

# Pétrole mon amour

Par Michel Gay<sup>1</sup>

le 07 mai 2014

**Annexe 1 : Données chiffrées.**

**Annexe 2 : Complément sur le pétrole.**

La séparation sera dure. Ce sera même un déchirement douloureux. Certes, nous ne voulons pas divorcer d'avec le pétrole mais c'est lui qui va nous quitter, disparaître.

**Et dans moins de 20 ans en France et en Europe.**

« Holà mon bon Monsieur, que dites-vous là ? En voilà un vilain Cassandre ! Pourquoi vouloir affoler « inutilement » la population alors qu'il y aura du pétrole à extraire pendant au moins 60 ans, et peut-être même 150 ans<sup>2</sup> ? »

Et c'est là qu'il y a une erreur de raisonnement.

En effet, la quantité de pétrole disponible sur le marché mondial sur lequel s'approvisionne la France et l'Europe représente environ la moitié de la production mondiale. L'autre moitié est consommée par les pays producteurs.

Autrement dit, **la moitié seulement du pétrole extrait dans le monde est disponible à l'achat sur le marché pour les pays qui n'ont pas de pétrole, comme la France.**

Cette situation provoque un "effet ciseau". **Une baisse de 20% de la production en 2035 conjuguée avec l'augmentation de la consommation interne des pays producteurs se traduira mécaniquement par une diminution de 50% de la part disponible pour les pays non producteurs, comme l'Europe par exemple.**

Les courbes de production et d'exportation nette mondiale de pétrole combinées avec le besoin d'approvisionnement de la Chine, de l'Inde, du Japon et des Etats-Unis **montrent... qu'il ne restera rien pour l'Europe.**

Il ne faut pas être grand devin pour prédire et, mieux encore, pour comprendre **qu'il y aura une pénurie sévère de pétrole en Europe dans moins de 20 ans.**

Il ne s'agit pas de vouloir se faire peur mais de regarder la réalité en face.

Il y a une relation étroite entre consommation d'énergie, notamment fossile, et activité économique. La diminution rapide de la disponibilité des combustibles fossiles pour la France et l'Europe dans moins de 20 ans donnera le tempo de la transition énergétique !

Nous vivons déjà un « choc pétrolier » mou. La mollesse de ce "choc énergétique" nous empêche d'en prendre la mesure. Il est en partie à l'origine du ralentissement de la croissance dans les pays développés.

---

<sup>1</sup> Ce texte modifié est directement inspiré par la conférence de Bernard Durand du 12 Décembre 2013 au Collège de France "Les combustibles fossiles, grands oubliés du Débat national sur la transition énergétique (DNTE)". Le texte de 30 pages avec de nombreux graphiques éclairants est disponible sur le lien suivant : [http://aspofrance.viabloga.com/files/BD\\_Fossiles\\_DNTE2013.pdf](http://aspofrance.viabloga.com/files/BD_Fossiles_DNTE2013.pdf)

Bernard Durand est ancien directeur de la Division Géologie-Géochimie de l'Institut français du pétrole et des énergies nouvelles (IFPEN), ancien directeur de l'Ecole nationale supérieure de géologie (ENSG), ancien président du Comité Scientifique de l'*European Association of Petroleum Geoscientists and Engineers* (EAGE).

<sup>2</sup> En novembre 2013, l'agence internationale de l'énergie (AIE) estimait les réserves totales **recupérables** restantes à 178 ans de production actuelle pour le pétrole, à 233 ans pour le gaz et à 30 siècles pour le charbon et les réserves **prouvées** à respectivement 54 ans, 61 ans et 142 ans sous réserves d'investissements.

Nous arrivons au pic mondial de production de pétrole (2020 ?), de gaz (2030 ?), et même au plafonnement de la production de charbon (2025-2030 ?).

Or, la production stagnante puis déclinante de pétrole et de gaz croisée avec les besoins énergétiques croissants des pays émergents et producteurs laisse prévoir une pénurie rapide par effet ciseau, dans moins de 20 ans, pour les pays qui dépendent presque exclusivement du marché mondial en pétrole.

«Gouverner c'est prévoir». Il paraît sage de prévoir pour la France une diminution prochaine des quantités de pétrole, puis de gaz, qu'elle pourra acheter sur le marché mondial. C'est une certitude dont seule la date est relativement incertaine mais très probablement avant 2035. Le "choc énergétique" risque d'être brutal si l'adaptation n'a pas débuté avant.

Eviter non seulement la récession et le rationnement, mais surtout le grippage de toute l'économie et le chaos social, suppose de trouver très rapidement des relais avec d'autres sources de production massive d'énergie. **L'énergie nucléaire est aujourd'hui, et probablement pour le siècle à venir, la meilleure solution de substitution pour produire en grande quantité l'électricité nécessaire pour succéder au moins partiellement au pétrole pour le transport, et au gaz pour le chauffage.**

Selon leurs possibilités techniques et nos moyens financiers, les énergies renouvelables, notamment l'hydraulique et le bois pour le chauffage, pourront aussi y contribuer mais cette contribution restera faible par nature.

Cela suppose une impulsion politique pour mettre en place les infrastructures et les modes de fonctionnement différents d'une société fondée sur l'électricité (voitures, transports, chauffage, réseaux d'alimentation, industries,...).

La première étape est de **se rendre compte** que, **pour l'Europe, le tarissement du pétrole sur le marché mondial va arriver dans moins de 20 ans.**

La deuxième étape est de **prendre rapidement des décisions** pour adapter notre économie, notre industrie, nos comportements à cette grave **pénurie inéluctable et prévue en remplaçant le pétrole, puis le gaz, par de l'électricité dont il faudra augmenter considérablement la production. Et cette production nouvelle sera essentiellement d'origine nucléaire,** notamment pour alimenter l'électromobilité et le chauffage.

**La tâche est immense. La cécité volontaire (?) de la plupart de nos élus et le dogmatisme idéologique antinucléaire du Ministère de l'écologie sont irresponsables et coupables. Ils sont aujourd'hui obnubilés par les énergies renouvelables, notamment les éoliennes et le photovoltaïque, si simples à « vendre » à leurs électeurs.**

**Ces deux dernières sources d'énergies renouvelables, si épouvantablement séduisantes de prime abord, constituent pourtant une impasse technique et financière au détriment de la véritable « transition énergétique ».**

**Le déclin de la disponibilité des combustibles fossiles en Europe dans moins de 20 ans nécessite leur remplacement par de l'électricité. Cette dernière ne peut être produite massivement que par l'énergie nucléaire. Soutenir le développement des réacteurs de génération III (EPR), puis des surgénérateurs de génération IV, dont la France a déjà 3000 ans de combustible uranium sur son sol, serait faire preuve d'une vision stratégique lucide et responsable pour l'avenir, l'économie, l'emploi ainsi que pour le bien des Français et des Européens.**

# Annexe 1

## Données chiffrées

### Consommation mondiale de combustibles fossiles

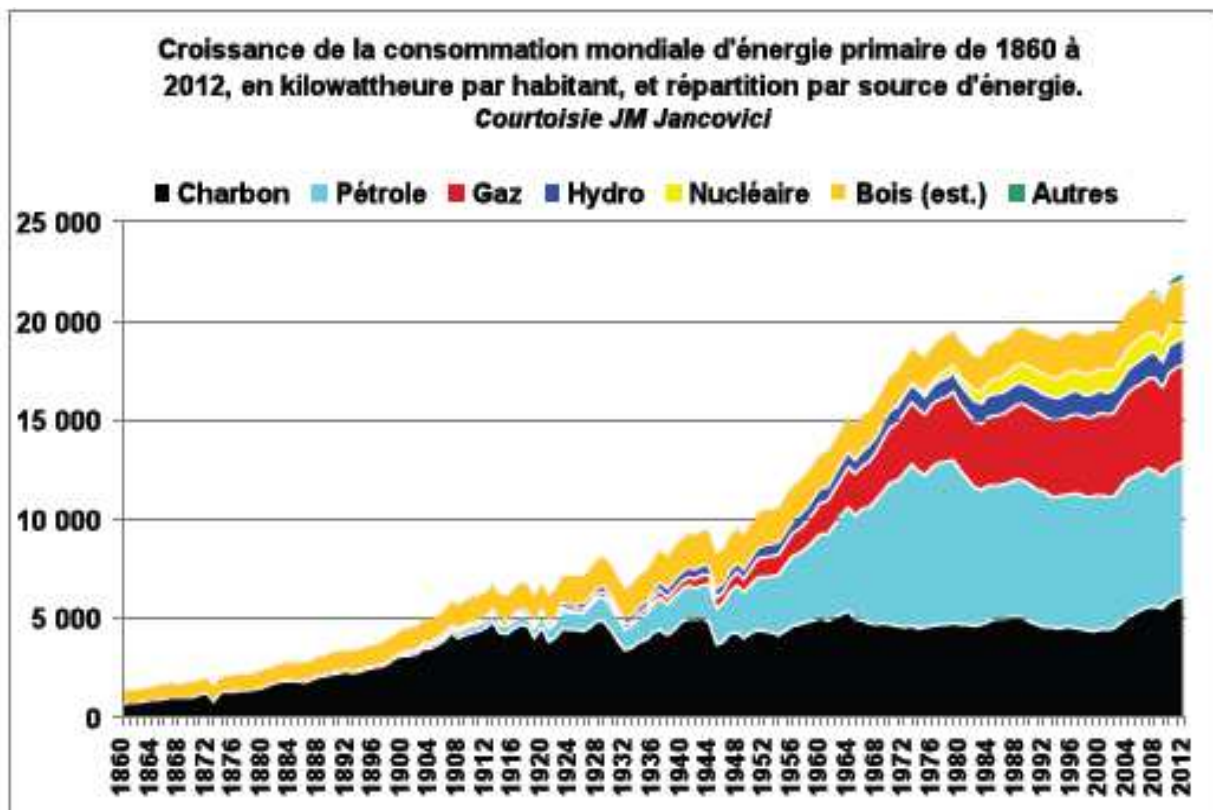
Les combustibles carbonés fossiles (charbon, pétrole et gaz) sont depuis 150 ans les principaux moteurs de l'économie mondiale. Ils ont joué un rôle majeur dans les progrès matériels et humains des pays dits «développés». Ils représentent encore plus de 80 % de l'approvisionnement énergétique de l'humanité malgré les efforts faits pour développer de nouvelles sources d'énergie comme le nucléaire et les renouvelables.

Le pétrole est toujours le principal moteur de l'activité économique et représente presque 100% de la source d'énergie pour les transports.

Parmi les 20 pays les plus consommateurs de pétrole de la planète (75% de la consommation au total), ceux dont l'économie a stagné ou régressé pendant cette période sont aussi ceux dont la consommation d'énergie primaire a diminué.

Les seuls pays ayant connu une croissance économique sont ceux dont la consommation d'énergie a augmenté, la croissance la plus spectaculaire étant celle de la Chine<sup>3</sup>.

Et la consommation d'énergie, sous toutes les formes, augmente par habitant dans le monde. Elle a doublé en 60 ans passant de 10.000 kWh/an en 1952 à plus de 20.000 kWh/an en 2012 (voir figure ci-dessous).



L'essentiel (80%) est dû aux combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz). L'addition à part quasiment égale de l'énergie hydraulique (bleu foncé) et l'énergie nucléaire (jaune clair)

<sup>3</sup> Source: British Petroleum Statistical Review 2013.

représente autant que le bois à l'échelle mondiale (jaune foncé). Les autres énergies renouvelables (notamment éolienne et photovoltaïque, en vert quasiment imperceptible au sommet) ont un rôle négligeable.

## Production mondiale de pétrole

La production mondiale de pétrole brut conventionnel est en stagnation ou en légère diminution depuis 2005 (graphique ci-dessous à gauche, matérialisé par la flèche rouge horizontale). Il est généralement admis qu'elle aurait atteint son pic mondial à cette date et, qu'après un plateau plus ou moins long, son déclin devrait s'accélérer.

Dans plusieurs pays du monde, les productions diminuent déjà. C'est le cas en Europe (Norvège, Mer du Nord) où les quantités récupérables sont proches de l'épuisement.

On voit également sur le graphique ci-dessous (à droite) que les exportations de pétrole, c'est-à-dire les quantités mises sur le marché mondial stagnent aussi depuis 2005. La Chine et l'Inde en « grignotent » rapidement une part de plus en plus importante.

C'est une évolution extrêmement préoccupante pour des pays qui comme la France, ou d'autres pays dépourvus de ressources comme le Japon, qui dépendent entièrement de ce marché pour leur approvisionnement en pétrole.

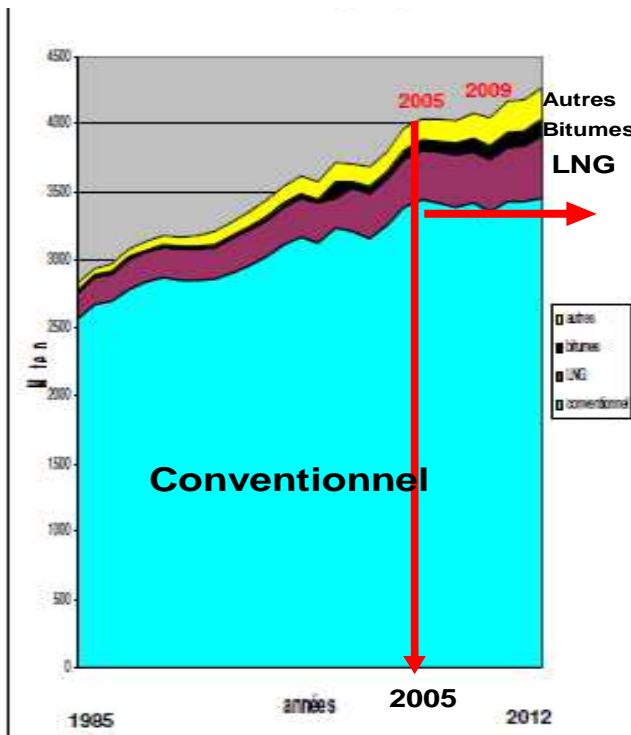
Graphique de gauche :

- Bleu : pétrole conventionnel
- Violet : Gaz de pétrole liquéfié
- Noir : Pétrole extrait de bitumineux
- Jaune : Autres dont « roches-mères »

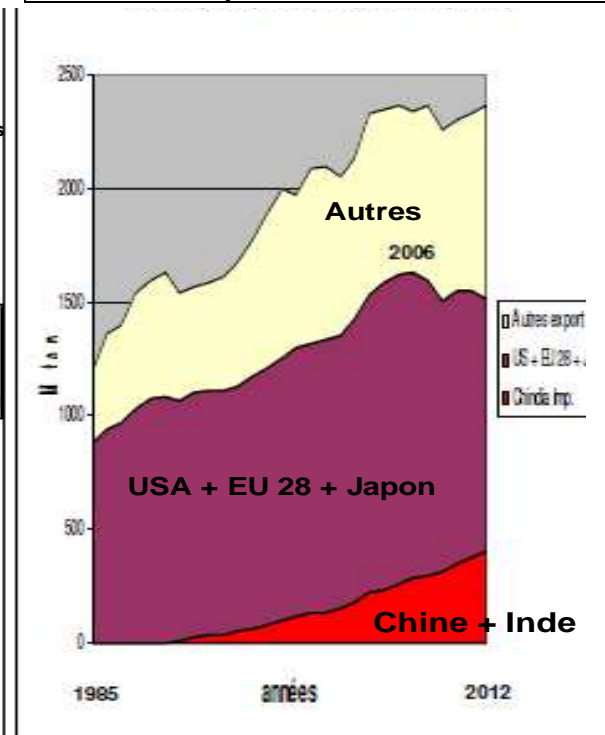
Graphique de droite :

- Répartition des achats de la part disponible sur le marché mondial.

**Production de pétrole conventionnel et de pétrole non conventionnel de 1985 à 2012, en Mtep**



**Exportations de pétrole de 1985 à 2012 et parts consommées par les USA + EU28 + Japon ainsi que la Chine et l'Inde, en Mtep.**



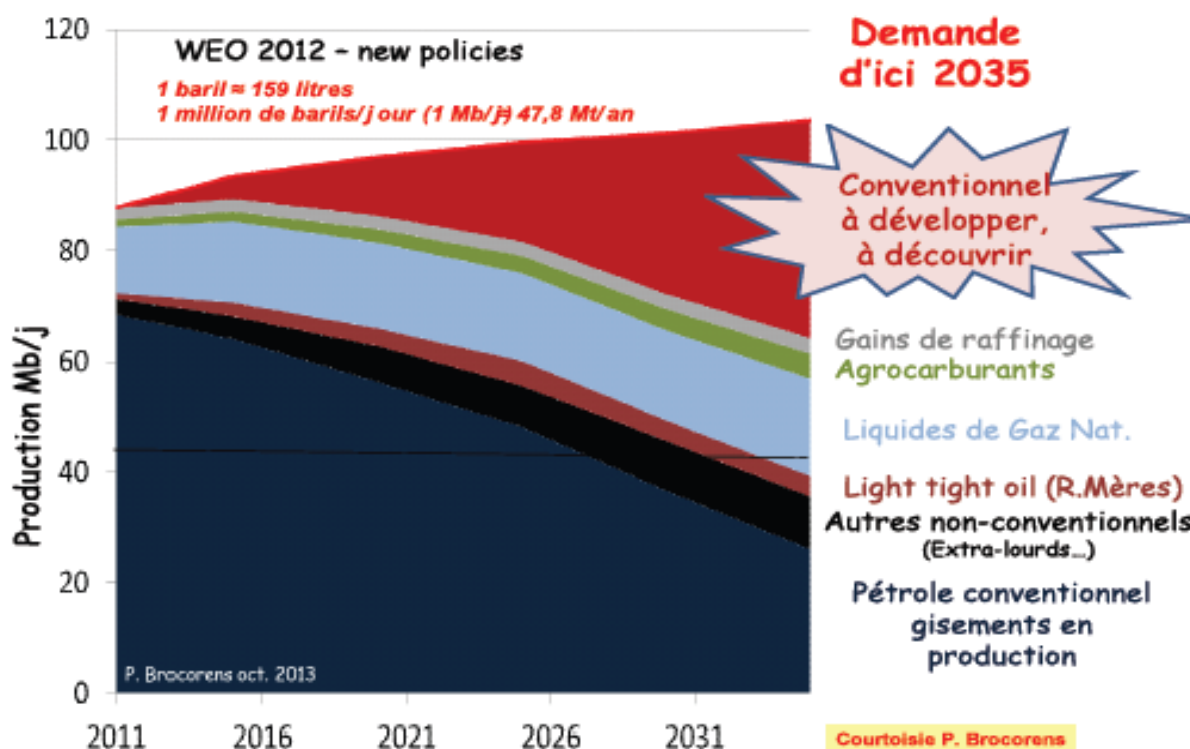
Le «boom» du pétrole de roches-mères (dits « de schistes ») aux Etats-Unis permet provisoirement une diminution des importations de pétrole dans ce pays, relâchant d'autant

la pression de la demande sur le marché mondial... Mais jusqu'à quand pourra durer cette compensation ?

Les développements du pétrole non-conventionnel dans le monde (bitumes, huiles extra lourdes et pétrole de roches-mères) et des liquides de gaz naturels augmentent provisoirement la production globale de pétrole au niveau mondial. Pour combien de temps ?

## Prospective

La figure ci-dessous montre les prévisions de la demande mondiale de pétrole d'ici 2035 faites en 2012 par l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Elle indique aussi la provenance de ces produits pétroliers qui permettront de satisfaire le besoin.



**Prévisions de la demande de pétrole mondiale d'ici 2035 et des moyens pour satisfaire la demande, selon l'AIE dans son scénario «New Policies» du World Energy Outlook (WEO) 2012.**

La demande mondiale augmenterait jusqu'à atteindre 104 millions de barils par jour (Mb/j) en 2035, soit presque 5 milliards de tonnes équivalent pétrole (Gtep), alors qu'elle n'était que de 4,1 Gtep fin 2012.

Ces prévisions de l'AIE supposent que d'ici 2035, l'industrie pétrolière aura pu mettre en production l'équivalent de trois fois la production actuelle de l'Arabie Saoudite ! Est-il bien raisonnable de ne rien faire en attendant cet improbable « miracle » ?

La production mondiale de pétrole commencera probablement à décliner pour des causes géologiques à partir de 2020, et celle de gaz vers 2030, malgré le développement probable du pétrole et du gaz dits « de schistes » (en fait de roches-mères) qui occupe tant les esprits à l'heure actuelle.

Un déclin rapide des quantités disponibles sur le marché pour les pays importateurs comme l'Europe, et notamment la France, est alors prévisible par un « effet ciseaux ».

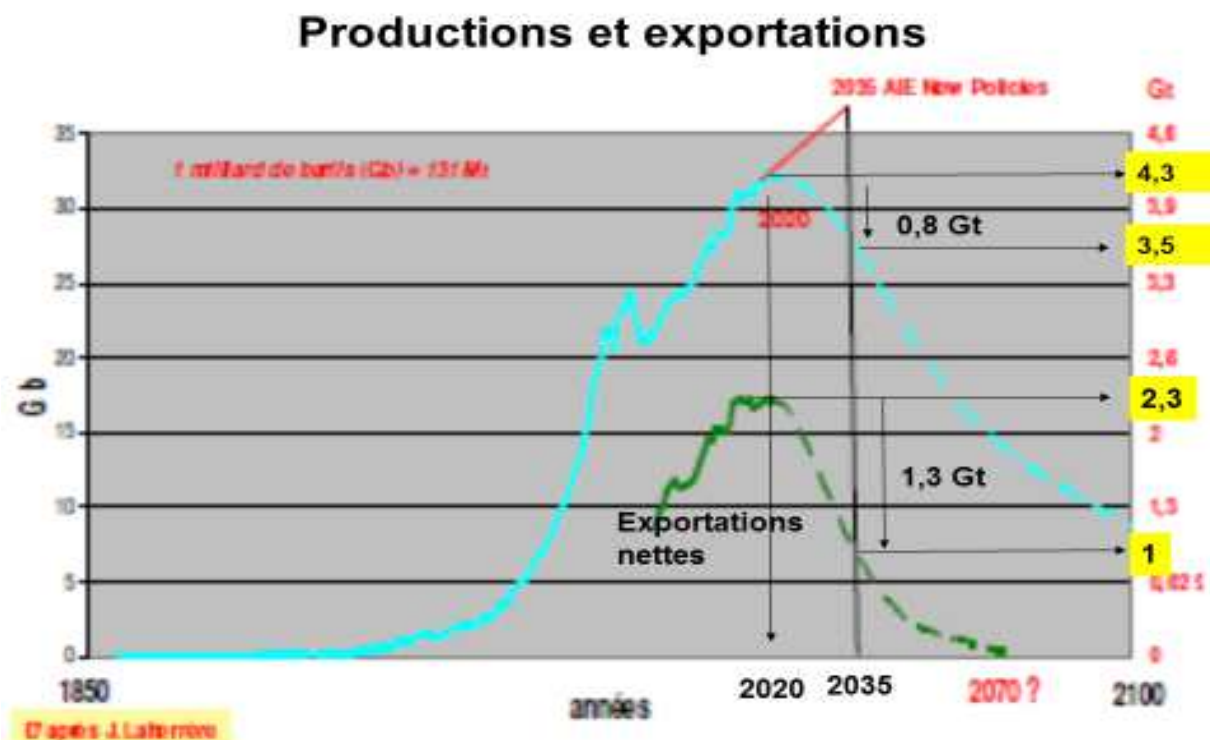
D'une part, la **production « géologique » va stagner ou diminuer** tandis que des pays exportateurs exporteront moins pour alimenter la croissance de leur économie et du niveau de vie de leur population, à l'exemple de l'Arabie Saoudite.

D'autre part, **l'Europe est en compétition sur ce marché avec des pays puissants et commercialement agressifs comme la Chine, l'Inde, le Japon et les Etats-Unis.**

Ces pays possèdent d'importantes ressources financières qui leur permettront de payer le pétrole au prix fort en cas de crise durable d'approvisionnement. Ils vont « préempter » le pétrole de moins en moins disponible sur le marché export. La croissance exponentielle des importations de pétrole de la Chine et de l'Inde, pressées d'entrer dans la civilisation de l'automobile (à laquelle nous contribuons par des contrats locaux avec Peugeot et Renault), accélèrera le processus.

**La future indisponibilité du pétrole, va poser un grave problème pour les pays s'alimentant sur le marché mondial.** L'Europe a donc le plus grand intérêt à diminuer rapidement sa vulnérabilité en **remplaçant le pétrole par de l'électricité, le plus possible, partout où c'est possible, le plus tôt possible.** Le plus difficile sera certainement de développer l'électromobilité et la production d'électricité. Le transport électrique nécessite également de développer une industrie de fabrication de batteries aujourd'hui essentiellement importées du Japon et de Chine.

**Le graphique de Jean Laherrère<sup>4</sup> (ci-dessous) fondée sur une analyse des possibilités de productions mondiales futures des pétroles conventionnels et non conventionnels est fondamental pour comprendre la pénurie de pétrole qui se profile avant 20 ans en Europe.**



**Production mondiale de pétrole (tous liquides) de 1850 à 2012 (trait plein bleu).  
Exportations nettes mondiale de pétrole de 1985 à 2012 (trait plein vert).  
Prévisions jusqu'en 2100 (traits pointillés).**

Ces estimations sur des bases géologiques prévoient que le pic mondial de la production pétrolière tous liquides devrait avoir lieu vers 2020.

<sup>4</sup> Jean H. Laherrère est un ingénieur pétrolier ayant travaillé pour Total, plus connu comme coauteur d'un article remarqué dans la revue « Scientific American » en 1998 intitulé « The End of Cheap Oil ».

Remarque importante : Tandis que la **baisse de la production annuelle** de pétrole en 2035 sera de moins de **20%** (0,8 milliards de tonnes (Gt) sur l'échelle de droite) passant de 4,3 Gt à 3,5 Gt, la baisse des produits pétroliers disponibles sur le **marché de l'exportation** sera de 1,3 Gt, passant de 2,3 Gt à 1 Gt, soit une **baisse de plus de 50%** !

**Il est important de noter qu'en 2035 les besoins cumulés** de la Chine et l'Inde (0,5 Gt), des Etats-Unis (0,4 Gt) et du Japon (0,2 Gt) **représenteront déjà plus de 1 Gt... Et que devient l'Europe ?** Et si ce n'est pas l'Europe,... quelle région sera « sacrifiée » ?

**Ce graphique montre que la baisse de 20 % de la production mondiale de pétrole en 20 ans entrainera une baisse de 50% de la quantité de pétrole disponible sur le marché.**

**Dit autrement, une baisse de seulement 20% de la quantité de pétrole disponible sur le marché mondial conduira à un arrêt quasi total des importations en Europe.**

**L'Europe serait alors en « panne sèche » en 2035. L'économie va se gripper... avec son cortège de graves problèmes humains et sociaux.**

**L'urgence est donc aujourd'hui de se concentrer sur le remplacement du pétrole. Et par quoi ? C'est loin d'être évident.**

**Le pétrole sert aujourd'hui principalement à alimenter les moteurs nécessaires aux transports et à nos déplacements. Pratique et économique, il est à la base de notre économie et de notre liberté d'action.**

**Or, il n'y a pas aujourd'hui de substitut pratique et économique au pétrole dans les transports.**

L'électricité, le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le gaz naturel véhicule (GNV), les biocarburants et le « pétrole de synthèse » (*coal-to-liquid*, CTL) produit à partir du charbon, sont des substituts possibles au pétrole mais ils seront moins pratiques et/ou plus chers à l'usage.

- **L'électricité dans les transports pose encore de sérieux problèmes d'autonomie, notamment pour les camions, et il faudra augmenter la production d'électricité pour alimenter des millions de véhicules.**

- **Le GPL vient du ... pétrole et du gaz naturel** (ce n'est donc pas une solution de long terme).

On pourrait aussi lui substituer directement du GNV (qui est du méthane sous pression de 200 à 700 bars) malgré son encombrement en volume, **mais pour un temps court (10 à 20 ans) car sa disponibilité sur le marché mondial va aussi diminuer.** Le pic de production du gaz naturel serait atteint en 2030, surtout s'il venait à remplacer transitoirement et massivement le pétrole, **même si sa production peut durer encore plus de 100 ans...**

- **Les biocarburants resteront marginaux et chers en Europe car ils dépendent de la faible production de la biomasse par unité de surface en concurrence avec l'alimentaire.**

- La production de charbon diminuera plus tard. Elle devrait augmenter et plafonner à partir de 2025-2030 et décliner seulement au-delà de 2070.

Mais le charbon n'est pas utilisable sans transformation. Il ne se mettra pas directement dans les moteurs. Il faudra le transformer massivement en « **pétrole de synthèse** ». C'est techniquement possible et déjà réalisé industriellement depuis plus de 60 ans dans le monde, notamment en Afrique du Sud.

Cependant, le GPL, le GNV et le CTL permettraient alors simplement de retarder l'échéance de la pénurie de pétrole pour le transport en attendant des progrès significatifs dans le stockage d'électricité par batteries, ou dans d'autres solutions permettant l'électromobilité comme les « autoroutes électriques » par exemple.

**La baisse de la disponibilité des combustibles fossiles sur le marché mondial donnera donc le tempo d'une « transition énergétique » imposée par la disparition rapide du pétrole en Europe.**

**L'effort financier et humain à fournir pour le remplacer par d'autres sources d'énergie en moins de 20 ans, notamment l'électricité, est immense.**

**La cécité plus ou moins volontaire de la plupart de nos élus sur le sujet des énergies est irresponsable. Le dogmatisme idéologique antinucléaire du Ministère de l'écologie, en charge des questions énergétiques dont dépend l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), est coupable.**



# **ANNEXE 2**

## **Complément sur le pétrole**

(et situation pétrolière mondiale)

Aucune transformation de la matière ne peut avoir lieu sans utiliser d'énergie. Ainsi aucune production de biens ou de services matériels par une société humaine n'est possible sans disposer d'énergie.

Cette énergie est tout d'abord prélevée sur la nature à différentes sources qu'on appelle les énergies primaires.

Leur utilisation pour produire ces biens et ces services se fait aux prix de pertes sous forme de chaleur, hélas le plus souvent inutilisée. La diminution de ces pertes s'appelle l'amélioration de l'efficacité énergétique. C'est un objectif important pour l'avenir. Le rythme est lent et il y a des limites physiques souvent déjà atteintes.

La disponibilité d'énergie primaire est le principal déterminant de l'économie des nations. C'est ce qui a permis dans les pays développés les progrès matériels, mais aussi sociaux (diminution du temps de travail, éducation, culture, retraites...), ainsi que l'accroissement de l'espérance de vie grâce aux progrès de l'hygiène et de la médecine. Elle est aussi à l'origine de la très forte croissance de la population mondiale pendant cette période.

La contribution totale des combustibles fossiles dans la consommation d'énergie primaire des 20 pays les plus consommateurs est en moyenne de 86,6%, hors bois (sa prise en compte ramènerait la proportion moyenne à environ 81%, les pays industrialisés étant relativement peu consommateurs de bois).

Il ne peut donc y avoir de production de biens et de services matériels, c'est-à-dire de véritable activité économique, sans consommation d'énergie primaire.

### **Que signifie : Réserves, "Ultime" et pétroles ?**

Dans ce texte il est bien question de « réserves », c'est-à-dire de quantités exploitables de façon rentable dans les conditions économiques du moment et non de « ressources », notion qui ne tient pas compte de l'exploitabilité réelle. La quantité ultime de ces réserves, en abrégé « Ultime », correspond à toute la production, une fois celle-ci définitivement arrêtée.

L'Ultime est très mal connu au départ, et dépend bien sûr des conditions économiques et même politiques (subventions par exemple) tout au long de l'histoire de la production, ainsi que des découvertes de nouveaux gisements exploitables et des progrès de productivité grâce à ceux de la technologie. Il se précise au fur et à mesure de l'exploitation.

Dans le pétrole conventionnel se trouve essentiellement le pétrole brut appelé aussi familièrement le brut, en Anglais « *crude oil* » ou « *crude* », qui est extrait des gisements conventionnels après forage. Se trouve aussi, mais certains le classent dans le non conventionnel, le pétrole léger que l'on extrait des gisements de gaz, appelé liquides de gaz naturels (LGN), natural gas liquids (NGL) en Anglais).

L'ensemble pétrole conventionnel plus pétrole non conventionnel, constitue le pétrole « tous liquides ». On y inclut souvent les biocarburants (biofuels) et même parfois les carburants liquides produits à partir de gaz (*gas-to-liquids*, GTL) ou de charbon (*coal-to-liquids*, CTL) ou les huiles produites par pyrolyse de schistes bitumineux tels que ceux d'Autun (*shale-to*

*liquids*, STL). Pourtant ces carburants et huiles sont des «pétroles synthétiques» qui n'ont rien à voir avec le pétrole « *stricto sensu* », sinon qu'ils peuvent s'y substituer dans ses utilisations.

On y inclut aussi souvent (c'est par exemple le cas de l'Agence internationale de l'énergie, (AIE) ce qu'on appelle les «gains» de raffinerie, qui ne correspondent pas non plus à une production pétrolière. Ils proviennent du fait que la production de pétrole et de produits pétroliers se mesure en barils. Or le baril est une unité de volume (159 litres) et non de masse. Comme le raffinage transforme le pétrole en «produits pétroliers» dont la masse volumique totale est inférieure à celle du pétrole initial, il y a donc augmentation de volume entre l'entrée en raffinerie et la sortie. C'est le «gain» de raffinerie, qui est comptabilisé en production, alors que c'est pourtant une perte d'énergie puisque la raffinerie consomme de l'énergie.

Cette comptabilité en volume a un autre effet pervers: le contenu moyen en énergie d'un baril a tendance à diminuer avec le temps, essentiellement à cause de la contribution de plus en plus grande de produits à énergie volumique relativement faible, les liquides de gaz naturel (LGN), qui contiennent une forte proportion de propane et de butane (gazeux dans les conditions normales, mais qui sont liquéfiés sous forme de gaz de pétrole liquéfiés (GPL)).

C'est ainsi que l'on observe sur les statistiques de la « *BP statistical review* », que l'unité de production la plus couramment utilisée, le million de baril par jour (Mb/j ou Mb/d) était passée en équivalent énergétique de 48,2 à 47,8 millions de tonne-équivalent pétrole (Mtep) par an entre 2000 et 2012. Il était de 48,7 en 1965.

Notons au passage qu'aux Etats-Unis, le pétrole extrait de roches-mères est maintenant regroupé dans les statistiques avec le pétrole brut extrait depuis longtemps de réservoirs de très faible perméabilité sous la rubrique «*light tight oil*». Les techniques d'extraction, à base de fracturation hydraulique, sont à peu près les mêmes.

Même si elles semblent peu probables, des situations nouvelles peuvent se produire dans le domaine du pétrole :

- un fort développement du pétrole de roches-mères à l'échelle mondiale grâce à des avancées dans les techniques de fracturation; une forte amélioration de la récupération du pétrole brut conventionnel; la découverte inattendue de gisements géants dans des régions encore incomplètement explorées comme l'Arctique.

Cela augmenterait provisoirement la production, mais cela ne changerait guère la date du pic pétrolier. Ce pic serait un peu plus haut et deviendrait sans doute un plateau étalé sur une dizaine d'années. Le déclin serait aussi moins abrupt.

- un fort développement des centrales nucléaires dans les grands pays exportateurs, en particulier au Moyen-Orient, qui permettrait d'y fermer les centrales à fuel et de consacrer une partie plus grande de la production à l'exportation.

- un développement rapide des véhicules peu consommateurs, ou encore la substitution du pétrole par du gaz naturel ou par des carburants synthétiques dans les transports. Cela permettrait de s'adapter au déclin de sa production mais précipiterait les déclin du gaz naturel et du charbon.

Mais il s'agit d'un catalogue d'évènements espérés pour l'avenir et non d'un calendrier de réalisations programmées. Il est douteux que ces évolutions puissent se produire à une vitesse suffisante pour compenser le déclin de la production de pétrole.

## Des solutions en France si le pétrole venait à manquer ?

Les productions nationales de combustibles fossiles sont aujourd'hui insignifiantes.

« Stricto sensu », de nouvelles exploitations de gaz et de pétrole ne sont pas impossibles en France, sous forme en particulier de gaz et de pétrole de roches-mères (improprement appelés gaz et pétrole de schistes). Les réserves correspondantes se trouveraient principalement dans le Bassin de Paris pour le pétrole, et le Bassin du Sud-Est pour le gaz.

D'une part, **rien n'est sûr** et les quantités estimées sommairement (et non prouvées) seraient comprises entre 2500 milliards de m<sup>3</sup> et 5000 milliards de m<sup>3</sup>, soit entre 2000 et 4000 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep). Ce pétrole et ce gaz pourraient au mieux apporter un hypothétique soulagement partiel pendant une trentaine d'années, **s'il existe, s'il est exploitable... et si nous le décidons.**

D'autre part, les oppositions et le régime de propriété du sous-sol en France (c'est l'Etat qui le possède) ne favorise pas l'implication des propriétaires des surfaces concernés.

**Peut-on bâtir l'avenir de la France sur cette grande incertitude ?**

Une exploitation par «gazéification souterraine» d'anciens bassins houillers a été envisagée. La technique consiste à forer à l'intérieur de ces veines puis de provoquer une combustion en déficit d'oxygène et en présence de vapeur d'eau dans ce forage puis de récupérer en surface le gaz produit. C'est un «gaz de synthèse» permettant de produire en particulier des carburants liquides. Des essais ont eu lieu en France à Bruay-en-Artois, mais la technique est incertaine et très coûteuse et ses effets sur l'environnement sont très mal connus.

**Pour faire simple, la France n'a rien à attendre en pétrole et en gaz (ou très peu) de son sous-sol** pour compenser les 135 Mtep d'énergie qu'elle importe annuellement sur les 260 Mtep d'énergie primaire qu'elle consomme. La différence est fournie essentiellement par le nucléaire, l'hydraulique et la biomasse (bois, déchets,...).

De tous les grands pays développés, la France est celui où la proportion de combustibles fossiles dans la consommation d'énergie primaire est devenue la plus faible (53 %). Et il s'agit surtout de gaz pour le chauffage et de pétrole pour le transport. Cette faible proportion est rendue possible grâce principalement au nucléaire (75 % de notre électricité) et à l'hydraulique (10 % de l'électricité). Les autres énergies renouvelables fournissent 3 à 4% de la production totale d'électricité.

Mais la consommation de combustibles fossiles n'a pas beaucoup varié depuis 1981. On observe une légère diminution depuis 2006 due à la crise économique mais aussi à des changements de comportement. Cependant, si les consommations de pétrole et de charbon ont diminué, elles ont été compensées par celle du gaz qui a augmenté.

Au bilan la France importe pratiquement tout ce qu'elle consomme en pétrole, gaz et charbon. Sans le nucléaire, dont 95 % de la plus-value du combustible est fabriquée sur son sol, elle dépendrait presque exclusivement des marchés internationaux.

Sa facture énergétique est préoccupante : 65 à 70 milliards d'euros d'achat de combustibles fossiles à l'étranger depuis quelques années. Elle est de l'ordre de grandeur du déficit de la balance commerciale.

**La France est très vulnérable à la disponibilité et au prix du pétrole qui vont fortement évoluer dans moins de 20 ans sur le marché international.**

## Situation pétrolière mondiale

Examinons les cinq « ensembles » qui étaient en 2012 les plus consommateurs d'énergie de la planète :

- 1) les Etats-Unis,
- 2) la Chine,
- 3) la Fédération de Russie
- 4) l'EU 28 (à laquelle nous agglomérerons la Norvège, producteur le plus important de pétrole et de gaz en Europe) avec un focus sur le Royaume-Unis et l'Allemagne,
- 5) et aussi le Japon, gros importateur de combustibles fossiles.

En 2012 cet ensemble a consommé 64 % de la consommation totale de combustibles fossiles de la planète (mais ne représentait que 36 % de sa population).

Nous examinerons ensuite :

- 6) le Canada
- 7) et l'Arabie saoudite.

### **1) Les Etats-Unis**

Les Etats-Unis sont très bien pourvus en ressources minérales. Ils possèdent en particulier de nombreuses « provinces pétrolières », bassins sédimentaires riches en gisements de pétrole.

La production de pétrole conventionnel a connu un accroissement spectaculaire après 1900 jusqu'à son pic en 1970. Depuis, elle connaît un déclin malgré la mise en exploitation de ressources situées dans de nouvelles provinces pétrolières et des gisements en mer (offshore), principalement ceux de Californie puis du golfe du Mexique, et les gisements de l'Alaska.

Depuis quelques années se développe la production de pétrole de roches-mères dont l'exploitation a été permise dans des conditions rentables par les progrès technologiques (en particulier la fracturation hydraulique), mais aussi par l'augmentation du prix du pétrole. Les Etats-Unis ne retrouveront sans doute pas le niveau de production pétrolière du pic de 1970 (bien qu'ils s'en approchent rapidement) mais l'Ultime du pétrole est encore loin d'être atteint.

La production de pétrole, qui avait connu un important déclin jusqu'en 2008, connaît depuis lors une envolée spectaculaire, due au développement du pétrole de roches-mères.

Celle de gaz, qui était en déclin après un maximum en 2001, est repartie fortement à la hausse en 2005, grâce au gaz de roches-mères.

Celle de charbon, en dents de scie, a augmenté jusqu'en 1998, est ensuite en moyenne restée à peu près stable jusqu'en 2008, puis a décliné fortement, et cela malgré des exportations en forte hausse. Ce déclin est dû à sa substitution dans la production d'électricité par le gaz, dont le prix a chuté des 2/3 en 2008 et est resté très bas depuis cette date.

Depuis 2005 environ, les consommations de pétrole et de charbon ont sensiblement diminué, tandis que celle de gaz a augmenté. Le pétrole reste toutefois l'énergie la plus consommée, et les Etats-Unis en sont encore les premiers consommateurs mondiaux.

La consommation de gaz est actuellement stimulée par son très bas prix. On a vu qu'en particulier le gaz se substitue de plus en plus au charbon dans la production d'électricité, qui est la principale utilisation de celui-ci. Pour protéger l'activité minière, les Etats-Unis exportent leur charbon au coût marginal, notamment vers l'Allemagne...

Un effet paradoxal est que les émissions de CO2 des Etats-Unis sont en baisse parce que le gaz est beaucoup moins émetteur de CO2 par kWh d'électricité produite.

Mais le mouvement est inverse en Europe: celle-ci importe du charbon à bas coût des Etats-Unis, ce qui pousse les prix du charbon à la baisse et le rend moins coûteux que le gaz dans la production d'électricité. Ce phénomène est accentué par la production croissante d'électricité éolienne et solaire subventionnée et prioritaire sur les réseaux. Les centrales à gaz ne produisent plus un nombre d'heures suffisantes pour être rentables: elles sont maintenant nombreuses à être fermées ou mises sous cocon en attendant des jours meilleurs. Paradoxalement l'Europe et en particulier l'Allemagne qui ferme ses centrales nucléaires et subventionne les éoliennes et le photovoltaïque, produit de plus en plus d'électricité à partir de charbon!

S'installe donc actuellement à l'échelle mondiale un jeu de chaises musicales qui a de profonds effets sur les échanges de combustibles fossiles, ainsi que sur les industries du raffinage et de la pétrochimie, mais aussi sur la géopolitique.

Les Etats-Unis importent moins de pétrole. Ils sont donc moins dépendants des pays exportateurs, et pourraient se désintéresser du Moyen-Orient. Un faible prix du gaz, mais aussi des hydrocarbures légers (éthane, propane, butane) qui sont la matière première (naphta) de la pétrochimie permet à celle-ci et plus généralement aux industries très énergivores des Etats-Unis de devenir bien plus compétitives.

L'Europe, dont les prix sont devenus relativement plus élevés, va probablement en souffrir. La France aura aussi de plus en plus de mal à continuer d'exporter son essence (excédentaire du fait de l'importance du diesel) vers les Etats-Unis, ce qui va peut-être conduire à plus taxer le diesel pour éviter de fermer des raffineries.

Ce phénomène pourrait cependant n'être que provisoire. Les productions de gaz et de pétrole de roches-mères aux Etats-Unis, avec les techniques actuelles, atteindront leur pic dans moins d'une dizaine d'années. Actuellement, des procédés de fracturation au propane sont expérimentés aux Etats-Unis et au Canada. Non seulement ils permettraient de se passer d'eau, mais ils amélioreraient la récupération du pétrole et du gaz. D'autres fluides de fracturation, comme le gaz naturel liquéfié ou le CO2 liquide, sont envisagés. L'amélioration des techniques de sismique permet aussi de mieux cibler les zones potentiellement les plus productives et d'économiser des forages, améliorant ainsi l'économie des procédés.

Les Etats-Unis possèdent aussi d'immenses quantités de «schistes bitumineux». Ce sont des roches riches en matière organique n'ayant pas été suffisamment enfouies pour avoir produit du pétrole et du gaz, mais se trouvant à des profondeurs suffisamment faibles pour être exploitables en carrières et à partir desquelles on peut produire de l'huile de schistes (*shale-to-liquids*, STL) par pyrolyse à des températures de 5 à 600°C.

Ils seront peut-être un jour la source de «pétrole synthétique» sous forme de STL, si le prix du pétrole atteint des valeurs beaucoup plus élevées qu'actuellement.

## **2) La Chine**

La Chine a connu depuis 1981 une croissance extraordinaire de sa consommation d'énergie primaire, en corrélation avec sa croissance économique. Il s'agit essentiellement de combustibles fossiles, et tout particulièrement de charbon, dont la Chine est maintenant de très loin le premier consommateur mondial.

La consommation de pétrole a quant à elle connu une croissance exponentielle, en corrélation avec l'entrée de la Chine dans la civilisation de l'automobile. Elle devrait sauf accident dépasser la consommation des Etats-Unis en 2015.

La consommation de gaz n'a commencé à croître qu'à la fin des années 90 et reste modérée.

La production de charbon est de très loin la première au monde, environ 47 % de la production mondiale en 2012. Les productions de pétrole et de gaz s'essouffent, faute de ressources suffisantes.

La Chine, initialement exportatrice de pétrole, est devenue importatrice à partir de 1993, et cela de façon exponentielle. Ses importations égalaient sa production dès 2010. Elle importera probablement en 2013 plus de pétrole que les Etats-Unis.

Et elle est depuis peu importatrice de charbon et de gaz. La Chine est donc de plus en plus dépendante des marchés internationaux, pour le pétrole et le gaz, mais également pour le charbon dont elle est en passe de devenir le premier importateur mondial.

Le PIB a été annoncé à plus de 7% pour 2013. Imaginons que cette croissance se poursuive au rythme de 7 % par an. Le PIB serait multiplié par 360 à la fin du siècle, et en admettant que l'efficacité énergétique s'améliore de 1 % par an, la consommation énergétique serait tout de même multipliée par 160 ! C'est inimaginable... Une diminution du taux de croissance, progressive ou brutale, est à prévoir bien avant.

### **3) La Russie**

Les données de la BP (British Petroleum) sur la Fédération de Russie en tant qu'ensemble ne débutent qu'en 1985. La consommation d'énergie primaire consiste essentiellement en combustibles fossiles et la consommation de gaz y tient de loin la place la plus importante.

La Fédération de Russie rivalise avec l'Arabie Saoudite pour le titre de premier producteur mondial de pétrole. Elle est un très grand exportateur de pétrole et de gaz, et semble avoir choisi de le rester plutôt que de développer sa consommation intérieure et donc son économie. Cette politique risque de trouver assez vite ses limites si le pic du pétrole est en vue, et si la contestation intérieure pour une meilleure qualité de vie prend de la vigueur. Dans ce cas, l'Europe en pâtirait gravement et rapidement.

### **4) L'EU28 + la Norvège**

Comparée aux Etats-Unis, à la Chine et à la Fédération de Russie, c'est l'EU 28 qui a fait les plus grands efforts pour moins dépendre des combustibles fossiles, avec un succès très relatif puisque ceux-ci y représentent encore aujourd'hui 78 % de la consommation d'énergie primaire, hors bois.

Pour la Norvège (seulement 5 millions d'habitants), bien pourvue en énergie hydraulique, elle n'est que de 32 %, du fait essentiellement de sa consommation de pétrole.

La consommation de combustibles fossiles, à peu près stable depuis 1981, a sensiblement décliné à partir de 2007. Cela est dû essentiellement à une diminution de la consommation de pétrole. Celle de gaz, qui avait beaucoup augmenté jusqu'en 2000, a stagné depuis. Celle de houille et lignite, qui avait beaucoup diminué suite à la réunification allemande, augmente à nouveau depuis 2009 à cause de la baisse du prix du charbon et de l'arrêt de centrales nucléaires en Allemagne.

La production de pétrole et de gaz a augmenté considérablement respectivement jusqu'en 2000 et 2004. Elle décroît rapidement depuis. Ce phénomène est dû à la mise en exploitation, puis au déclin des gisements de la Mer du Nord.

Les productions de pétrole brut et de gaz conventionnels n'ont donc plus beaucoup d'avenir en Europe.

En ce qui concerne le charbon, hormis la Pologne qui a toutefois connu son pic du charbon en 1987, l'avenir du «hard coal» extrait des mines souterraines est limité mais la production de lignite (brown coal) à ciel ouvert est en augmentation.

Qu'en est-il du pétrole et du gaz de roches-mères? Le «boom» américain dynamise son industrie et faire perdre de la compétitivité à l'industrie européenne ! Mais la situation géologique y est différente: il n'y a pour l'instant aucune preuve tangible de l'existence de pétrole et de gaz de roches-mères en quantités notables malgré des annonces fracassantes. La Pologne, annoncée comme ayant de très fortes réserves, et où la prospection a commencé, doit déchanter. Ajoutons que les chances d'avoir du pétrole ou du gaz de roches-mères en quantités importantes dans des pays où l'on a jamais découvert de gisements importants de pétrole ou de gaz conventionnel est faible.

Les importations de charbon et de gaz ont connu une forte augmentation jusqu'en 2007. Après une chute en 2009 due à la crise économique, on observe une hausse de celle du charbon et une diminution à peu près symétrique de celle du gaz. Cela est dû à la mise sous cocon ou à la fermeture de centrales électriques à gaz au profit de centrales à charbon importé des Etats-Unis, en particulier en Allemagne pour compenser la fermeture des centrales nucléaires. C'est donc un «dommage collatéral» du boom des gaz de roches-mères aux Etats-Unis. Mais c'est aussi, un dommage collatéral d'une production croissante d'électricité éolienne et solaire subventionnée et prioritaire sur les réseaux !

L'EU 28 est donc devenue très dépendante des marchés internationaux de pétrole, dont elle est actuellement le premier importateur mondial en tant qu'ensemble géopolitique.

En son sein, la Zone Euro, dont ne font partie ni le Royaume-Uni ni la Norvège, seuls producteurs importants de pétrole et de gaz en Europe, est dans une situation très préoccupante. Sa facture énergétique est très élevée (60 milliards d'euros en 2013 uniquement pour la France) et les conséquences d'une augmentation rapide des prix ou d'une rupture d'approvisionnement seraient catastrophiques.

### **- Le Royaume-Uni**

La production de charbon a connu une progression rapide et régulière jusqu'à son pic, atteint en 1913. Elle a ensuite décliné. L'Ultime est maintenant presque atteint.

Le relais a été fort opportunément pris progressivement, à partir de 1970, par les productions de gaz naturel et de pétrole extraits des gisements découverts en Mer du Nord. Mais ces productions ont connu leur pic en 1999 et elles déclinent rapidement depuis malgré les progrès technologiques dans l'extraction.

### **- L'Allemagne**

L'Allemagne possède de grands gisements de houille (hard coal), charbon de bon contenu énergétique (environ 0,7 tep par tonne), exploitables par mines souterraines.

Elle possède en plus à faible profondeur d'importants gisements de lignite (brown coal), charbon de faible contenu énergétique (environ 0,25 tep par tonne) exploitables à ciel ouvert. Ce lignite est produit à bas coût et sert essentiellement à produire de l'électricité.

L'Allemagne est actuellement le premier producteur mondial de lignite.

Le gaz naturel et le pétrole ont d'abord été extraits de gisements principalement situés en Allemagne du Nord. Le pic du pétrole a eu lieu en 1969, et celui du gaz en 1984. Même si les productions ne sont pas négligeables encore actuellement, leurs Ultimes sont à présent très proches.

Reste le lignite, pour lequel l'Ultime est encore loin.

L'Allemagne envisage une production de gaz et de pétrole de roches-mères, en Basse-Saxe et Rhénanie du Nord, mais sans en connaître vraiment les réserves. Elle connaît une forte opposition des associations écologistes.

## **5) Le Japon**

Le cas du Japon est aussi inquiétant: les combustibles fossiles y représentent l'essentiel de la consommation d'énergie primaire. Il avait cependant réussi à diminuer cette dépendance grâce au nucléaire. Mais ces progrès ont été annihilés après Fukushima, suite à l'arrêt de la production nucléaire.

Or le Japon ne dispose plus de réserves de combustibles fossiles.

La consommation d'énergie se confond donc pratiquement avec les importations de combustibles fossiles. Ce pays est donc aujourd'hui plus que jamais vulnérable à une crise d'approvisionnement. Sa situation est maintenant plus risquée qu'avant Fukushima!

Il suffit d'un blocus temporaire de ses routes d'approvisionnement, par la Chine par exemple, pour faire s'effondrer son économie.

## **6) Le Canada**

Le Canada est aussi bien pourvu en provinces pétrolières.

La production des bitumes (sables bitumineux, tar sands) de l'Alberta, qui sont des pétroles très lourds et visqueux se développe surtout depuis 1970. Les quantités en place sont énormes, comparables à celles de pétrole brut conventionnel initialement en place en Arabie Saoudite. Elles ont été répertoriées depuis fort longtemps mais, par rapport au pétrole d'Arabie Saoudite leur exploitation est plus difficile. Elle est aussi coûteuse en énergie et en investissements. Elle n'a pu se développer dans des conditions de rentabilité économique que grâce au progrès technologique, et plus encore grâce à l'augmentation du prix du pétrole.

## **7) L'Arabie Saoudite**

Notons que les diminutions de production lors des chocs pétroliers ont été relativement faibles, ce qui montre qu'une faible diminution de production peut avoir des effets importants en certaines circonstances. La diminution de production de 1981 à 1985 avait pour but de maintenir les prix mondiaux à un niveau élevé. Cet objectif n'a pas été atteint d'une part parce les pays importateurs ont réduit leur consommation, en remplaçant le pétrole entre autres par du nucléaire, du gaz et du charbon dans la production d'électricité et, d'autre part, qu'un effort considérable d'exploration a pu relancer la production de pétrole hors OPEP.

Son pic de pétrole semble proche. Son Ultime est encore loin ce qui n'empêche pas ses exportations de baisser car sa production stagne autour de 0,5 Gtep tandis que sa consommation intérieure de pétrole augmente pour faire face à son développement.

C'est aussi maintenant le cas de beaucoup d'autres pays exportateurs de pétrole.

L'Arabie Saoudite est également productrice de gaz. La production, négligeable en 1980, a rapidement augmenté. Elle est intégralement consommée dans le pays.



## Références bibliographiques

1- D.Hugues, Février 2013: Drill, Baby, Drill, can unconventional fuels usher in a new era of energy abundance, Post Carbon Institute, feb.2013.

<http://www.postcarbon.org/reports/DBD-report-FINAL.pdf>

2- J.Laherrère J.H. Décembre 2011 «Energie, Nature et les hommes » Mastere OSE Ecole

[http://aspofrance.viabloga.com/files/JL\\_Sophia2011.pdf](http://aspofrance.viabloga.com/files/JL_Sophia2011.pdf)

3- PF. Verhulst, 1845 : Recherches mathématiques sur la loi d'accroissement de la population, Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, 18, 1845, p.1-42.

4- C.Campbell and J.Laherrère , 1998: The end of cheap oil. Scientific American, March 1998.

5- B.Durand, 2011: Les dangers du charbon. Etude SLC, 16 Novembre 2011

<http://www.sauvonsleclimat.org/etudeshtml/les-dangers-du-charbon/35-fparticles/950-lesdangers-du-charbon.html>

Theme Issue 'The future of oil supply' organised and edited by Richard G. Miller and Steve R. Sorrell, January 13, 2014; 372 (2006)

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/372/2006>

Energy Policy, volume 64, January 2014

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513003856>

Les données utilisées ici proviennent, pour les années postérieures à 1965, pour l'essentiel de la British Petroleum Statistical Review 1951-2012. Les plus anciennes proviennent pour l'Allemagne d'instituts professionnels : BGR, DEBRIV, GVSt, et des patientes compilations d'O.Rech pour la France et de D.Rutledge pour le Royaume-Uni.