, ce sont les phénomènes extrêmes induits qui sont le plus perceptibles : inondations, canicules, sécheresses, modification de la flore et de la faune, risques d'épidémies… Si les tendances actuelles se poursuivent, on devrait connaître – selon les scénarios que l'on choisit - une augmentation de 2 ° à 6 °C de la température moyenne, et une élévation de 9 à 88 cm du niveau de la mer en 2100.

Et, si nous ne faisons rien, nous nous situerons dans la fourchette haute et la situation va se dégrader de manière intolérable. Les simulations montrent que, pour une augmentation de température de 4 °C en moyenne, des augmentations de 12 °C peuvent être atteintes localement. En

outre, la durée de vie du gaz carbonique dans l'atmosphère étant d'une centaine d'années, les gaz produits aujourd'hui seront encore actifs dans un siècle et peut-être plus !

En 1988, la prise de conscience de ces problèmes a amené à une décision sans précédent : la création par les Nations Unies d'un Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ses 2 500 scientifiques, dûment mandatés, ont publié des rapports qui font autorité ; ils sont, hélas, de plus en plus alarmants. En 1992, à Rio, le Sommet de la Terre donne lieu à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CNUCC/ UNFCCC), signée par 166 pays. L'objectif ultime est de stabiliser les concentrations de CO2 dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. En 1997, est signé le Protocole de Kyoto : il vise à diviser par quatre les émissions d'ici à 2050. Le 16 février 2005, la signature de la Russie permet l'entrée en vigueur du protocole. L'accord prévoit dans un premier temps pour les pays développés une réduction de 5,2% en moyenne des émissions de CO2 d'ici 2012 par rapport au niveau de 1990. La Communauté européenne a voulu montrer l'exemple en plaçant la barre plus haut : elle s'est engagée à réduire globalement ses émissions de 8% par rapport à 1990.

Malgré cela, les scénarios énergétiques élaborés régulièrement par des organismes aussi divers que l'AIE, le Department of Energy (DOE) des États-Unis, la Commission européenne, le Conseil mondial de l'Énergie (CME) ou encore par des entreprises (comme Shell) s'accordent sur un point : à l'horizon 2020-2030, la demande en énergie va augmenter sur la planète et la part des énergies fossiles (gaz, pétrole et charbon) continuera à satisfaire plus de 80% de la demande, bien que les réserves pétrolières soient en voie d'épuisement et beaucoup plus coûteuses.

Comment dans ces conditions compter sur leur forte diminution dans le bilan énergétique global pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ? Il est impératif de limiter le réchauffement à 2 degrés au maximum. Plus ne serait vraisemblablement pas tolérable. Ce qui implique de faire des choix maintenant.

Des solutions sont possibles à une condition :

s'y engager dès aujourd'hui

Si des gisements se sont constitués au cours des dernières centaines de millions d'années de construction de l'écorce terrestre, c'est en quelques dizaines (pour le pétrole et le gaz) voire quelques centaines d'années (pour le charbon) que l'humanité, dite moderne, aura réussi à épuiser ces ressources. Voilà bien un exemple des plus didactiques d'un mode de développement non durable, d'autant plus que les conséquences en termes environnemental sont désormais bien connues.

De cette prise de conscience découle un combat nécessaire. En effet, nous sommes parvenus à un tournant. Qu'il s'agisse des effets des rejets atmosphériques de la combustion massive des hydrocarbures, ou de l'épuisement progressif de ces ressources fossiles, on constate que le modèle de "développement" qui nous a tant profité est totalement à revoir. Les décennies qui s'ouvrent sont celles du choix, et le mieux est de ne pas le faire trop tard. D'autant qu'il est complexe puisqu'il doit être global (il concerne la planète, et l'humanité entière) en même temps qu'il repose sur des décisions individuelles à tous les niveaux de la société :

- "à l'aval", la lenteur de la mise en œuvre des politiques climatiques, de réduction des

émissions de gaz à effet de serre, montre la difficulté – même lorsque l'on bénéficie de toutes les facilités pour le faire (les technologies et l'argent sont là) – de s'engager dans des mécanismes vertueux.

- "à l'amont", l'innovation technologique et les investissements de production permettent de repousser l'échéance du "pic", tandis que le mythe de la "dématérialisation de l'économie" nous fait croire à un développement moins intensif, alors qu'il repose d'abord sur un transfert de l'activité de production vers d'autres parties de la planète (l'Asie, la Chine) dans lesquelles les consommations explosent.

Coincés "des deux bouts", celui des ressources et celui des émissions, on dispose aujourd'hui de diverses options pour agir. Si, aucune n'est à elle seule suffisante, (le choix du meilleur assortiment varie selon les régions), un "mix" donnera à coup sûr la solution. C'est autant de "coins" qu'il faut enfiler dans le camembert de nos habitudes :

- maîtrise radicale des consommations ;
- énergies renouvelables ;
- nucléaire propre ;
- stockage géologique du CO2…

La lutte contre le réchauffement climatique nécessite une évolution des comportements aussi bien individuels que collectifs (urbanisme, aménagement du territoire, infrastructure des transports, logistique des entreprises, etc.).

Dans l'habitat, des appareils efficaces permettent d'économiser jusqu'à 50% d'énergie, la pose de vitrage isolant, l'isolation des murs ou de la toiture peuvent contribuer chacun pour 10 à 20%. Les émissions de carbone peuvent aussi être réduites dès la conception des produits. Par exemple pour l'emballage : en réduisant les épaisseurs des feuilles d'aluminium ou de papier, on diminue l'énergie nécessaire à leur fabrication. Mais le plus raisonnable est d'acheter des produits frais non emballés. Dans la construction, on peut remplacer le ciment et l'acier par du bois. [5]

Le transfert vers les énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique ou géothermie), qui ne produisent pas de gaz carbonique du tout, représente une solution, notamment pour tous les usages chaleur pour lesquels les énergies fossiles devraient être bannies.

Le stockage géologique du CO2 fournit une solution pour les systèmes centralisés de combustion du charbon ou des hydrocarbures.

On peut encore permettre aux pays du Sud de voir croître leur propre consommation d'énergie sans augmenter le volume des émissions annuelles. Cela passe par un objectif de réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre dans les pays occidentaux. Ce faisant, on laisserait un peu d'énergie fossile pour les générations futures, et pour ceux qui en ont vraiment besoin aujourd'hui.

Cet objectif de convergence vers une sobriété assumée est un réel challenge, tant technologique que social et politique, et devrait constituer une priorité majeure pour les hommes de notre siècle.

||

Notes

[1] Log électrique : outil de diagraphie électrique. La diagraphie consiste à collecter et à enregistrer toutes les informations géologiques de l'intérieur de la terre.

[2] On trouve de douze à quinze barils chaque année alors que la planète en consomme trente (source : le Centre américain de recherche sur l'énergie – (CERA).

[3] Ils font leur le dicton de Sheik Yamani : "L'âge de pierre ne s'est pas achevé, faute de pierre !"

[4] L'USGS qui dépend du ministère de l'intérieur a un budget de 1MD$ et un effectif de 10 000 employés.

[5] Le calcaire utilisé pour la fabrication du ciment contient du carbone renvoyé dans l'atmosphère pendant la combustion : la fabrication de l'acier utilise du charbon comme réducteur du minerai de fer.

Bibliographie

Pour en savoir plus

– *Pétrole : La panne sèche ?* Le Monde 2, octobre 2005.

– Le Monde, *Dossiers et documents,* novembre 2005.

– Didier Houssin, *Vers la fin du pétrole ?* Etudes, N° 4035, novembre 2005.

– Xavier Boy de la Tour, *Le pétrole. Au-delà du mythe*. Ed. Technip, 2004.

– Yves Cochet, *Pétrole apocalypse*. Ed. Fayard, 2005.

– Roy Lewvis, *Pourquoi j'ai mangé mon père.* Ed. Actes Sud, 1989.

– Théodore Monod, *Sortie de secours.* Ed. Seghers, 1991.

– Théodore Monod, *L'hippopotame et le philosophe.* Ed. Actes Sud, 1993.

– Théodore Monod, *Le Chercheur d'absolu*. Ed. Folio,1998.

– Jacques Labeyrie, *L'homme et le climat*. Sciences. Ed. Seuil, 1995.

– Jacques Ellul, *La technique et l'enjeu du siècle*. Ed. Paris Economica, 1990.

– Jacques Ellul, *Le bluff technologique*. Ed. Hachette, 1988.

Lire également dans l'encyclopédie

* Jacques Varet, *Ressources minérales : ressources énergétiques et autres* (N°43) Mai 2007.

* Benjamin Dessus, *Introduction à l'énergie* (N°24) Janvier 2007.

* Bernard Laponche, *Faits et chiffres : les consommations d'énergie dans le monde* (N°25) Janvier 2007.

* Michel Mousel, *L'effet de serre, c'est la vie* (N°26) Janvier 2007.