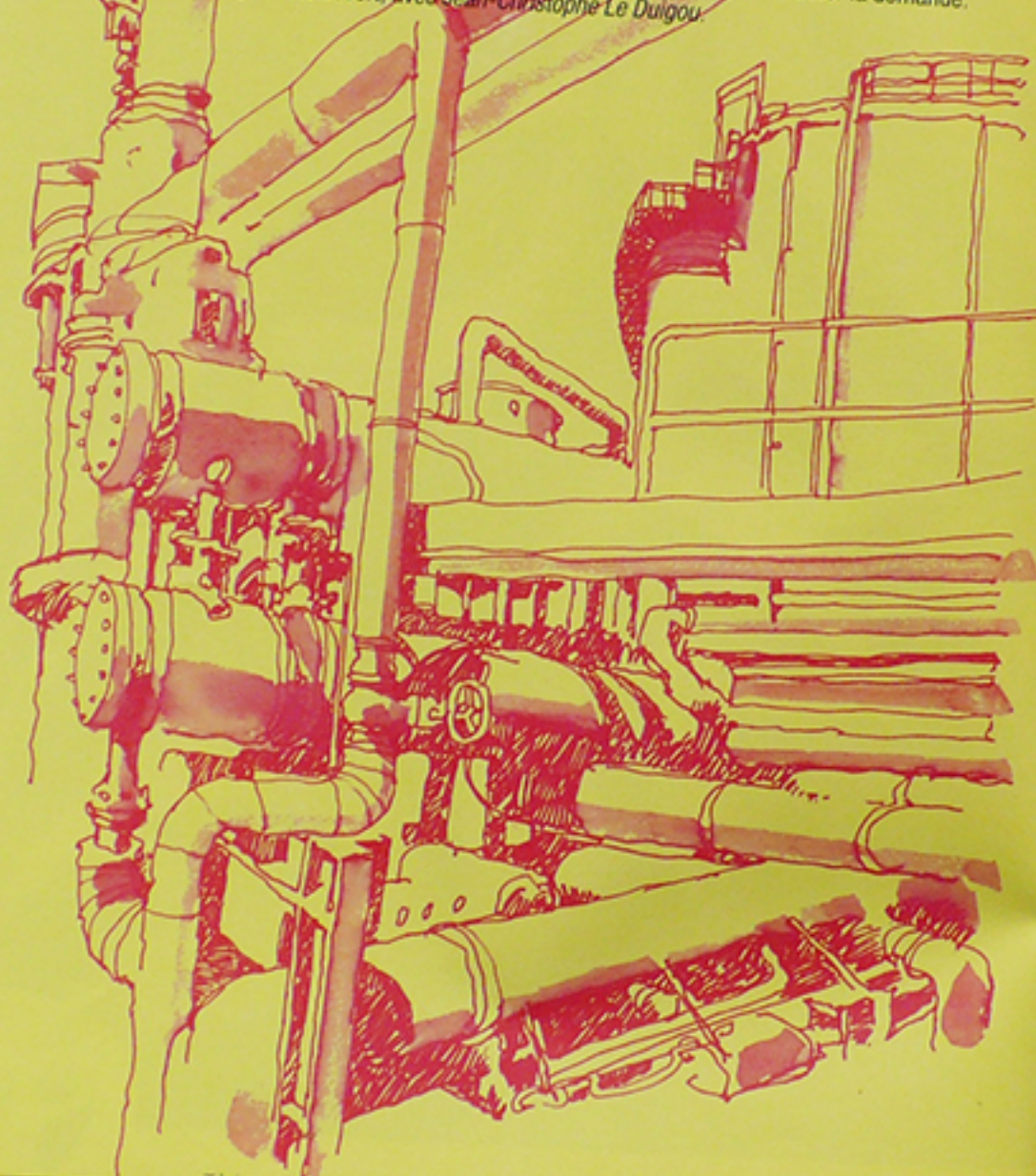


12// ANALYSE. L'énergie comment ça marche? 14// COMPRENDRE. L'énergie, petit état des lieux. Cartes et glossaire.
 19// DÉCRYPTAGE. Et le pétrole dans tout ça? 20// ENTRETIEN. Investir pour produire, avec Jean-Pierre Favennec.
 22// ENTRETIEN. Le pic se pointe-t-il? Avec Jean Laherrère. 24// ANALYSE. Pétrole, quand tu nous tiens.
 25// ANALYSE. Une EDF mondiale? Avec Albert Jacquard. 26// DÉCRYPTAGE. À quel prix... 27// DÉCRYPTAGE. Qui paye le coût? 29// DÉCRYPTAGE. Avec François. 30// ENTRETIEN. Être astucieux et sobre, avec Benjamin Dessus.
 32// ENTRETIEN. État et énergie, de la son dangereuse, avec Alain Beltran. 35// DÉCRYPTAGE. Grise mine ou pas?
 36// DÉCRYPTAGE. La fracture énergétique mondiale. 38// DOCUMENT. Un développement sans concurrence.
 40// GÉOPOLITIQUE. Tectonique du pétrole. 43// GÉOPOLITIQUE. La question du contrôle est cruciale, avec Gabriel Martinez.
 45// GÉOPOLITIQUE. Argentine, le désastre annoncé. 46// GÉOPOLITIQUE. Washington et l'essence du boliviarisme.
 48// ENTRETIEN. Le pétrole, question de service public, avec Michel Gogad. 51// ANALYSE. Maîtriser la demande.
 52// ENTRETIEN: La bataille de l'énergie reste ouvert, avec Jean-Christophe Le Duigou.



Thématiques - Publication de la mvo

Les mystères de l'oued

Que se cache-t-il derrière le mot énergie? On en revient d'abord aux principes élémentaires de la physique. Qui est producteur d'énergie et comment en produit-on? Et, à partir de là, tout se déroule. Comme nous l'explique le physicien Christian Ngô, « un autre aspect fondamental de l'énergie est la relation étroite avec la masse. La matière peut se transformer en énergie et réciproquement. L'énergie, c'est ce qui, a priori, permet à l'être humain d'exister (de manger, de se chauffer, de se vêtir, d'étudier, de construire, d'habiter, de faire progresser ses connaissances), de sortir de la condition animale. Qui contrôle l'énergie contrôle la puissance, mais avant d'en venir à des concepts de rapport de force, ou géopolitique, peut-être vaut-il mieux revenir aux sources: l'énergie, c'est quoi? et regarder ensemble où l'on en est. De quoi l'humanité, en ce début du XXI^e siècle, dispose-t-elle? Quelles sont les ressources en énergies fossiles? Comment se répartissent dans les sous-sols de la planète les réserves de pétrole, de gaz, d'uranium, de charbon? Combien de temps encore l'homme peut-il puiser dans cette manne que l'on disait et croyait inépuisable? Ne faut-il pas déjà passer à d'autres types d'énergie? Repenser le nucléaire? Utiliser au mieux les énergies renouvelables?

Et au cœur de cette problématique des énergies fossiles, nous trouvons le pétrole, dont le prix à un haut niveau restera pour long-

temps d'actualité. Et c'est ce que déclarait, déjà, Rodrigo Rato, alors nouveau directeur général du FMI au printemps 2004: « Une augmentation de 5 dollars du baril sur douze mois aurait un effet de trois dixièmes de point sur la croissance⁽¹⁾. » Or, le renchérissement du pétrole coûte d'abord – par-delà les difficultés des consommateurs dans les pays développés – aux pays en développement. En 2003, avant la flambée actuelle, l'Inde avait dépensé 15 milliards de dollars dans ses importations de pétrole (3% de son PIB). Notons qu'en 2004, les cinq principales compagnies pétrolières mondiales réalisaient 80 milliards de dollars de bénéfices, et ce alors que les pays de l'OPEP contrôlent 80% des réserves.

Les États-Unis qui, par ailleurs, ont une politique agressive de contrôle de la production et de la commercialisation pétrolières (et on ne peut pas faire abstraction du poids du lobby texan au cours des présidences Bush père et fils) sont moins touchés que d'autres, la production intérieure d'hydrocarbures couvrant 40% de la production. La guerre en Irak – qui n'est pas

menée, loin s'en faut, que pour des causes énergétiques – coûte beaucoup à l'industrie pétrolière de ce pays. Entre juin 2003 et mai 2005, trois cents actes de sabotage ont été commis contre les installations irakiennes, selon Ibrahim Bahr Al-Ouloum, le ministre irakien du pétrole, ce qui a conduit à un manque à gagner de 11,35 milliards de dollars et à un coût de réhabilitation estimé aux environs de cent milliards de dollars. Or, l'Irak est une clé dans le monde du pétrole, parce qu'il possède les deuxième réserves prouvées au monde, juste après l'Arabie Saoudite.

La Chine est d'ores et déjà le deuxième consommateur de pétrole après les États-Unis et elle devrait importer les deux tiers de ses besoins d'ici 2020, contre un tiers aujourd'hui, ce qui explique sa frénésie de rachat de compagnies pétrolières.

Selon l'Agence internationale de l'énergie, la demande de pétrole dans un quart de siècle sera de 115 millions de barils par jour contre 84 actuellement. Une même croissance d'environ 1,4% devrait concerner la demande en charbon. Une croissance plus importante encore devrait toucher la demande de gaz naturel. Quant aux énergies renouvelables, elles devraient croître plus rapidement encore mais leur part restera inférieure à 2%. Pour faire face à cette demande énergétique, l'investissement dans le secteur de l'éner-

gie devrait être de 17 000 milliards de dollars d'ici 2030. Certains imaginent par avance de futurs responsables d'une éventuelle pénurie: les pays du Moyen-Orient et du Maghreb qui n'investiraient pas assez dans le long terme. De là à décider des investissements et de la politique pétrolière à leur place, il n'y a qu'un pas.

On comprend mieux alors toutes les implications que cache la hausse du prix des matières premières et la nécessité pour les pays producteurs d'en garder la maîtrise.

N'est-il pas temps enfin de considérer la planète comme un tout dont tous les peuples sont coresponsables? Et de réfléchir à l'énergie en termes de besoins globaux. Cela nécessite évidemment une coopération plus poussée qu'elle ne l'est aujourd'hui. En clair, cette vision mondiale de peuples coresponsables s'oppose à la mondialisation dirigée par des multi-et des transnationales dont l'objectif premier n'est pas l'intérêt des peuples mais les profits financiers. Dans ce cadre-là, l'organisation des Nations unies pourrait jouer un rôle plus offensif.

Jacques Dimet

(1) Le Monde, vendredi 7 mai 2004.

La pointe du pic

La production de pétrole devrait commencer à baisser d'ici quelques années. Jean Laherrère fait le point sur un déclin annoncé.

Géologue, Jean Laherrère a travaillé trente-sept ans pour Total à divers postes de responsabilité. Membre de l'Association for Study of Peak Oil and Gas (ASPO) depuis sa création en 2000, il estime que le pic de production de pétrole pourrait s'établir entre 2006 et 2015.

Sur quel modèle vous fondez-vous pour déterminer ce pic de production en 2015?

Jean Laherrère. Mes données sont des données techniques, des données de géologue, qui a passé toute sa vie sur le ter-

N'a-t-on pas déjà trop souvent annoncé la « fin du pétrole » ? Colin Campbell, fondateur de l'ASPO, annonce le pic pour 2007 ?

Jean Laherrère. Il faut, à chaque fois, définir précisément ce dont on parle. Rares sont ceux qui le font et c'est la source de beaucoup d'ambiguïtés et d'interprétation, car le terme pétrole peut désigner soit le brut conventionnel, soit tous les liquides. Pour mémoire, quand, en 1956, King Hubbert a prédit un pic de production pour les États-Unis en 1970, tout le monde a ri. Mais quand le pic (l'atteinte du maximum de la production américaine) s'est produit en 1970, il a été pris au sérieux par les milieux informés. Dans les années 1970, on a annoncé un pic mondial pour 1990. Mais le calcul reposait sur une croissance exponentielle qui a été arrêtée par le choc pétrolier. C'est le déclin de la demande face à des prix élevés (80 dollars le baril, en dollars actuels) qui l'a repoussé. Quant à Colin Campbell, il prédit le pic pétrole plus liquides de gaz pour 2007, mais la date change si l'on ajoute les pétroles synthétiques produits à partir du charbon en Afrique du Sud et les biocarburants du Brésil, si l'on tient compte des gains de raffineries (1,9 Mb/j) ainsi que des pétroles extra-lourds du Canada et du Venezuela dont l'exploitation est particulièrement coûteuse.

Comment expliquez-vous la différence entre les données techniques et les données sur lesquelles vous vous appuyez dans votre modèle ?

Jean Laherrère. La plupart des données techniques et économiques. À de rares occasions, des données géologiques, techniques et financières de leur exploitation limitent leur intérêt. Les sables bitumineux du Canada sont un exemple. Ils sont connus depuis trois cents ans et font l'objet de production depuis plus de cinquante ans (100 000 barils/jour, aujourd'hui). Les investissements sont considérables, trois fois plus élevés que pour l'offshore production. Par ailleurs, il faut dix ans pour construire une usine à tourner avec plus de 10 000 personnes. Les projets canadiens sont actuellement freinés par le manque de main-d'œuvre, le manque d'énergie pour faire de la vapeur (ils ont besoin de construire une usine nucléaire) et le manque d'eau. Les projets les plus optimistes parlent de doubler la production en dix ans en la faisant passer de 1 à 2 Mb/j. Ce qui

rain. Mon modèle repose sur l'estimation de la production de pétrole, c'est-à-dire de la production d'un pays. Le fait de extrapoler la courbe d'écrémage (c'est-à-dire la courbe des réserves initiales (qu'elles soient prouvées ou probables) découvertes dans les différents pays) du monde en fonction du nombre de puits de production. Hubbert avait ainsi prédit le pic de production des États-Unis, sur son sol (à l'époque, alors partie), atteindrait un pic soit en 1970 (si elles montaient à 200 Gb) ou en 1970 si elles montaient à 150 Gb (milliards de barils). Une hypothèse que je juge peu réaliste. En fait, plutôt qu'un pic de production, on a un plateau de production pendant quelques années et des prix chaotiques et élevés. La demande et des prix chaotiques et élevés. La demande et des prix chaotiques et élevés. La demande et des prix chaotiques et élevés.

Ne pensez-vous pas que la solution se trouve dans l'accès aux réserves de pétrole non conventionnel ?

Jean Laherrère. Certains considèrent que les réserves de pétrole non conventionnel sont la panacée, mais les contraintes géologiques, techniques et financières de leur exploitation limitent leur intérêt. Les sables bitumineux du Canada sont un exemple. Ils sont connus depuis trois cents ans et font l'objet de production depuis plus de cinquante ans (100 000 barils/jour, aujourd'hui). Les investissements sont considérables, trois fois plus élevés que pour l'offshore production. Par ailleurs, il faut dix ans pour construire une usine à tourner avec plus de 10 000 personnes. Les projets canadiens sont actuellement freinés par le manque de main-d'œuvre, le manque d'énergie pour faire de la vapeur (ils ont besoin de construire une usine nucléaire) et le manque d'eau. Les projets les plus optimistes parlent de doubler la production en dix ans en la faisant passer de 1 à 2 Mb/j. Ce qui

ment 60 dollars. Cette augmentation va amputer la croissance économique. Elle sera toutefois plus limitée qu'elle ne l'aurait été il y a quelques années car nous consommons proportionnellement moins d'énergie et moins de pétrole qu'il y a vingt-cinq ans. En 1981, la France dépensait près de 6% de ses revenus pour acheter son énergie. Ce pourcentage a été réduit environ de moitié.

Par ailleurs, l'augmentation du prix des carburants est limitée par le matelas de taxes. En un an, alors que le prix du baril a augmenté de plus de moitié, le prix à la pompe n'a progressé que de 10 à 15%. Mais cette augmentation est douloureuse pour ceux qui ne peuvent se passer de leur véhicule, pour se rendre à leur travail par exemple. Elle peut être insupportable pour certaines catégories profession-

nelles qui paient leurs carburants avec des impôts et qui subissent donc de plein fouet la hausse du brut. L'effet de la hausse du prix du gaz et de l'électricité affectera également le particulier pour le prochain hiver et, en particulier les budgets des plus démunis.

(1) Aramco : Arabian American Oil Company, en 1970, d'où le nom de Saudi Aramco. (2) KPC : Kuwait Petroleum Corporation. (3) PDVSA : Petroleos de Venezuela S.A., la compagnie nationale de transport et de commercialisation de pétrole de la Nigeria National Petroleum Corporation.

onnées techniques sont confidentielles. Même en France, vous ne pouvez pas obtenir les chiffres de l'état des réserves alors que les gisements sont concédés par l'État français. Par ailleurs, 85% de la production et des réserves sont contrôlées par des compagnies nationales des pays producteurs, en particulier les membres de l'OPEP qui se bagarrent sur les quotas. Dans le petit univers fermé du pétrole, personne ne croit les chiffres officiels. Et tout le monde, sauf les organismes officiels qui sont obligés de prendre les chiffres annoncés par les pays producteurs, achète à prix d'or des données à des sociétés spécialisées. Ainsi, pour le volume transporté en mer, à Pétrologistics à Genève. Cette société des informateurs dans chaque port qui sont chargés d'estimer les quantités de pétrole transportées par voie maritime. Et pour les réserves, à IHS (anciennement Pétroconsultants à Genève) ou à Wood Mackenzie, en Grande-Bretagne. Il y a deux systèmes de données : les données politiques et les données confidentielles techniques. On ne dispose que les compagnies privées. Il y a deux sondes, non pas ceux des pessimistes et des optimistes, mais ceux des chiffres politiques et des chiffres techniques. En outre, les déclarations officielles sont essentiellement motivées par la politique du « tout va très bien madame la marquise » : la croissance va continuer au même rythme pendant trente ans à plus de 3%.

Le mot de déclin est politiquement incorrect. Ni les politiques ni les patrons n'ont intérêt à remettre en cause les chiffres officiels. Dans le domaine du pétrole, les seuls qui ont parlé du déclin, Franco Barnabé (1), le patron de la compagnie italienne ENI en 1998, et Mike Bowling (2), le patron d'Amoco, en 1999, ne l'ont fait que deux ou trois mois avant d'abandonner l'industrie pétrolière. Et quand John Browne, le patron de British Petroleum, a fait le jeu de mot « Beyond Petroleum » (3), ses actionnaires (notamment les fonds de pension américains) l'ont très mal pris. Il a essayé de faire marche arrière en parlant d'ajouter les énergies renouvelables aux activités de l'entreprise. On ne peut pas dire aux actionnaires : c'est le déclin bientôt. Aujourd'hui, ce qui compte, c'est le court terme. Engranger des bénéfices au détriment du lendemain.

représente... l'augmentation annuelle de la demande mondiale. Exxon dit même qu'il faut trouver 80 Mb/j de nouvelles productions pour faire face à la fois au déclin des productions actuelles et à l'augmentation prévue de la demande! Les huiles extra-lourdes du Venezuela posent le même type de problèmes. Sans compter la politique de Chavez. Il veut augmenter les recettes de son pays, ce qui va décourager les investisseurs. Restent les schistes bitumineux. Ils ont été exploités en France de 1837 à 1957 et abandonnés parce que non économiques, comme en Suède, en Espagne, en Allemagne, aux États-Unis et plus récemment en Australie. Le bilan énergétique est négatif. S'ils ont un potentiel énorme, c'est dans un futur indéterminé. Non. Dans la perspective de la dépletion, il faut changer de mode de vie. La société de consommation étant basée sur l'énergie bon marché, il va falloir payer désormais l'énergie à son vrai coût, c'est-à-dire le coût de l'énergie de substitution. Sinon, ce sont les générations futures qui paieront les pots cassés.

Entretien réalisé par V. B.

(1) « Cheap oil - enjoy it while it lasts », in *Forbes*, 15 juin 1998.

(2) « Last days of oil age have begun », communiqué de presse ARCO, 9 février 1999.

(3) Au-delà du pétrole.



À quel prix...

Quand le pétrole flirte avec les 70 dollars le baril et que des économistes, annoncent qu'il peut grimper à 380 dollars dans dix ans, il y a de quoi s'inquiéter.

Par Moncef Kaabi

Nous avons fait une projection à partir des nombreuses études sur les marchés pétroliers que nous réalisons depuis des années. Si aucun paramètre ne change, alors oui, le prix du pétrole va monter entre 250 et 380 dollars le baril⁽¹⁾. Tout simplement parce que la consommation augmente tellement vite que l'offre de pétrole ne sera bientôt plus suffisante, et ce dans un délai beaucoup plus proche de nous que ce qu'on pouvait penser jusque-là.

Aujourd'hui, à chaque fin d'année, on constate que la demande de pétrole atteint un chiffre proche du maximum des capacités de production. L'offre maximale de brut dans le monde se situe aujourd'hui (et compte tenu de la situation irakienne) selon les avis entre 86,8 et 87,8 millions de barils par jour (Mb/j). Pour notre étude, nous l'avons estimée à 87,3 Mb/j. Si la demande mondiale de pétrole brut dépasse ce volume, le prix explose. Ordinairement, c'est l'OPEP qui joue le rôle de régulateur. L'organisation n'a plus les capacités de production pour jouer ce rôle. Fin 2005, la demande devrait atteindre 86,5 Mb/j (contre 84,3 Mb/j fin 2004). On tend à se rapprocher sérieusement du point maximal de l'offre. Fin 2006, la demande devrait atteindre 87,7 Mb/j, c'est-à-dire passer au-dessus du maximum des capacités mondiales de production. Et ce ne sera pas dû à des problèmes conjoncturels, mais bien à des problèmes structurels. Les acteurs du marché ont bien compris ça. Et comme la marge de manœuvre est très restreinte, au moindre incident, le cours du pétrole monte.

C'est ce qui s'est produit. L'année 2004 a ainsi concentré en très peu de temps une grande quantité d'incidents d'ordinaire étalés sur une période plus longue: il y a eu l'affaire loukos en Russie, les troubles en Arabie Saoudite et au Nigeria, la situation politique au Venezuela, les grèves en Norvège ou le blocage de la production en Équateur (en période tendue, ses 0,4 Mb/j jouent aussi un rôle). Et quel que soit l'événement, les prix montent. Il y a également eu cyclones et ouragans qui ont arrêté la production dans le golfe du Mexique, des feux dans les raffineries. Pas plus d'événements que d'habitude, mais tous en même temps et dans un contexte tendu de demande trop importante. À cela il faut ajouter une production irakienne limitée. Pour l'Irak, la hausse possible en un an est de 2 Mb/j, pour ramener sa production totale au niveau d'avant, entre 3,5 et 4 Mb/j (ce qui porterait l'offre

Moncef Kaabi est directeur de recherche spécialisé sur les questions de matières premières et de pétrole et conseiller pétrole au Conseil économique et social.

mondiale à 89,3 Mb/j). Combien de temps faudra-t-il pour atteindre ce point? Il faut tenir compte aussi du problème de suffisance des capacités de raffinage dans le monde, en particulier aux États-Unis (qui consomment plus de la moitié de la production mondiale avec 20 Mb/j). Ce problème fait monter les prix du raffiné et donc ceux du brut. Voilà la situation pour les court-termistes.

Total collapse

Sur le long terme, elle n'est guère meilleure. L'équilibre entre offre et demande est précaire et se régule mal. La croissance mondiale est forte et la demande ne cesse d'augmenter. En Chine, la demande est en forte croissance. Jusqu'à présent, la Chine était autosuffisante. Mais elle n'est plus. Dans quinze à vingt ans, la consommation chinoise rejoindra celle des États-Unis. Deuxièmement, le prix du pétrole a été relativement stable de 1980 à 1996, alors que pendant cette période l'économie mondiale a connu des soubresauts. Cela ne signifie pas que la hausse actuelle du prix du pétrole n'est pas due à la principale cause de l'instabilité de l'économie mondiale. Cela est surtout vrai en ce qui concerne la zone euro, connaît depuis le milieu des années 1980 une période de faiblesse de l'activité économique et de l'emploi. La hausse récente du prix du pétrole n'est donc pas à l'origine de nos difficultés, même si elle rend la situation plus difficile, surtout pour les salariés, les chômeurs et les retraités.

La seule solution est de développer des alternatives, de réduire la consommation de pétrole. La seule lutte contre l'effet de serre est de réduire la consommation de pétrole. Pour le moment, il n'y a guère d'alternatives sérieuses. Les énergies renouvelables, ni même l'investissement pour améliorer la production dans les pays producteurs. Quand on investit énormément, il faut attendre des résultats avant d'obtenir des résultats. La réduction de la consommation de pétrole et la réduction d'émission de CO₂.

(1) « Le prix du pétrole dans 10 ans: 300 \$ », 18 avril 2005, publication du service de la recherche.

Qui paye le coût ?

Qui gagne à l'augmentation du prix du pétrole? Ce sont les monarchies pétrolières, les spéculateurs et les compagnies pétrolières.

Par Nasser Mansouri-Guilani *

Le prix du pétrole brut augmente depuis 1999. Sur les trois premiers trimestres de l'année 2005, le prix du Brent de la mer du Nord, qui est une qualité de référence pour l'Europe, est passé de 38 dollars en janvier à 67 dollars en août.

Pour bien mesurer les enjeux, deux points méritent d'être soulignés d'emblée. Premièrement, en tenant compte des évolutions monétaires (autrement dit, exprimés en dollars 2004), le prix du pétrole est resté 40% en dessous du sommet atteint en 1980. Deuxièmement, le prix du pétrole a été relativement stable de 1986 jusqu'à la fin des années 1990, alors que pendant cette période l'économie mondiale a connu des soubresauts. Cela ne signifie pas que la hausse actuelle du prix du pétrole n'est pas due à la principale cause de l'instabilité de l'économie mondiale. Cela est surtout vrai en ce qui concerne la zone euro, connaît depuis le milieu des années 1980 une période de faiblesse de l'activité économique et de l'emploi.

La hausse récente du prix du pétrole n'est donc pas à l'origine de nos difficultés, même si elle rend la situation plus difficile, surtout pour les salariés, les chômeurs et les retraités. La hausse récente du prix du pétrole s'explique par trois facteurs: géopolitiques, économiques, spéculatifs. Dans cette configuration, il y a trois types de gagnants: les monarchies pétrolières, les spéculateurs et enfin les compagnies pétrolières.

Le rôle des facteurs géopolitiques et économiques

Les médias insistent beaucoup sur la demande de pétrole, notamment en provenance de la Chine. Il est vrai que depuis une dizaine d'années, notamment en liaison avec la forte croissance des économies asiatiques, en particulier celles de Chine et d'Inde, il y a une demande mondiale plus importante pour les produits pétroliers. Cela vaut d'ailleurs pour l'ensemble des matières premières industrielles, comme l'acier par exemple. Il faut rappeler que la hausse de la



demande de pétrole a été aussi forte aux États-Unis, chose dont parlent peu les médias.

Mais la croissance de la demande n'est pas le seul facteur. L'insuffisance des capacités d'offre explique aussi en partie la hausse des prix. Cette insuffisance a des causes économiques et géopolitiques.

Les causes géopolitiques sont connues:

l'instabilité politique dans les principaux foyers d'extraction conduit à réduire les capacités d'offre. La stratégie hégémonique du gouvernement américain y contribue fortement. L'impérialisme américain a des visées de long terme, surtout compte tenu des perspectives démographiques mondiales: d'ici 2050, plus de la moitié de la population mondiale vivra en Chine, en Inde et dans les pays limitrophes; pour sa part, la population africaine va tripler...

S'agissant des facteurs économiques, qui ne sont pas sans lien avec ceux de nature géopolitique, on assiste effectivement à une insuffisance criante des investissements dans l'exploration et la mise en exploitation des gisements de pétrole au cours des années 1980 et 1990. Faute d'investissements, les capacités productives ne permettent pas de répondre à une demande en hausse. Le manque d'invest-

Les profits des grandes compagnies pétrolières au premier trimestre 2005

	Résultat net, en milliards de dollars	Progression par rapport au 1 ^{er} trimestre 2004
Total	4,21	+ 72%
Exxon-Mobil	7,86	+ 44%
Conoco-Philips	2,91	+ 80%
Chevron-Texaco	2,68	+ 5%

60// **ENTRETIEN.** Les temps changent, avec Gilles Ramstein. 64// **DÉCRYPTAGE.** Du changement dans l'air. 67// **DÉCRYPTAGE.** Un train vaut mieux que deux tu l'auras. 68// **DÉCRYPTAGE.** Voix syndicales. 71// **COMPRENDRE.** Cachez ce CO₂ que je ne saurais voir. 72// **DÉCRYPTAGE.** Du bio qui carbure. 77// **ENTRETIEN.** Sécurité alimentaire avec Jocelyne Hacquemand. 78// **VISIONS.** La ferme de la salubrité. 80// **ENTRETIEN.** D'abord nourrir les hommes, avec Xavier Compain. 81// **COMPRENDRE.** Hydrogène, le carburant d'un avenir lointain. 82// **DÉCRYPTAGE.** Comment fonctionne une centrale électronucléaire? 85// **DÉCRYPTAGE.** Le nucléaire, pourquoi? 86// **DÉCRYPTAGE.** Comment les radioactifs. 87// **DÉCRYPTAGE.** Sûreté, sécurité, conséquences. 90// **ENTRETIEN.** Le vrai danger: la bêtise humaine? avec Georges Charpak.



L'équation est-elle soluble ?

Le mariage de la carpe et du lapin? De prime abord, concilier énergie et développement durable relève de l'équation impossible. Même maintenue au rythme actuel, notre consommation énergétique n'est guère « durable » au-delà d'une cinquantaine d'années. Les réserves d'énergies fossiles s'épuisent. Le niveau des émissions de gaz à effet de serre conduit à un bouleversement climatique certain, dont les seules inconnues sont l'ampleur et le moment où le point de non-retour sera atteint. Comment satisfaire les besoins énergétiques actuels, sans hypothéquer l'avenir des dix milliards d'êtres humains qui peupleront la terre en 2100? C'est le plus grand défi que l'humanité ait jamais eu à relever.

Des réserves limitées. Au rythme actuel de croissance de la demande, la totalité des réserves mondiales prouvées en charbon, gaz et pétrole, estimée à 800 milliards de tonnes équivalent pétrole (Gtep) serait épuisée en 2050, et en 2100 la totalité des réserves prouvées et supposées, soit 4000 Gtep. Un tel scénario, on le voit, n'est pas durable bien longtemps.

Le réchauffement climatique. D'autant qu'au gaspillage des ressources s'ajoute un autre problème et non des moindres: l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant de la combustion des éléments carbonés (charbon, gaz, pétrole, soit

environ 85% de l'énergie consommée). Sur la base de la prolongation des tendances observées, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoyait un accroissement de 70% des rejets de GES dans l'atmosphère entre 1995 et 2020. À partir de ces paramètres, les spécialistes du climat tablent sur une élévation de la température moyenne de la planète de plusieurs degrés en un siècle. C'est aussi l'ordre de grandeur qui sépare une période géologique glaciaire d'une période chaude. Mais cette évolution ne se ferait pas en dix mille ans mais en cent ans. Un sacré choc climatique.

Des inégalités criantes. De plus, et ce n'est pas le moindre des paradoxes, l'exploitation intensive des réserves énergétiques ne profite pas à tout le monde. Deux milliards d'êtres humains n'ont toujours pas accès à l'énergie. Heureusement, serait-on tenté de dire égoïstement. Si les habitants des pays en développement rejetaient autant de GES que les Européens, ou plus encore que les Américains, peut-être aurions-nous déjà atteint le point de non-retour. Mais le rattrapage a commencé. Les deux tiers de l'accroissement de la demande énergétique d'ici 2020 selon l'AIE seront le fait de la Chine et des autres pays en développement. Et la planète n'a pas encore atteint sa maturité démographique estimée autour de dix milliards d'individus à l'horizon 2100.

L'échec du marché. Si les modèles de développement libéraux nous ont conduits au bord du gouffre, peut-être est-il encore temps de se préoccuper de la question énergétique autrement. L'énergie porte tout à la fois des questions économiques lourdes, d'indépendance et de sécurité des approvisionnements, de droit à l'énergie et à l'emploi pour tous, des garanties collectives, des conditions de travail, de santé, de formation professionnelle des salariés du secteur, et des enjeux environnementaux. Le marché n'est pas capable de répondre à ces besoins, encore moins à long terme.

La croissance autrement. Ces choix, qui concernent de fait chaque citoyen, chaque salarié, impliquent des régulations internationales fortes. Même si cela reste encore timide, le protocole de Kyoto (limitation des GES) constitue le premier acte d'une prise de conscience planétaire de la situation. Le défi posé à l'humanité n'est pas celui d'une croissance zéro ou d'une décroissance qui entérinerait les inégalités de développement et la misère pour un nombre toujours plus grand d'hommes et de femmes, mais d'un autre développement permettant de faire face à la croissance démographique de la planète et la poursuite d'un mode de croissance plus ou moins intensif dans les pays industrialisés. Pour être durable, la réponse à ces objectifs passe par la sobriété énergétique

du développement, c'est-à-dire par une forte réduction de l'intensité énergétique mondiale.

La gestion des risques. Les choix énergétiques se heurtent simultanément à quatre risques: le risque d'épuisement des réserves, le risque de réchauffement climatique, le risque nucléaire (accident, transport et gestion des déchets), le risque de concurrence des sols (alimentation ou production énergétique). C'est donc à l'aune de ces risques qu'ils doivent être appréciés. Une diversification des modes de production, l'utilisation des atouts nationaux, permettent de doser l'impact des choix énergétiques.

Agir sur la demande. Des efforts sont également nécessaires pour faire baisser la demande énergétique. C'est particulièrement vrai dans le domaine des transports, de l'urbanisme, mais aussi dans celui de l'organisation de la production (flux tendus, juste à temps ou éloignement des centres de production des marchés).

La situation nous impose de revisiter l'ensemble de nos modes de vies au crible de ces nouvelles contraintes, de consacrer des efforts sans précédent à la recherche. Concilier énergie et développement durable est sans doute le plus grand défi que l'humanité ait eu à relever sous une telle contrainte de temps. Saurons-nous le faire? Mieux vaut le croire et tout faire pour.

Jean-Philippe Martinez

particulière où il pleut davantage. La terre n'est pas uniforme et il existe des endroits où le réchauffement climatique produit davantage de précipitations. Une autre zone en danger est l'Antarctique de l'Ouest où il s'agit de « glace posée » extrêmement fragile. La fonte de cette zone de glace qui ne flotte pas pourrait encore augmenter le niveau marin de deux mètres. Enfin, si tout l'Antarctique fondait, le niveau marin augmenterait de soixante mètres. Tout cela pour bien faire comprendre à quel point la situation est grave et comme il y a urgence à agir.

Dans les pays riches, on esquisse déjà des solutions. Les Pays-Bas, par exemple, investissent dans la réalisation, le renforcement et la surélévation de digues. La catastrophe de la Louisiane, annoncée par plusieurs rapports scientifiques, a montré que l'inscurie des pouvoirs publics pouvait avoir de très graves conséquences. Jusqu'à un certain point évidemment, les Pays-Bas sont donc en mesure de se protéger de la montée du niveau des mers et de s'adapter à ce phénomène, sachant que la déstabilisation des calottes de glace est un processus lent. En revanche, les pays en voie de développement n'ont pas les moyens de cette adaptation. On sait bien que le Bangladesh, par exemple, ne peut investir dans la construction de digues et qu'à terme les populations devront partir. Par conséquent, il va y avoir des mouvements de population très importants. Autre exemple, les Maldives, où tout un écosystème extraordinaire va disparaître. Pire encore, des millions de pauvres gens pourraient devoir partir, quitter ces zones.

Si on ne fait rien, ce phénomène de remontée du niveau marin et de déplacement des populations vivant sur le littoral posera de sérieux problèmes dans quelques dizaines d'années, compte tenu du fait que près des deux tiers de la population mondiale vivent au niveau de la mer. Si ces scénarios sont tout à fait plausibles, en revanche, ce que l'on ne sait pas encore, c'est la vitesse à laquelle vont fondre les calottes. Les différents modèles avancent des prévisions variables.

Peut-on expliquer les récents ravages du cyclone Katrina à l'aune du réchauffement climatique ? Un tel drame peut-il servir la prise de conscience ?

Gilles Ramstein. En réalité, un autre problème vient s'ajouter à celui du réchauffement, celui de la variabilité climatique. Est-ce que les événements extrêmes, de type tempêtes, ouragans, cyclones tropicaux, sont des signes précurseurs du changement climatique comme certains scientifiques le prétendent ? C'est possible, mais actuellement, les spécialistes qui étudient comment, dans un contexte global de réchauffement climatique, vont évoluer les événements extrêmes (crises, sécheresses, ouragans) n'ont pas de conclusions définitives. Cependant, si le climat tropical s'étend aux plus hautes latitudes, plus de régions seront soumises aux cyclones tropicaux et donc aux maladies tropicales.

Dans un monde où le marché domine, si l'on parvient à démontrer que ne rien faire coûtera plus cher que d'investir ou que faire des économies d'énergie, on touche au nerf de la guerre de l'économie mondiale. Si une catastrophe peut



« Du fait de la montée du niveau des mers, on sait qu'il va y avoir des mouvements de population très importants. »

La notion d'impérisabilité des ressources - très bien expliquée par Albert Jacquard⁽¹⁾ - est une vue de l'esprit. De surcroît, l'idée selon laquelle, lorsqu'on en aura fini avec les ressources terrestres, on ira voir ailleurs, ne correspond à rien non plus. Et même si certains scientifiques parlent de « terratisation » d'autres planètes... C'est une idée de lou (rires...). Non, vraiment, il faut rendre notre planète habitable pour les générations futures, c'est-à-dire réfléchir à la façon dont nous allons préserver des ressources qui ont mis des millions et des millions d'années à se constituer naturellement.

Justement, comment amener les pays en voie de développement à prendre en compte les questions environnementales ? Ont-ils seulement les moyens de s'en préoccuper ?

Gilles Ramstein. Des pays gigantesques - l'Inde, la Chine - se développent à tous crins. L'extraction du charbon chinois, par exemple, s'effectue dans des conditions horribles, au prix de milliers de vies humaines chaque année. Quant à la pollution générée, c'est terrible. Que faire ? La Chine est dans un processus de développement et chaque Chinois a envie de se coucher plus riche qu'il ne l'était à son réveil. Je crois que c'est impossible à endiguer. On n'empêchera pas les Chinois ou les Indiens de se développer et, à la limite, de quel droit le ferait-on ? Non seulement leur développement est bien amorcé, mais en plus, le rapport de force ne va pas rester en notre faveur encore très longtemps. Ce n'est pas une question de conflit, entendons-nous bien, mais de dynamique des populations.

Du point de vue énergétique et dans les pays qui peuvent se le permettre, il faut multiplier les sources d'énergie, pousser les expérimentations de sorte à utiliser le moins possible les ressources fossiles. D'accord. Mais dans les pays en voie de développement, on ne réfléchit pas dans cette direction. Cela dit, je pense qu'on a le devoir de les aider à se développer au mieux en leur fournissant, par exemple, des infrastructures de transports en commun propres, à des prix avantageux.

Et le citoyen, que peut-il faire à sa petite échelle ?

Gilles Ramstein. Pour l'instant, je le répète, le traitement de ces questions relève surtout du champ politique. Je peux cependant vous dire ce que nous, chercheurs, nous pouvons faire. Nous élaborons des modèles, que nous vérifions, pour tenter de définir à quel moment la situation sera irréversible et, ainsi, donner l'alarme.

Du point de vue scientifique, on en est à un moment où nous avons des certitudes et élaborons des modèles que nous sommes capables d'étayer par l'étude du passé climatique de la terre. Tout cela nous sert à faire prendre conscience aux gens que l'utilisation des ressources telle qu'elle est conçue actuellement n'est pas viable. L'homme se comporte comme un pillard, il agit comme si la planète était si riche et si vaste qu'il peut y puiser indéfiniment.

(1) Le gaz carbonique (CO₂) est un gaz à effet de serre, au même titre que l'eau, par exemple. Il est présent sous forme de traces dans l'atmosphère.
(2) Composition de l'atmosphère : 21 % d'oxygène, 79 % d'azote, gaz.
(3) Gérard Mégie, *Ozone, l'équilibre rompu*, Presses du CNRS, 1989, et *Stratosphère et couche d'ozone*, Masson, 1991.
(4) Albert Jacquard, *Voici le temps du monde fini*, Seuil, 1991.

Du changement dans l'air

Le protocole de Kyoto prévoit que 38 pays développés aient réduit leurs rejets de gaz à effet de serre de 5,2% par rapport à leur niveau de 1990.

Par Marie-Claire Lamoure

Depuis son adoption à Kyoto, au Japon, en 1997, il aura fallu huit ans pour que le protocole entre enfin en vigueur. Une véritable course de fond.

Le texte constitue un prolongement essentiel de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCC), fruit des négociations engagées lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro, en 1992. Ratifiée par 188 pays et par la Communauté européenne, cette convention se fixe l'objectif de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau empêchant toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

Depuis, chaque année, les parties à la Convention tiennent une conférence pour mesurer les efforts réalisés et ceux qui doivent être encore. C'est cette conférence des parties, réunie à Berlin en 1996, qui posera le principe de la rédaction d'un protocole comportant des mesures concrètes de réduction des émissions à réaliser par les pays industrialisés après 2000. Il faudra encore deux ans pour parvenir au texte définitif qui sera finalement signé à Kyoto par cent quatre-vingts États. Dans une première étape, il fixe à trente-huit pays développés l'obligation de réduire de 5,2% leurs émissions de gaz à effet de serre dans la période 2008-2012. Avant la date butoir de 2008, ces pays – dits de l'Annexe 1 de la convention cadre – s'engagent à réaliser des progrès dans la réalisation de leurs objectifs

et d'en apporter les preuves. Des contraintes différenciées : le Japon et le Canada se sont, par exemple, engagés à réduire leurs émissions de 6%, l'Union européenne de 8%, tandis que la Russie vise à les stabiliser. Ce n'est pourtant qu'un pas minime : le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), composé de quelque mille personnalités scientifiques, estime en effet qu'il faudrait réduire les émissions de plus de 50% pour empêcher que la température augmente de plus de 2 °C d'ici à la fin du siècle.

Des mécanismes controversés

Pourtant, dès 2000, à la conférence de La Haye, des blocages se manifestent. Le protocole prévoit en effet des mécanismes controversés, en particulier l'instauration de quotas d'émissions échangeables entre pays industrialisés. Le groupe des 77, qui regroupe, aux côtés de la Chine et de l'Inde, un grand nombre de pays en développement, craint de compromettre leur décollage économique en s'astreignant à des instruments contraignants. Ces États estiment, en outre, qu'il appartient aux pays riches, au demeurant les premiers responsables du réchauffement climatique⁽¹⁾ par leurs émissions cumulées depuis deux siècles, de réaliser le gros des efforts puisqu'ils en ont les moyens financiers et disposent des technologies nécessaires. Mais les plus hostiles sont les États-Unis. Dès 2001, ils se retirent des négociations relatives au protocole, dont l'administration Bush estime qu'il dessert les intérêts américains

et risque de priver le pays de quelque cinq millions d'emplois. Il faut dire que les efforts auxquels auraient dû s'astreindre les États-Unis pour réduire de 7% leurs émissions, comme ils s'y étaient engagés initialement, auraient été très importants : en 2000, le volume des gaz à effet de serre (GES) émis dépassait déjà de 17% celui de 1990, alors qu'en Europe, il n'avait progressé que de 0,4%!

Reste que ces dissensions mettent en péril le protocole lui-même qui ne peut entrer en vigueur qu'à condition que 55% des États responsables d'au moins 55% des émissions le ratifient. Ce sera la Russie qui, en signant le protocole en novembre 2005, lui permettra de s'appliquer.

L'engagement européen

L'Europe s'y est de longue date préparée, malgré une certaine de la responsabilité patronale. En novembre 2002, l'Unice, homologue européen de Medef, estimait ainsi que « 0,5 point la perte annuelle de croissance imputable à la hausse des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2010. Au lieu d'être accusés, le dispositif d'émissions échangeables (voir encadré) que l'Union européenne a décidé de mettre en place en anticipation pour la période 2007. À ce terme, le dispositif européen s'intègre au dispositif international (pour la période 2008-2012).

Les mécafex kezako ?

Le protocole de Kyoto introduit trois dispositifs dont l'objectif est d'alléger le coût des engagements souscrits. Il s'agit des « mécanismes flexibles » ou « mécafex » :

- la « mise en œuvre conjointe » permet à deux pays développés signataires du protocole d'atteindre leurs objectifs de réduction des émissions à travers un investissement commun. Un groupe français qui décide par exemple de réaliser dans un pays d'Europe centrale et orientale (PECO) des investissements visant à améliorer l'efficacité énergétique d'une centrale électrique en substituant le gaz naturel au charbon pourra adapter en proportion son propre niveau d'émissions. Il pourra pour autant procéder dans ses propres installations à des améliorations – qui seraient a priori plus coûteuses – bien que tout aussi indispensables pour lutter contre l'effet de serre ;
- le « mécanisme de développement propre » permet à un État développé de financer dans un pays du Sud un investissement qui réduit les émissions (ou augmente les absorptions comme les « puits de carbone ») et d'adapter son propre niveau d'émissions en conséquence ;
- les quotas échangeables d'émissions de CO₂.



Du bio qui carbure

Les biocarburants sont alléchants et les agriculteurs ne veulent pas rater le train. Difficile cependant de connaître précisément la part d'énergie fossile qu'ils pourront remplacer avec l'évolution des technologies.

Par Yanne Boloh

Les biocarburants possèdent aujourd'hui un véritable statut de complément aux carburants pétroliers. Développés après les deux chocs pétroliers des années 1970, et malgré le succès d'un programme tels que Proalcool au Brésil, ils ne peuvent cependant pas se substituer à la totalité des carburants pétroliers. Sur 1,9 Gt⁽¹⁾ de carburants pétroliers utilisés par les transports dans le monde, ils ne représentent aujourd'hui que 20,6 Mt.

72

Utilisés en mélange sans modification des moteurs, ils présentent l'avantage d'utiliser les réseaux de distribution de carburants existants, contrairement à des carburants alternatifs comme le gaz de pétrole liquéfié (GPL) dont la distribution spécifique limite le développement. Ils peuvent aussi dans certains cas être utilisés purs, mais demandent alors une adaptation des moteurs voire des matériels de distribution (corrosion par l'éthanol pur par exemple). Il semble possible d'atteindre en France l'objectif fixé par la Commission européenne de 5,75 % d'énergie fournie par les biocarburants en 2010. La moyenne de l'Union est à 0,5 %, la France ayant gardé la tête jusqu'en 2001. Aujourd'hui l'Allemagne et l'Espagne la dépassent chacune sur une filière différente.

Les ressources en terre seraient disponibles au niveau hexagonal pour répondre à cette première étape européenne. Les plus optimistes pensent qu'en faisant appel à des biocarburants de seconde génération, produits à partir de ligno-cellulose (bois, pailles, autres déchets fibreux), la barre des 20 % de la consommation actuelle de carburants pourrait même être atteinte à l'horizon 2020⁽²⁾.

Les Français prêts à relever le défi 2010

Aujourd'hui, quatre produits agricoles produits en France fournissent des biocarburants. Le colza et le tournesol sont riches en huile. Celle-ci peut soit être utilisée pure ou en mélange pour les moteurs diesels, soit subir une estérification avec du méthanol pour aboutir à de l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV), aux caractéristiques équivalentes à celles du gazole. Les producteurs agricoles possèdent la quasi-totalité des sites de production en France via leurs organisations professionnelles. La filière a d'ailleurs déposé pour ce produit le nom de Diester[®].

Le blé, riche en amidon, et la betterave, riche en sucre, subissent quant à eux une fermentation qui aboutit à de l'éthanol. Le bioéthanol peut être utilisé en mélange avec de l'essence sans incidence sur le fonctionnement des moteurs jusqu'à une proportion de 15 %. S'il

est utilisé pur, il nécessite une adaptation des moteurs (système d'injection, réglages moteurs, compatibilité des plastiques et des joints, stratégie de démarrage à froid). Mais aujourd'hui en France, l'éthanol est utilisé principalement en étant coupé avec de l'isobutène, reliquat de l'activité des raffineries de pétrole pour la synthèse d'ETBE (éthyl tertio-butyl éther). Les pétroliers possèdent le monopole de ce produit, équivalent de l'essence, qui comporte 47 % de bioéthanol et 53 % de produits pétroliers.

Meilleur bilan énergétique, moins de gaz à effet de serre

L'intérêt des biocarburants passe par leur bilan énergétique et la réduction des gaz à effet de serre. Leur rendement énergétique est bien meilleur que celui des filières fossiles équivalentes. C'est ce qui ressort du rapport technique de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production des biocarburants, de novembre 2002, considéré comme le rapport de référence. L'analyse de l'ensemble des filières est affaire d'experts. En effet, le rendement moyen par hectare de culture est très variable d'une année sur l'autre et d'un site à l'autre, voire d'une variété de blé ou de colza à une autre variété de la même espèce végétale. La sélection de nouvelles

variétés encore mieux adaptées à cette production énergétique pourrait améliorer la productivité. Il faut donc laisser les chiffres en mains aux spécialistes pour donner une idée des tendances.

Le bilan énergétique, c'est la quantité d'énergie dégagée par un carburant, divisée par la quantité d'énergie nécessaire pour produire ce même carburant. Les données sont convergentes : le biocarburant présente un bilan énergétique plus favorable que le carburant fossile correspondant. Ainsi, l'huile brute végétale affiche un bilan énergétique d'environ 5 : elle produit cinq fois plus d'énergie qu'il n'en faut pour cultiver la plante, la récolter, extraire l'huile, la transformer et la transporter. Même ordre de grandeur pour l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV) avec un bilan de 3 (légèrement inférieur car la réaction d'estérification mobilise de l'énergie). Le gazole, lui, a une fiche qu'un petit 0,92. Cela veut dire qu'il faut plus d'énergie pour pomper, transformer et transporter le gazole qu'il n'en produit. Idem dans la comparaison entre bioéthanol (2,05) et ETBE (1,12) contre essence (0,87) même si les écarts sont moins marqués.

La tendance est la même en matière de dégagement de gaz à effet de serre, toujours en prenant tout le cycle de vie des produits (de leur origine à leur utilisation) passant par leur préparation trans-

formation) : le bénéfice va sans conteste aux biocarburants. Les carburants fossiles produisent beaucoup plus de gaz à effet de serre : l'essence dégage 3653 g équivalent CO₂/kg et le gazole 2384, quand l'éthanol de blé n'en émet que 922 et l'EMHV 888. La palme revient à l'huile de tournesol brute avec 498 g eq CO₂/kg, l'huile de colza étant assez proche avec 600.

Le pétrole cher favorise les biocarburants

L'évolution du prix des carburants encourage le développement des biocarburants. Ainsi, de juillet 2004 à juillet 2005, les carburants ont progressé en moyenne de 16 % avec néanmoins des hausses différenciées, l'essence super sans plomb augmentant de 10,9 % à 1,23 euro TTC le litre et le gazole de 20,8 % à 1,05 euro TTC en moyenne à la pompe⁽³⁾. La volonté est claire de rapprocher le prix de vente des deux carburants. Le pétrole étant moins coûteux à fabriquer, les mauvaises langues vont vite à dire que les raffineurs et leurs clients ont profité de la hausse rapide du gazole. Par ailleurs, ce carburant conserve, malgré les progrès effectués au niveau de sa fabrication comme dans l'amélioration des moteurs, une réputation de polluer plus. L'intérêt économique d'une augmentation des taxes rejoint ainsi les préoccupations écologiques. Malgré tout, deux contraintes subsistent qui semblent limiter le développement des biocarburants : leur coût de production et la quantité de terres disponibles pour des cultures énergétiques. Leur développement ne peut s'appuyer, au moins pour l'instant, que sur des aides, notamment des détaxations. Quand, ►►



73

Une vague d'énergie

Les océans et les mers s'étendent sur la majeure partie de la planète et recèlent un potentiel énergétique considérable. Selon le Conseil mondial de l'énergie, principale organisation multi-énergétique de la planète, la force des vagues suffirait à produire, à l'échelle mondiale, l'équivalent de 2 tonnes-watts (TW) d'électricité; ce qui correspond à près du sixième de la demande mondiale⁽¹⁾. Mais l'exploitation de cette ressource est loin d'être facile et les expériences peu nombreuses. L'énergie des vagues est par nature difficile à maîtriser: les trajectoires ne sont pas toujours les mêmes et l'intermittence du climat nécessite une technologie capable de résister à tous les temps.

Deux systèmes ont été développés néanmoins: les centrales flottantes, qui restent au stade de prototype, et les centrales fixes, que la Grande-Bretagne, le Portugal et la Norvège utilisent déjà. Ces pays bénéficient de mers souvent agitées; ils sont également suffisamment riches et détenteurs de technologies avancées pour amortir le coût de ces installations. Les marées constituent avec les vagues l'autre grande ressource maritime. L'énergie marémotrice fut développée dès le Moyen Âge: les moulins à grain étaient bâtis à l'entrée des estuaires pour récupérer et exploiter l'énergie du sac et du ressac des eaux. Bien que la capacité énergétique totale des marées soit estimée à 1000 gigawatts (GW), son exploitation reste de nos jours très limitée; même si le projet de l'usine marémotrice de La Rance, en France, prouve depuis trente ans son intérêt. Le développement des énergies marémotrices soulève toutefois des questions, similaires à celles que pose la construction des barrages hydroélectriques.

Les conséquences de tels ouvrages sur les écosystèmes, les économies et les populations ne doivent pas outrepasser leurs bienfaits: la production d'une énergie propre et la protection contre les crues ou les tempêtes.

Eve Scholtès

(1) Marek Walsiewicz, *Les Énergies renouvelables, un guide d'initiation sur les énergies du futur*, éd. DK, coll. Focus Sciences, 2003.

vous êtes
L'ÉNERGIE
de ce monde.
NOUS SOMMES
FIERS d'ÊTRE
La vôtre.



Le plus important dans l'énergie, c'est ce que vous en faites. Voilà pourquoi EDF est tous les jours à vos côtés pour vous fournir l'énergie qui correspond à vos besoins. C'est notre ambition. C'est le sens de notre nouvelle identité. edf.fr