

Cycle d'études 2006-2007

L'ÉNERGIE AU XXI^e SIÈCLE



Rapporteur général : Etienne BASTIN

Rapporteur général :

Etienne BASTIN

Groupe de l'Ariège

Groupe de Toulouse du Mardi

Groupe des Hautes-Pyrénées

le rapport n'engage que les membres de chaque groupe quant aux propos tenus.

S O M M A I R E

INTRODUCTION	4
I – DANS UN CONTEXTE UN FINANCIER, GEOPOLITIQUE, SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL MONDIAL DE PLUS EN PLUS INSTABLE...	
A. Les aspects environnementaux	5
B. Le contexte géopolitique	5
C. Les aspects financiers et socio-économiques	7
II - ...LA CONCEPTION DES POLITIQUES A MENER PARAÎT DE PLUS EN PLUS DIVERGER...	
A. Les grands espoirs de l'énergie nucléaire	8
B. L'énergie renouvelable	9
C. La marge de manœuvre des États et de l'Union européenne concernant le pétrole	11
D. Les spécificités du marché du gaz	12
III - ...DE FAIT L'EUROPE ET LES PAYS QUI LA COMPOSENT SE DOIVENT DE REAGIR...	
A. Les aspects extérieurs	13
B. Les aspects intérieurs	14
CONCLUSION	15
ANNEXES	16

INTRODUCTION

L'énergie est à la base de notre vie. Elle conditionne toute activité. Très vite l'Homme a cherché des sources d'énergie venant seconder celle qu'il tirait de ses aliments et qu'il utilisait entre autre sous forme de force physique.

Ces autres sources furent la puissance animale mais aussi celle de ses semblables, soit sous forme de coopération, d'entraide, soit en faisant appel à la contrainte, l'esclavage. Il apparaît également que la diversité de ces sources eut des répercussions sur la structure des sociétés : importance de l'élevage et sociétés à forte imprégnation rurale, mutualisation des efforts, compagnonnage ou esclavage et tyrannie.

La mise à disposition de formes d'énergies abondantes, disponibles et peu onéreuses a bouleversé nos sociétés et nos comportements.

Pour ces formes nouvelles d'énergie se sont posés des problèmes de stockage et de distribution. Et, en schématisant quelque peu, le stockage et la distribution se sont faits d'abord massivement, ont été régulés de manière collective puis la redistribution s'est développée à l'échelon individuel.

On peut remarquer que les pays en voie d'émergence, la Chine et l'Inde principalement, vivent actuellement cette même évolution. La demande forte d'une frange aisée de leur population constitue un des facteurs difficilement contrôlables de l'augmentation de la demande énergétique mondiale. Ces relations entre énergie et société amènent Flipo, Menozzi et Pécaud à estimer que « la production de l'énergie, sa consommation et son usage s'inscrivent comme des modalités de la structuration de l'espace social, urbain, rural, de l'entreprise, de l'univers domestique et induisent les formes des interactions entre eux ».

Actuellement deux périls nous menacent :

- D'une part les ressources se raréfient,
- D'autre part le risque déjà amorcé de changement climatique se concrétise.

Dans un contexte environnemental critique conjugué avec des risques croissants en terme de sécurité (financière, autonomie, attentats, transports...), le développement de l'économie mondiale engendre une concurrence sans partage en matière d'approvisionnement et de production d'énergie. La sécurité des échanges, en effet, devient un enjeu sur le plan géostratégique pour les groupements étatiques et/ou les États eux mêmes. Qui plus est les politiques française et européenne semblent diverger à l'aube des échéances électorales. La France et l'Europe se donnent-elles les moyens d'une politique cohérente et compétitive prenant en compte non seulement les échéances à court terme mais aussi la nécessité de préserver la planète pour les générations à venir et ce au risque de remettre en cause des tabous notamment sociaux ?

Afin de mieux cerner ces menaces et, si possible, de les prévenir, nous étudierons dans un premier temps le contexte géopolitique, les aspects financiers et socio-économiques et les aspects environnementaux.

Un deuxième chapitre sera consacré à la stratégie énergétique de l'Union Européenne et en particulier de la France.

La troisième partie sera consacrée aux actions à mettre en œuvre d'un part vis à vis de l'extérieur pour sécuriser les échanges et préserver l'environnement et d'autre part de manière interne pour mieux gérer la consommation en valeur et en qualité.

En **conclusion**, nous projetterons les conséquences possibles que ces diverses actions pourraient entraîner sur la structure de nos sociétés et sur nos environnements stratégiques.

I – DANS UN CONTEXTE UN FINANCIER, GEOPOLITIQUE, SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL MONDIAL DE PLUS EN PLUS INSTABLE...

L'aspect stratégique de l'énergie n'est pas quelque chose de nouveau. L'histoire récente du dernier quart du XX^{ème} siècle, avec les chocs pétroliers des années 1970, la première guerre du Golfe... en témoigne. Les craintes cependant ont depuis évolué. Dans une première période, on évoquait l'inflation, l'indépendance énergétique : économiser de l'énergie et utiliser d'autres énergies que les énergies fossiles avaient plus pour objectif de se protéger que de prendre en compte la réalité environnementale.

Aujourd'hui, et la campagne présidentielle 2007 en France le symbolise (en particulier avec le vent de sympathie dont a bénéficié Nicolas Hulot.), l'environnement s'invite dans les préoccupations des pays développés, même si les aspects géopolitiques et socio-économiques ne sont pas à négliger.

A : Les aspects environnementaux.

« Haussmann reviens, nous sommes devenus fous !... »

La mobilité en milieu urbain représente une part importante de la consommation d'énergie. Une étude menée par Newman et Kenworthy dans les années 90, montre que les villes les plus denses consomment moins d'énergie que les plus étalées (10 fois moins en Asie qu'aux États-Unis). Depuis le début du XX^{ème} siècle, cette mobilité s'est faite autour de l'automobile, créant ainsi une véritable dépendance, le nombre et la longueur des déplacements augmentant sans cesse du fait de l'accroissement du parc et de l'extension géographique des villes. Ce système énergétivore s'emballe. Il est grand temps de le maîtriser.

(cf annexe 1)

B : Le contexte géopolitique.

Depuis l'invention du moteur à explosion, tout le monde connaît l'importance du pétrole dans nos économies dont Clemenceau disait qu'il était « aussi précieux que le sang ». Les réserves d'hydrocarbures se trouvent dans des zones instables sur le plan stratégique (le Proche-Orient (75 %), l'Asie Centrale, la mer Caspienne...). La propriété et l'exploitation de cette matière première ont été régulièrement à la source de conflit entre les pays producteurs et consommateurs. Ce risque de conflit est plus que jamais menaçant de par la forte dépendance des pays industriels grands consommateurs. Ils ne sont pas non plus à l'abri d'une forte augmentation des prix à la suite d'une entente des pays producteurs comme par exemple « l'alliance » irano-saoudienne au sein de l'OPEP. Par ailleurs, le transport du pétrole et du gaz se fait principalement à travers des goulots d'étranglement qui permettent à certains États de faire peser une menace ciblée et permanente, par exemple le détroit d'Ormuz (golfe arabo-persique), présenté plusieurs fois comme la carotide de l'Occident ou le détroit de Malacca (Singapour).

Le risque d'une guerre dont la maîtrise des enjeux pétroliers serait la pomme de discorde est particulièrement important en mer Caspienne et dans le Golfe Persique.

Les réserves de pétrole situées sous les eaux de la mer Caspienne représentent 50 % des richesses concentrées dans la région. Leur propriété n'est pas clairement définie et fait occasionnellement l'objet de revendications de la part de Moscou. Ce ne sont pas en effet les deux plus grands pays (Russie et Iran) qui disposent des ressources les plus importantes mais quatre autres pays, à savoir l'Azerbaïdjan, le Kazakhstan et le Turkménistan à ouest, ainsi que l'Ouzbékistan. Leurs richesses en hydrocarbures constituent pour ces jeunes États un atout mais leur enclavement leur rend l'accès au marché mondial difficile. La carte des pipelines aujourd'hui et demain définira les clefs du partage des influences russe, turque et iranienne. Depuis quelques années, les conflits qui se sont déroulés dans cette région sont liés à l'exploitation du pétrole et du gaz naturel. Le conflit entre l'Arménie et l'Azerbaïdjan a été largement

entretenu par des puissances régionales. La Russie a soutenu politiquement et militairement l'Arménie, tandis que l'Iran et la Turquie apportaient leur aide à l'Azerbaïdjan. L'intervention des forces turques contre les Kurdes, tant sur le territoire turc qu'en Irak trouve également son origine dans l'existence d'oléoducs traversant les zones de combat et dans la volonté affichée de la Turquie de jouer un rôle majeur dans l'évacuation du pétrole d'Asie Centrale. L'instabilité en Géorgie liée à l'existence de deux républiques séparatistes entretenues par Moscou s'explique en partie par le rôle stratégique que ce pays limitrophe de l'Azerbaïdjan joue dans l'évacuation du pétrole vers la Turquie. De même, l'intervention en Tchétchénie repose en partie sur le facteur pétrolier, les dirigeants tchétchènes souhaitant s'approprier les oléoducs installés sur le territoire afin de bénéficier d'une partie de cette manne. L'instabilité encore actuelle de l'Afghanistan n'est pas étrangère aux ressources gazières dont dispose l'Asie Centrale et leur acheminement possible par le Pakistan vers l'océan Indien.

De même, le Caucase et la Turquie sont deux des points stratégiques les plus importants pour l'approvisionnement de l'Europe et des États-Unis s'agissant des hydrocarbures en provenance du Golfe Persique et de la région de la Mer Caspienne. Les États-Unis ont conclu de nombreux contrats afin de disposer de bases militaires dans différents pays de la région. Ainsi 250 soldats des forces spéciales américaines ont été envoyés en 2002 à la base de Vassiani en Géorgie pour former les troupes géorgiennes. Cette base se trouve à proximité d'oléoducs. De plus, les troupes américaines sont stationnées depuis plusieurs années en Turquie (base d'Incirlik). On observe également un redéploiement des forces militaires, stationnées jusqu'à présent en Allemagne, sur le pourtour de la mer Noire : l'installation de quatre bases militaires américaines sur le littoral roumain a été annoncée en avril 2005, et des négociations avec la Bulgarie sont en cours. La mer Noire constitue une zone stratégique de première importance pour la sécurisation du détroit des Dardanelles et des ports dans lesquels débouchent les pipelines en provenance de la mer Caspienne, de la Russie (port de Novorossiisk) et d'Irak. De plus, la présence de la VI^{ème} flotte américaine en mer Méditerranée orientale constitue une double sécurité et permet d'intervenir dans la région en question et de sécuriser le détroit du Bosphore.

Enfin, le Moyen-Orient et le golfe persique, sont également à risque car cette zone compte les cinq pays abritant les plus importantes réserves connues à savoir l'Arabie Saoudite, l'Irak, le Koweït, l'Iran et Abou Dhabi. L'Irak qui occupe la deuxième position a une large part de responsabilité dans l'instabilité de la région depuis une vingtaine d'année, et la présence américaine dans ce pays n'a pas que pour but de rétablir la démocratie.

Ici aussi les États-Unis sont très présents militairement essentiellement pour les mêmes raisons que précédemment. Des bases militaires américaines sont installées en Arabie Saoudite (base aérienne de Prince Sultan, 9 000 hommes), au Qatar (QG du commandement militaire US basé à Al-Udeid), à Bahreïn (siège de la V^{ème} flotte américaine) et au Koweït (100 000 soldats). Toutes ces bases permettent la « sanctuarisation » de l'Arabie Saoudite et la sécurisation du détroit d'Ormuz. De plus, depuis la guerre en Irak de 2003, au moins 150 000 soldats américains stationnent sur le sol irakien et tentent de sécuriser les pipelines qui sont la cible de nombreux sabotages.

Les États-Unis ont également placé des troupes aux alentours du Golfe, comme la V^{ème} flotte en Méditerranée orientale, qui permet de sécuriser le canal de Suez. En septembre 2002, un camp militaire américain ouvrait à Djibouti. Non seulement cette base signifie une volonté de limiter la menace terroriste qui pèse sur le détroit de Bab el-Mendeb (cf. les attentats réalisés au Yémen et dans la Corne de l'Afrique) ; mais elle marque aussi une confrontation stratégique avec des pays alliés, en l'occurrence la France. Si Djibouti était considéré jusqu'à présent comme une chasse gardée française, cela n'a pas empêché les États-Unis de rechercher un compromis avec les autorités djiboutiennes afin de profiter de la valeur géostratégique de Djibouti.

Ces deux grandes régions ne sont pas les seules où les Américains sont présents. En effet, après la découverte de réserves prometteuses dans les pays du golfe de Guinée (le Nigeria est le 6^{ème} producteur mondial), l'Afrique pourrait devenir dans la prochaine décennie la deuxième source de pétrole – après le Golfe Persique – des États-Unis ; ce qui les amènent également à s'intéresser de très près à la sécurisation de cette zone.

Concernant le continent sud-américain, parallèlement au soutien US dans la lutte contre la drogue, les Américains soutiennent financièrement certains États car il apparaît que les guérillas qui sévissent en Amérique du Sud s'en prennent de plus en plus aux infrastructures pétrolières des grandes compagnies nationales ou étrangères (sabotage de pipelines, explosion de stations services), et à leur personnel (prise d'otages, kidnapping).

Sur un plan plus général, les États-Unis ne se limitent pas à la propre sécurisation de leurs approvisionnements. Ils prennent également en charge la sûreté des flux à destination de pays consommateurs placés en dehors des routes d'approvisionnement américaines : le Japon, la Chine, et la Corée du Sud entre autres. En effet, devant la montée des périls menaçant le détroit de Malacca (13% du ravitaillement mondial en pétrole y transite), tels que la piraterie ou le terrorisme, plusieurs bases américaines ont été installées dans la région (notamment aux Philippines). Cette stratégie permet aux États-Unis d'accentuer envers eux la dépendance de ces pays qui bénéficient de la protection américaine.

La Chine a une stratégie très différente. Elle s'affranchit du marché mondial, en développant des accords privilégiés avec des pays producteurs dont elle est la seule à miser sur les ressources. Cette stratégie n'est donc pas mondiale, mais elle n'est pas non plus régionale, puisqu'elle n'est pas régie par une relation de proximité. C'est pourquoi la Chine tente de se rapprocher de plus en plus des États africains (le Soudan..).

Toute stratégie d'approvisionnement relève d'une représentation géopolitique particulière. Les États-Unis ont une vision mondiale de l'approvisionnement, c'est pourquoi toute la politique américaine est tournée depuis plus de 20 ans vers une diversification de leur réseau d'approvisionnement. Cela explique l'interventionnisme américain dans certaines régions du monde.

L'Europe, de son côté, a une vision plus régionale, fondée sur la proximité et la coopération.

L'approvisionnement dans un marché régional est essentiellement sécurisé par le contact diplomatique bilatéral alors que dans un marché mondial c'est l'ouverture économique qui prédomine.

C'est donc une analyse géopolitique qui emmène à tester une approche macro régionale du marché des hydrocarbures.

C : Les aspects financiers et socio-économiques : le potentiel de l'Euro comme monnaie de transaction pour les hydrocarbures.

L'Euro a aujourd'hui le même statut que le Dollar. Il devient une monnaie internationale de réserve, sûre, et présente à l'échelle mondiale.

Afin de se prémunir d'une crise du Dollar, l'Iran, la Russie et la Syrie réfléchissent à libeller les échanges du pétrole en Euros.

Cette réflexion n'est pas nouvelle. En Iran au tout début de la révolution, Khomeini avait déjà envisagé d'utiliser le Mark, le Franc et le Franc suisse. Mais l'idée avait échoué car les Allemands n'étaient pas prêts à mettre leur devise dans la balance sur le marché mondial.

C'est donc aussi un choix politique. Si les pays de l'OPEP qui ont beaucoup de relations commerciales avec l'Europe décidaient de prendre l'Euro comme monnaie de transaction, l'Union Européenne (U.E.) aurait un poids plus grand au Moyen Orient.

Mais Les pays européens ne souhaitent pas voir l'Euro remplacer complètement le Dollar. Ils souhaitent surtout créer un panel de monnaies pouvant servir aux transactions.

La Grande-Bretagne n'est pas dans la zone Euro et elle est le chef file des États qui ne souhaitent pas rentrer en conflits avec les États-Unis.

Il existe aussi des risques économiques. Si les Banques centrales se mettaient à substituer des Euros aux Dollars qu'elles détiennent, il s'ensuivrait une forte dépréciation du billet vert, et une récession de l'économie américaine. Les Etats d'Asie s'opposent également à ce changement.

II - ...LA CONCEPTION DES POLITIQUES A MENER PARAÎT DE PLUS EN PLUS DIVERGER...

A : Les grands espoirs de l'énergie nucléaire.

Si la démocratisation des biocarburants se heurte à des problèmes fiscaux, si le moteur à hydrogène et la pile à combustible nécessitent des avancées techniques, le développement de l'énergie nucléaire est freiné par des décisions politiques. Or, la situation internationale est propice à un retour en grâce de l'énergie nucléaire. Après la Finlande, la France a décidé de construire un réacteur EPR de troisième génération sur son sol (Flamanville). De leurs côtés, l'Allemagne, le Royaume-Uni et les États Unis réfléchissent à un retour en force de l'électronucléaire dans leur politique énergétique, mais hésitent encore à franchir le pas du fait de fortes réticences des opinions publiques.

D'ici 2020, 19 centrales Françaises de 2^{ème} génération arriveront en fin de vie. Les réacteurs EPR de la 3^{ème} génération, d'une puissance de 1.6 GW, assureront la relève partielle du parc électronucléaire français. Même s'ils ne représentent pas une réelle rupture technologique avec la génération précédente, ils contribuent à augmenter les rendements de 17% tout en diminuant de 15% les rejets radioactifs. Leur talon d'Achille réside dans l'utilisation de l'uranium 235, présent à seulement 0,7% dans le minerai d'uranium. Ce qui nécessite une étape d'enrichissement.

La solution, pour palier à l'extinction trop rapide des ressources viendrait des réacteurs de 4^{ème} génération dont le principe de base repose sur la régénération : c'est à dire qu'ils fabriquent leur propre combustible. Deux cycles sont techniquement possibles : celui de l'uranium (U238)/plutonium et celui du thorium/uranium (U233). Les réserves mondiales connues de thorium sont évaluées au triple de celles de l'uranium et permettent d'envisager une solution fiable à moyen terme qui devrait voir le jour autour de 2040. Une telle technologie permettrait de produire sensiblement 1GW pour une tonne d'uranium alors que les solutions actuelles nécessitent 200 tonnes pour fournir la même puissance. De plus, ces centrales seraient à même de fournir l'hydrogène nécessaire aux véhicules équipés de pile à combustible.

Pour le très long terme, la France ambitionne de maîtriser la fusion nucléaire selon deux principes différents : le premier dit du « confinement inertiel » utilisera le laser mégajoule de Bordeaux pour porter à haute température et pression un mélange de deutérium et tritium. Le second utilise des champs magnétiques pour confiner un plasma : c'est le projet ITER de Cadarache. Dans les deux cas l'énergie libérée est dix fois supérieure à celle de la fission des centrales nucléaires actuelles, ceci sans production de déchets radioactifs. Les défis technologiques tels que la fourniture de tritium à partir d'atome de lithium ainsi que les matériaux capables de contenir ce soleil miniature ne permettront pas d'envisager une solution avant 2100.

Même si le financement du projet ITER se fait sur une base mondiale, des voix s'élèvent pour lui reprocher d'absorber trop d'argent au détriment d'autres solutions à moyen terme. Ainsi tel Grouchy arrivant en retard à la bataille de Waterloo, ITER sera-t-il capable de fournir à temps une solution avant que ne surgissent les problèmes liés à l'après pétrole ainsi qu'au réchauffement climatique ?
(Cf. Annexes II et III)

B : Les énergies renouvelables.

a) Définition.

Il s'agit de sources d'énergie considérées comme inépuisables. C'est leur capacité à se renouveler assez rapidement à l'échelle de l'homme qui nous permet de les qualifier de renouvelable. Le pétrole ou le gaz naturel et l'énergie nucléaire ne sont pas des énergies renouvelables car il faudrait des millions d'années pour reformer la quantité d'énergie fossile consommée et, de son côté, la réserve d'uranium disponible est limitée.

Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants, principalement le soleil (rayonnement direct mais aussi action différée sous forme de vent, hydraulique ou biomasse), mais aussi la lune (marée) et la terre (énergie géothermique).

b) L'Union Européenne et les énergies renouvelables.

Il s'agit d'un des éléments importants de la politique énergétique de l'Union européenne. Le livre blanc de 1997 fixait l'objectif de 6 % d'énergie renouvelable pour l'Union en 2010.

Par la suite, des directives sont venues préciser cet objectif :

- La directive électricité renouvelable (2001) fixe l'objectif indicatif de 21 % d'électricité renouvelable dans la consommation brute de l'Union en 2010 (l'objectif assigné à la France est également de 21 %) ;
- La directive biocarburant (2003) donne des objectifs indicatifs de 5,75 % de substitution par les biocarburants pour 2010 ;
- La Commission étudie actuellement la possibilité d'une directive chaleur renouvelable ;
- Le Conseil Européen des 8 et 9 Mars 2007 a pris un triple engagement à l'horizon 2020 pour l'ensemble de l'union : réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serres (GES) par rapport à 1990, réaliser 20% d'économie d'énergie par rapport à 1990, et porter à 20% la part des énergies renouvelables contre 7% aujourd'hui.

Les différents pays de l'Union ont donc mis en place des politiques plus ou moins volontaristes en matière d'énergies renouvelables en associant des mesures économiques, légales et sociales.

Le Danemark était le leader de l'électricité éolienne et reste le pays qui produit les niveaux les plus élevés d'électricité à partir du vent. Mais l'Allemagne a commencé à accroître sérieusement sa capacité éolienne au milieu des années 1990 avec l'application des subventions et des prêts bon marché, et a maintenant plus d'un tiers de toute la capacité de production éolienne du monde. L'Espagne a commencé récemment la production d'énergie éolienne, mais dès 2002 a rattrapé les États-Unis pour devenir le pays avec le deuxième niveau le plus élevé pour la capacité installée d'énergie éolienne.

L'Autriche, la Grèce et l'Allemagne sont en tête dans le domaine de la production de chaleur solaire.

La France a produit 6% de son énergie à partir de sources renouvelables, 4 % provenant de la biomasse (essentiellement bois énergie) et 2 % de l'hydraulique. L'éolien, en revanche, est encore très peu développé malgré des taux de croissance annuels voisins de 100 %. De même la France compte parmi les mauvais élèves européens en matière de surface solaire installée par habitant.

En France, on impute traditionnellement le retard pris dans le développement des énergies renouvelables (comme l'éolien ou le solaire photovoltaïque) à l'accent mis sur l'énergie nucléaire et l'hydraulique, mais il ne faut pas négliger les freins socio-culturels : encore aujourd'hui, les programmes immobiliers individuels ou collectifs, privés ou publics, ne laissent qu'une place tout à fait marginale aux systèmes de captation de l'énergie solaire (ce qui oriente le parc immobilier pour les prochaines décennies).

De manière générale, les aides au développement des énergies renouvelables (aides directes à l'investissement, avantages fiscaux, tarifs d'achat, marché des certificats...) existent dans tous les pays d'Europe mais ne font l'objet d'aucune harmonisation ni même concertation entre pays, et ont, de fait, tendance à diverger.

(Cf. Annexes IV et V les pourcentages d'énergies renouvelables en Europe)

c) Les énergies renouvelables : Quels avantages ?

- **Sur le plan social :**
 - Peu d'impact en cas d'accident grave et plus facilement maîtrisable ;
 - Les ressources exploitées sont locales, permettant ainsi un développement équitable et durable d'un territoire.
- **Sur le plan économique :**
 - Le coût d'une énergie renouvelable ne dépend pas des variations des cours des matières premières ou du pétrole. Les risques financiers d'une manière générale sont limités ;
 - Il y a une possibilité de comptabiliser l'économie d'émission de gaz à effet de serre pour ce type d'énergie (valeur carbone) ;
 - Le démantèlement des systèmes de production est facile, rapide et peu coûteux ;
 - Les déchets sont peu coûteux.
- **Sur le plan environnemental :**
 - Pas limité par l'épuisement de son gisement ;
 - La production de gaz à effet de serre presque nulle. (Dans le cas de la biomasse, le gaz carbonique est plus que compensé par la réabsorption par la végétation si elle est replantée en continu) ;
 - Peu de déchets et peu dangereux

d) Les énergies renouvelables : quelles contraintes ?

- **Conditions géographiques**

La production d'énergie renouvelable, reposant sur l'exploitation de phénomènes naturels, requiert certaines conditions géographiques, comme par exemple la présence d'un vent suffisamment puissant et régulier pour permettre l'utilisation d'éoliennes. Certains pays ou certaines régions peuvent par conséquent être défavorisés.

Une difficulté inhérente aux énergies renouvelables est leur nature diffuse et leur irrégularité. Puisque les sources d'énergie renouvelable fournissent une énergie d'une intensité relativement faible répartie sur de grandes surfaces, de nouveaux genres de «centrales» sont nécessaires pour les convertir en sources utilisables. Pour mieux comprendre la «faible intensité sur de grandes surfaces», il convient de noter que pour produire 1 000 kWh d'électricité par an (consommation annuelle par habitant dans les pays occidentaux), le propriétaire d'une habitation en Europe nuageuse doit installer huit mètres carrés de panneaux solaires

- **L'impact sur le milieu naturel et la faune**

La construction des installations nécessaires a parfois un impact sur le paysage. On cite souvent les éoliennes et dans une moindre mesure les toitures solaires.

La construction d'un barrage hydroélectrique a des conséquences lourdes : inondation de vallées entières, modification profonde de l'écosystème local, obstacle à la migration des poissons.

On a également accusé les éoliennes de représenter un danger pour les oiseaux (bien qu'une éolienne tue 0 à 3 oiseaux par an alors qu'un kilomètre de ligne à haute tension en tue plusieurs dizaines par an). En fait, il semblerait que le plus gros risque soit pour les chauves-souris, dont on retrouve régulièrement des cadavres sur les sites éoliens.

- **Le stockage et la distribution**

Les énergies renouvelables ne sont pas disponibles à la demande, il est donc nécessaire de compenser, en disposant d'un stockage suffisant, auprès du consommateur, du producteur, ou à travers un réseau d'échange.

L'utilisation de l'énergie renouvelable, qui peut souvent être produite « sur place », diminue les appels aux systèmes de distribution de l'électricité. Un ménage moyen disposant d'un système solaire photovoltaïque avec du stockage d'énergie, et de panneaux solaires de la bonne taille, n'a besoin de recourir à des sources d'électricité extérieures que quelques heures par semaine. En généralisant cet exemple, les avocats de l'énergie renouvelable pensent que les systèmes de distribution d'électricité (lignes très haute tension -THT-, transformateurs, ...) devraient être moins importants et plus faciles à maîtriser.

Dans les pays fortement industrialisés, où la plupart des consommateurs et producteurs d'énergie sont reliés à un réseau électrique qui peut assurer des échanges d'un bout à l'autre d'un pays ou entre pays, ce réseau peut-être considéré comme un moyen de stockage virtuel. Les aléas de la production et de la consommation peuvent être compensés par le foisonnement. La diversification des sources peut également entraîner des complémentarités intéressantes pour éviter un stockage artificiel.

- **Contraintes économiques et organisationnelles**

Les filières industrielles, qui existent dans de nombreux pays d'Europe, sont encore quasi inexistantes en France.

e) Rentabilité économique

La mise en oeuvre d'une filière d'énergie renouvelable nécessite de faire un bilan économique. Les aides publiques diverses (subventions, tarifs d'achat...), ainsi que la mise en place des permis d'émission de gaz à effet de serre rendent ces filières rentables: on attend des taux de 12 % ce qui est très élevé. Cependant, on ne sait pas exactement quelles seront les rentabilités comparées en fonction des procédés techniques employés.

Aujourd'hui, les énergies renouvelables représentent 13,5 % de la consommation totale d'énergie comptabilisée dans le monde et 18 % de la production mondiale d'électricité. L'hydraulique, la biomasse et les déchets assurent l'essentiel de cette production (10,6%).

C : La marge de manœuvre des États et de l'Union européenne concernant le pétrole.

a) le pétrole : un marché mondialisé.

A la différence du marché du gaz, le marché du pétrole est mondialement intégré. Les gisements ne sont généralement pas liés à une zone de consommation spécifique. Si un État pour des raisons politiques décidait de ne plus commercer avec un pays, cela ne mettrait pas en péril l'approvisionnement de celui-ci. Le pétrole de l'Etat producteur irait vers d'autres pays et les flux marchands permettraient de rééquilibrer le marché. De son côté, l'Etat visé par la sanction serait alimenté par d'autres réseaux. (Exemple du Venezuela qui, de fait, exporte son pétrole au États-Unis). Une poignée de « majors » (Shell, Exxon, BP, Total...), de volume financier gigantesque, jouent le rôle d'intermédiaires obligés entre producteurs et consommateurs. Par ailleurs, les déplacements maritimes du pétrole sont suffisamment conséquents pour donner aux flux pétroliers une dimension mondiale et parfaitement inter connectée.

b) .Assurer la fluidité de l'approvisionnement.

La hausse des prix du pétrole est en partie due à une incapacité d'augmenter la production pétrolière. Les cadres juridiques mis en place par les pays producteurs les plus importants, l'Arabie Saoudite notamment, limitent les possibilités d'investissement en amont. Dans ces circonstances, l'Europe doit promouvoir, par voie diplomatique, un environnement plus propice à l'ouverture de l'amont pétrolier. Les APP (Accord de Partage de Production) sont à ce titre un type de contrat très approprié.

Les compagnies pétrolières peuvent, elles aussi, favoriser l'ouverture, en s'investissant dans le développement local des pays producteurs : construction d'infrastructures publiques, création d'emplois nationaux, etc.

En aval, les pouvoirs publics doivent inciter les compagnies pétrolières à réinvestir leurs bénéfices pour multiplier le nombre de raffineries.

Enfin, les instances internationales doivent favoriser la transparence des informations afin de limiter les effets de la spéculation sur les marchés des hydrocarbures. Les voies d'acheminement des hydrocarbures restent encore sensibles malgré le programme américain de sécurisation des voies maritimes. Dans ce domaine, il faut promouvoir une action multilatérale publique privée, puisque la sécurité du transport concerne au même titre les États (producteurs et consommateurs) et les entreprises pétrolières. Des dialogues diplomatiques avec les pays producteurs, des stratégies militaires, et des concertations avec les entreprises pétrolières doivent être mises en œuvre au niveau européen.

c) Diversifier ses approvisionnements.

La diversification des approvisionnements en hydrocarbures est une nécessité pour se prémunir d'une trop grande dépendance à l'égard d'un pays producteur en particulier ou d'un nombre restreint d'infrastructures. Cette diversification géographique permet de s'assurer un accès au marché mondial.

Il existe également une diversification des types d'énergies utilisées. Dans le domaine des hydrocarbures, les technologies de conversion du gaz et du charbon en liquide (Gas to liquid GTL, Coke to liquid CTL) permettent de contribuer à cette diversification.

d) La stratégie pétrolière d'un État peut contribuer à son rayonnement culturel et diplomatique.

Les masses financières engagées lors des transactions pétrolières étant considérables, elles confèrent aux acteurs du marché un pouvoir d'influence global. Dès lors, les dialogues entrepris aux niveaux national et européen autour des problématiques pétrolières peuvent constituer un levier pour promouvoir le rayonnement national ou européen.

A ce titre, la présence d'une compagnie pétrolière de nationalité française dans un pays producteur, si elle ne garantit en aucun cas l'approvisionnement national, génère cependant de nombreux avantages économiques, culturels et diplomatiques.

De la même manière, la sécurisation des voies de transport est un bon argument pour déployer ses forces militaires à l'international.

D : Les spécificités du marché du gaz.

Jusqu'à une époque récente, le marché du gaz était encore régional et non mondial. Les échanges supposaient en effet des infrastructures de transport spécifiques terrestre très lourdes et très onéreuses (gazoducs). Il importait que les zones de consommation et de production fussent les plus proches possible. Cette caractéristique imposait que les contacts diplomatiques bilatéraux soient très forts. La sécurisation de l'approvisionnement passait par une diversification des voies d'approvisionnements par le jeu diplomatique. Le marché du gaz restait donc fondé sur une logique régionale et des transactions de nature inter étatique et diplomatique, les acteurs dominant étant les États eux-mêmes ou des sociétés étatiques.

Depuis deux décennies, toutefois, et avec une très forte accélération depuis environ trois ans, le marché du gaz est en train de changer complètement de nature, et semble se mondialiser en particulier grâce au développement du Gaz naturel liquéfié (GNL) et la multiplication des ports et des navires. En corollaire, la nature des acteurs du marché s'est complètement transformée. L'ensemble de sociétés d'État créées au lendemain de la guerre (sur le modèle de Gaz de France) ont fait place, comme pour le pétrole, à un certain nombre de sociétés privées (EON, ENDESA, CENTRICA ...) de taille bien plus importantes que les anciennes sociétés étatiques. Seule la France reste accrochée au modèle d'entreprise étatisé (Gaz de France actuellement à 70%), condamné, par là même, à rester plus petit que les autres (en effet, une entreprise nationalisée ne peut, par définition, si elle veut le rester, s'allier d'égal à égal avec d'autres acteurs, et a beaucoup plus de mal à en absorber d'autres qu'une entreprise privée). Qui plus est, l'option de « renationalisation à 100% », soutenue par de nombreuses forces politiques dans le cadre électoral de

2007, et aussi par une grande partie de l'opinion publique, bien que complètement à rebours des choix de nos partenaires, en plus de coûter très cher aux finances publiques, pérenniserait cet état d'infériorité, et éloignerait encore la perspective d'une politique Européenne commune en matière de gaz.

III - ...DE FAIT L'EUROPE ET LES PAYS QUI LA COMPOSENT SE DOIVENT DE REAGIR...

A : Les aspects extérieurs.

1 Sécurisation des transports de pétrole.

Si le positionnement des troupes américaines à travers le monde n'a pas toujours comme premier objectif la sécurisation des routes d'approvisionnement des hydrocarbures (comme en l'Asie Centrale), il n'en demeure pas moins que la présence militaire américaine représente un atout stratégique primordial et offre aux États-Unis le monopole de cette sécurisation.

Les États-Unis négocient l'obtention de bases militaires pour garantir la protection des principales infrastructures de la région Caspienne et du moyen orient. Il ne faut pas oublier que La région du Golfe Persique abrite 50% des réserves pétrolières mondiales prouvées et près de 40% des réserves prouvées de gaz.

Les Américains ont développé également une politique de sécurisation des routes d'approvisionnement du Golfe de Guinée, (l'oléoduc Tchad-Cameroun et l'oléoduc Higeig-Port-Soudan à l'est) mais également les sites d'extraction de la région. Cette région à terme deviendra la deuxième source d'approvisionnement

Même si l'Europe dispose désormais d'une puissance monétaire, elle n'est pas doublée d'une puissance politique et militaire, comme c'est le cas pour les États-Unis. De ce fait, seul les Américains ont la possibilité d'assurer la sécurisation des acheminements des hydrocarbures.

2 Multiplication des approvisionnements.

Les outils dont disposent les États et les entités supranationales pour répondre à la demande en hydrocarbures peuvent être de nature diplomatique, économique, militaire, fiscale, etc., et sont utilisés à différentes étapes du marché. Dans une logique de plus court terme, le bon fonctionnement du marché doit passer par une sécurisation des approvisionnements.

Si un pays consommateur subit une rupture d'approvisionnement, cela ne peut être que la cause d'un réseau de fournisseurs insuffisamment diversifié. Il s'ensuit que la stratégie clé pour sécuriser l'approvisionnement consiste à diversifier les points d'entrée du pétrole et à éviter leur saturation. La construction européenne est un atout certain pour les pays membres car elle permet d'augmenter les points d'entrée.

Ces points d'entrée sont :

- Les détroits : Bab el-Mendeb - canal de Suez dont les capacités devraient être augmentées, et le Bosphore qui présente un risque réel de saturation ;
 - Les ports qui sont les garants de la fluidité du marché.
- Les pipelines sont également particulièrement sensibles. Un oléoduc constitue une infrastructure unique, alors que le transport maritime utilise des structures multiples, donc substituables (les bateaux). En conséquence, la défaillance d'un oléoduc est bien plus préjudiciable pour l'approvisionnement que celle d'un bateau. À cet égard, les craintes inspirées par le déplacement vers l'Est des gisements russes sont très significatives.

3. Des stratégies de régionalisation.

Si l'Europe peut éventuellement soutenir un dialogue diplomatique favorable à la constitution de bloc régional de pays producteurs, elle ne doit pas négliger son développement propre. Harmoniser les politiques énergétiques des pays européens, en garantissant les interconnexions pétro gazières ou encore en développant les infrastructures aux frontières de l'Europe, serait un objectif essentiel pour sécuriser ses approvisionnements.

4. Perspectives en matière de gaz.

Une réelle volonté de politique Européenne supposerait également une diplomatie concertée voire même unique. Cela supposerait par exemple que l'ensemble des pays s'entendent en matière d'approvisionnement, de production, d'infrastructures de transport, mais aussi d'organisation du marché (privatisation des acteurs, principes de régulation...). Un tel ensemble de pratiques permettrait d'agrandir le volume d'achat, l'espace de consommation, donc de minimiser le risque de rupture d'approvisionnement.

B : Les aspects intérieurs.

1 Maintien de l'option nucléaire.

Suite à l'analyse faite précédemment, le moyen de production d'électricité le plus efficace et le plus propre est aujourd'hui le nucléaire.

Cependant, les centrales nucléaires ne bénéficient pas de la souplesse des autres modes de production qu'il est nécessaire d'utiliser comme source d'appoint pour les pics de consommation.

2 Réduction des gaz à effet de serre

Trois mesures seraient applicables pour limiter l'utilisation des énergies émettrices de gaz à effet de serre :

- Tout d'abord, dans les transports individuel, il conviendrait de limiter au maximum l'utilisation des automobiles dans les grandes agglomérations, ce qui nécessiterait une vraie politique urbaine cohérente, bien entendu au niveau des aires urbaines (ou bassins d'emploi/habitat) dans leur totalité du réseau interconnecté de transports, parkings de contact, péages urbains, densité d'occupation...
- Ensuite, l'amélioration de l'isolation et de la conception des bâtiments, en conformité à la loi POPE de 2005, qui devra être mise en application au plus tôt dans son intégralité (décrets et modalités encore manquantes) :
 - Réglementation sur les nouvelles constructions pour limiter leurs besoins en consommation d'énergie en cas de pics de froid ou de chaleur ;
 - Astreinte et incitation financière pour les travaux de rénovation et ce non seulement pour les particuliers, mais aussi pour les entreprises et les collectivités locales.
- Enfin, un autre aspect aussi important est celui des transports de marchandise à grande distance. Il serait souhaitable de favoriser le recours (et le retour) à des modes plus économes de 3 manières :
 - Amélioration des performances et de la fiabilité du réseau et du système de fret ferroviaire, actuellement très dégradé ;
 - Développement du ferroutage à l'inverse de la tendance actuelle au "just on time", qui contribue, à l'absurde, au transfert systématique du rail à la route, et à la multiplication du nombre de trajets. Exemple : en quelques années, la Poste a éradiqué le transport par train au profit de la route, tout en augmentant le nombre et la longueur des trajets, et sans améliorer la qualité du service !
 - Redéveloppement du transport fluvial, à l'instar de beaucoup de nos voisins Européens.

Il faut toutefois intégrer la dimension sociale de ces choix, car les métiers en lien avec la construction automobile et le transport routier sont particulièrement pourvoyeur d'emploi. Ceci est tout particulièrement vrai dans les zones rurales.

CONCLUSION

L'Europe s'est construite autour de la question énergétique en 1952 avec la construction de la Communauté européenne du charbon et de l'acier (CECA), complétée en 1957, avec la Communauté européenne de l'énergie atomique (Euratom).

Cette Europe de l'après guerre avait pour ambition de réduire la dépendance énergétique des pays européens, en particulier par le développement de l'énergie nucléaire, et de diminuer la pression des acteurs du marché du pétrole et du charbon sur l'économie des États membres.

Depuis 2002, le traité de la CECA n'a pas été renouvelé et les Européens ne disposent pas d'une vraie politique commune de l'énergie. La preuve, la plus récente, est apparue à l'occasion du conflit sur le prix du gaz entre la Russie et l'Ukraine. Les pays de l'Union en sont restés largement au principe du « chacun pour soi ». On peut citer également le manque de coordination Européenne dans la gestion des moyens de production et de transport d'électricité à l'occasion de la panne récente de Hambourg en 2006, ou encore l'anarchie dans les politiques d'aide aux Énergies Renouvelables et à la Maîtrise De l'énergie (tarifs d'achat, normes constructives...)

La Commission tente depuis ces dernières années d'agir par le biais de directives sur les économies d'énergie, les énergies renouvelables, les biocarburants, dans le respect des engagements de Kyoto. Le récent « paquet énergie » approuvé par les États les 7 et 8 mars 2007 va dans ce sens, en y introduisant en particulier la dimension Recherche Développement (Nucléaire, hydrogène...).

Par ailleurs, la concurrence s'accroît avec le développement de nouveaux pays tels que l'Inde et la Chine. Les risques d'approvisionnements, en particulier, pétroliers sont exacerbés. L'augmentation constante de la population mondiale et donc de ses besoins, mènent à une situation environnementale des plus inquiétantes.

Les premières initiatives peuvent être de trois ordres :

- limiter les consommations d'énergie dans les processus industriels, dans la construction immobilière et dans la vie quotidienne ;
- encourager les modes de déplacement doux en agglomération ;
- développer d'autres méthodes de transport de fret comme le feroutage.

Toutefois, l'absence d'une diplomatie commune et d'instruments de travail partagé plus efficaces, renvoie les solutions à court terme au niveau national et non européen. La question de la stratégie énergétique est une bonne illustration du chemin que l'Europe doit encore parcourir pour se consolider. Il est de la responsabilité de l'Union de veiller à la sécurité de son approvisionnement et au respect de ses engagements environnementaux.

L'énergie pourrait et devrait être un thème prioritaire de relance de la dynamique européenne

A N N E X E S

ANNEXE I : Consommation de carburant et densité urbaine.

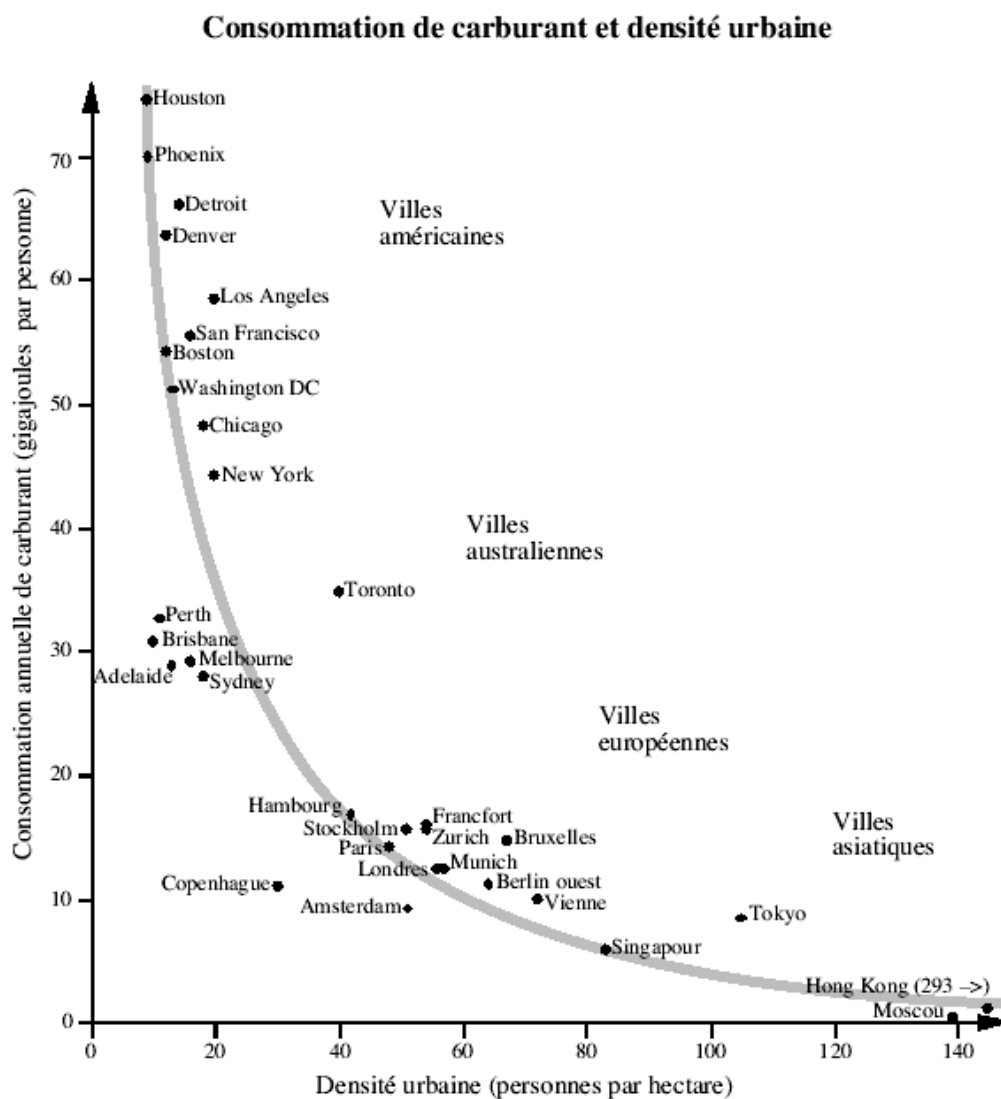
ANNEXE II : Le nucléaire en Europe et en France.

ANNEXE III : Les ressources connues d'uranium.

ANNEXE IV : Le pourcentage des énergies renouvelables en Europe.

ANNEXE V : Les carburants de demain : Hydrogène , Pomme de Terre ou Champignons ?

ANNEXE I : Consommation de carburant et densité urbaine



Source : Newman et Kenworthy, 1989, p. 48.

Source : Newman / Kenworthy (1989)
Julien Allaire : LEPPII (Avril 2006)

Annexe II: Le Nucléaire en Europe et en France

European Union: about 3200 tonnes per year, including:

Spain: 9 reactors (24% of electricity)

France: 59 reactors (77% of electricity)

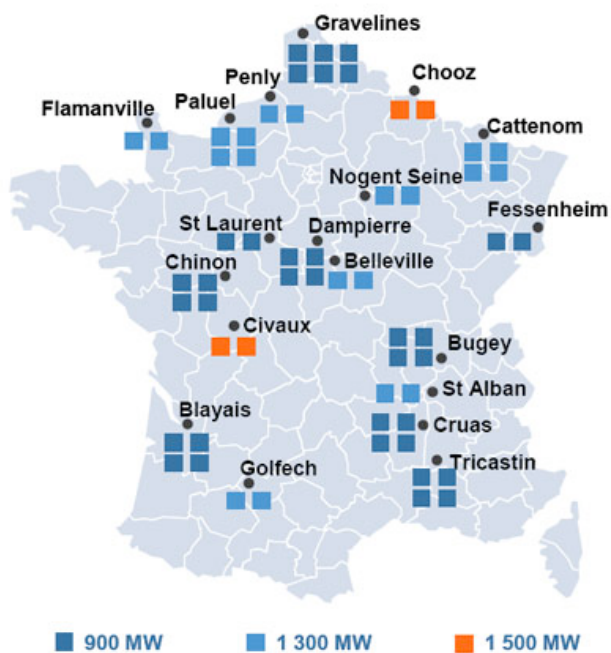
UK: 23 reactors (20% of electricity)

Sweden: 10 reactors (50% of electricity)

Germany: 17 nuclear reactors (30% of electricity)

Belgium: 7 reactors (55% of electricity)

Finland: 4 reactors (27% of electricity)



La France métropolitaine compte actuellement 58 réacteurs nucléaires de type REP répartis sur 19 centrales. Ces dernières devront être démantelées à partir de 2020. Pour la suite, un réacteur EPR est déjà prévu sur le site de Flamanville. Mais d'autres technologies sont à l'étude. © CNRS - Source EDF

Annexe III: Les ressources connues d'uranium

Known Recoverable Resources* of Uranium

	tonnes U	% of world
Australia	1,143,000	24%
Kazakhstan	816,000	17%
Canada	444,000	9%
USA	342,000	7%
South Africa	341,000	7%
Namibia	282,000	6%
Brazil	279,000	6%
Niger	225,000	5%
Russian Fed.	172,000	4%
Uzbekistan	116,000	2%
Ukraine	90,000	2%
Jordan	79,000	2%
India	67,000	1%
China	60,000	1%
other	287,000	6%
World total	3,622,000	

Annexe IV : Le pourcentage des énergies renouvelables en Europe

	1985	1990	1994	2003
Union Européenne	5,61	5,1	5,4	6,0
Allemagne	2,1	2,1	1,8	3,4
Autriche	24,2	22,8	23,7	20,3
Belgique	1,0	1,0	0,8	1,9
Chypre				1,5
Danemark	4,5	6,3	6,5	13,3
Espagne	8,8	6,7	6,5	7,0
Estonie				9,5
Finlande	18,3	16,7	18,3	21,2
France	7,2	6,3	8,0	6,4
Grèce	8,8	7,1	7,2	5,1
Hongrie				3,4
Irlande	1,8	1,7	1,6	1,7
Italie	5,6	4,6	5,5	5,9
Lettonie				33,4
Luxembourg	1,3	1,2	1,3	1,4
Malte				0,0
Pays-Bas	1,4	1,4	1,4	2,5
Pologne				5,4
Portugal	25,1	17,5	16,6	17,0
République Tchèque				2,8
Royaume-Uni	0,5	0,5	0,7	1,4
Slovaquie				3,3
Slovénie				10,5
Suède	24,4	24,9	24,0	26,3
Bulgarie				4,9
Islande				72,8
Norvège				47,3
Roumanie				9,9
Turquie				12,6

Source : Europa.eu et [Agence européenne pour l'environnement](http://Agence.europeenne.pour.l'environnement), Copyright EEA, Copenhague, (2006)

ANNEXE V : Les carburants de demain : Hydrogène, Pomme de Terre ou Champignons ?



Etat des lieux

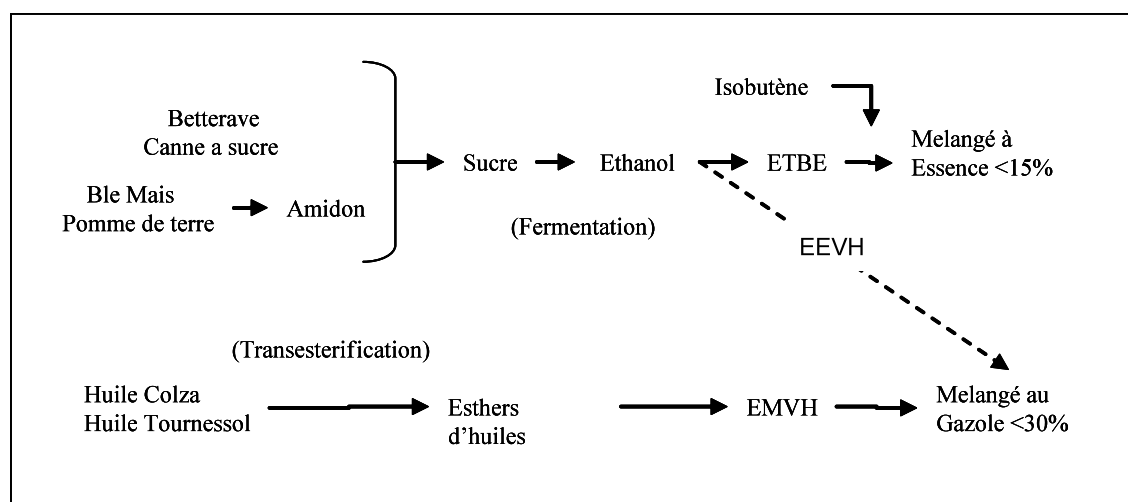
Notre « gourmandise » énergétique nous impose de repenser l'alimentation en carburant de nos véhicules pour réduire drastiquement les émissions de CO₂, sous peine de rendre notre planète invivable.

Ce passage aux « autres solutions » représente une chance historique d'assurer notre indépendance énergétique, et d'exporter nos technologies. Il permettra aussi de laisser les dernières gouttes de pétrole au transport aérien qui, contrairement à l'industrie automobile, n'a pas de solution de rechange.

Court et moyen termes : Les Biocarburants

a) Les Biocarburants de 1^{er} génération

L'objectif communautaire est de remplacer l'huile minérale, qu'est le pétrole, par de l'huile végétale à hauteur de 5.75% min d'ici 2010. Il existe deux filières : celle de l'éthanol pour les moteurs à essence, développée aux Brésil et aux USA depuis 30ans, et celle des huiles végétales pour les diesels développée en Europe. Deux produits permettent d'amorcer ce changement : l'ETBE et l'EMVH (biodiesel)



L'ETBE (en France : 70% Betterave 30% blé), mélangé jusqu'à 15% à l'essence, permet de gommer certains inconvénients de l'éthanol (démixtion, volatilité et pollution à l'ozone) malgré une plus faible réduction d'émission de CO₂ (Éthanol : -60%; l'ETBE : -22%) et des problèmes de disponibilités de l'isobutane en raffinerie.

Lancé dans les années 1970, les biocarburants américains et brésiliens sont largement plus compétitifs que les européens qui accusent un grand retard en la matière. La production mondiale d'éthanol se répartit en : Brésil 62%, USA : 43% (maïs), autres 5%. Pour l'EMVH, qui donne de meilleures réductions des émissions de CO₂ (-70%), l'Europe est logiquement leader mondiale : Allemagne 44%, France 22%, Italie 17%, autres 17%. Le Brésil développe une filière de production de l'EEVH, utilisant l'éthanol pour estérifier les huiles (Gazole), et qui pourrait sérieusement concurrencer l'EMVH européen. La France, leader dans la production des biocarburants dans les années 1990, s'est laissé distancer par les autres pays européens. La contribution au sein de l'UE, de cette 1^{er} génération ne peut être que modeste. En effet, pour satisfaire 10% de ses besoins énergétiques, l'UE doit convertir 70% de ses terres agricoles, contre 30% aux USA, 3% au Brésil, et 0.3% au Canada.

Comparaison des coûts de production en \$/litre (sans défiscalisation)

ETHANOL			EMVH
Europe	Etats-Unis	Brésil	Europe
0.3-0.45	0.3	0.23	0.27-0.5

Brut 25\$/bl.	à Brut 50\$/bl.	à Brut 75\$/bl.
0.2	0.4	0.6

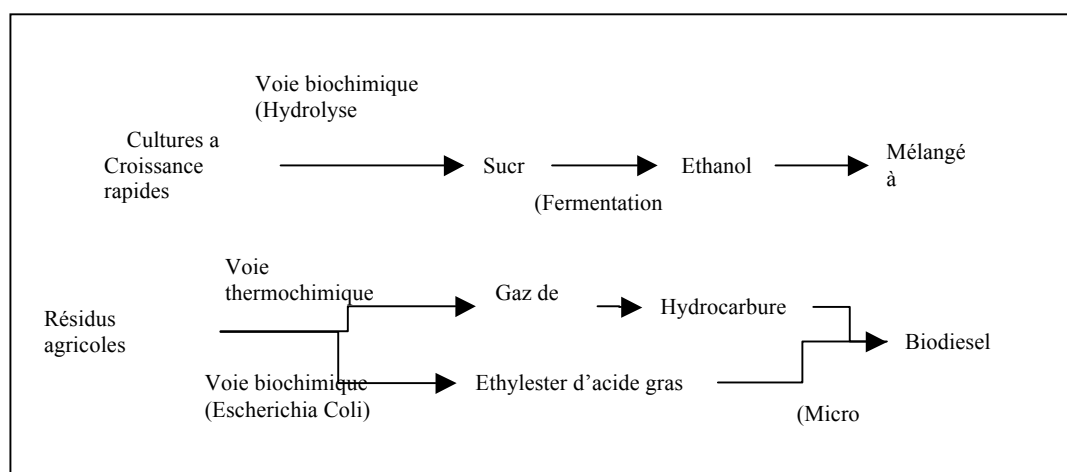
L'intérêt de ces biocarburants réside dans la diminution des émissions de CO₂. Leurs coûts de production élevés ne les justifient que dans le cadre d'un baril >75\$.

b) Les Biocarburants de 2nd génération

Ces biocarburants de première génération n'ont pas de rendement énergétique suffisant pour remplacer le pétrole sur le long terme. Afin de ne pas concurrencer la filière alimentaire, et satisfaire une demande qui va croissante, il est nécessaire d'utiliser des ressources peu chères et abondantes tels que les déchets organiques ou des résidus forestiers. Il existe deux solutions selon le type de moteur : la lignocellulose et le BTL (Biomasse to Liquid)

D'un point de vue chimique les celluloses sont des polymères formés de sucre, qu'il faut séparer de la lignine. La chaîne de polymères doit être coupée, par hydrolyse, en maillon élémentaire : c'est le rôle des enzymes de champignon. La fermentation transforme ensuite les sucres en alcool. Le verrou technologique, sur lequel travaillent les chercheurs de l'INRA et de l'académie des sciences chinoise, réside dans le coût de l'hydrolyse enzymatique. Avec les forêts tropicales de Guyane, Hainan et Guangxi la France et la Chine possèdent de grand réservoir de biodiversité. On y trouve des champignons ligninolytiques ayant des fonctions enzymatiques hyper productrices susceptibles de viabiliser le procédé en augmentant les rendements de la transformation.

L'INRA participe aussi au projet européen « Nile », coordonné par l'IFP, et doté d'un budget de 12 millions d'euros pour améliorer la fabrication de l'éthanol à partir de fibres végétales.



Les BTL possèdent l'avantage d'être sans soufre, avec un fort indice de cétane : 70 sur une échelle de 100 (Gasoil #50) et surtout d'offrir une réduction de 95% des émissions de CO₂. Il peut être utilisé pur ou en mélange.

Coût de production (\$/Litre)	Aujourd'hui	Demain	Après demain
Ethanol Lignocellulose	0.36	0.29	0.19

Biomass To Liquid	?	0.8	0.45
-------------------	---	-----	------

L'intérêt de ces biocarburants réside dans la diminution des émissions de CO₂, plus que dans leur coût de production. Ils deviennent rentables si le baril dépasse la barre des 75\$

Outre les champignons, la voie biochimique offre la possibilité de fabriquer le « Micro diesel ». Récemment mis au point en l'Allemagne (octobre 2006), ce procédé utilise des bactéries E. Coli pour produire l'alcool à partir de matières premières renouvelables et peu coûteuses (lignite, cellulose).

Moyen et long termes : l'hydrogène

Si les biocarburants ont pour vocation essentielle la lutte contre l'effet de serre, ils pourront plus difficilement remplacer le pétrole lors de l'épuisement des gisements. En matière d'énergie, la « pierre philosophale » s'appelle « Hydrogène ». Gaz essentiellement utilisé dans des applications chimiques, l'hydrogène est aujourd'hui propulsé sur le devant de la scène énergétique.

Les constructeurs automobiles explorent deux voies d'utilisation :

- L'hydrogène comme source d'énergie principale
- L'hydrogène comme source d'énergie secondaire pour alimenter les batteries.

Parmi les difficultés techniques et économiques, l'une concerne la distribution et le stockage de l'hydrogène. Deux solutions émergent :

- L'hydrogène peut-être stocké à bord du véhicule. Le ravitaillement suppose alors le développement d'un réseau de distribution spécifique. Le stockage de l'hydrogène, gazeux dans les conditions normales de température et de pression, est par ailleurs problématique. Enfin, l'intérêt environnemental du système dans sa globalité dépend alors du mode de production de l'hydrogène.
- L'hydrogène peut-être produit directement à bord du véhicule par reformage d'un hydrocarbure ou d'un alcool (méthanol, essence, gaz naturel...). Le véhicule est alors susceptible d'émettre des polluants du fait du processus de reformage.

Principe

Une membrane échangeuse de protons, en platine pur, sépare des électrodes. L'hydrogène admis s'additionne à l'air et donne de la chaleur et de l'eau.

- Cette réaction est exothermique. L'énergie dégagée est supérieure à celle fournie par la combustion d'un hydrocarbure.
- Elle offre un rendement élevé de 55%, supérieur à celui du moteur à combustion interne (15 à 30%). Même si l'hydrogène demeure abondant dans la nature, l'utilisation cet élément nécessite une source d'hydrogène (gaz naturel, eau) et une source d'énergie (comburant).

La technologie de la pile à combustible embarquée dans un véhicule à motorisation électrique est aujourd'hui au stade expérimental, sauf chez BMW. En France, le développement de cette technologie est aujourd'hui l'objet de financements à travers le réseau PaCO (source ADEME).

Méthodes de production

Trois méthodes de production existent : le reformatage (1 €/Kg) , l'hydrolyse (5 €/Kg) et la l'extraction de la biomasse (2,8 €/Kg).

- Le reformatage thermochimique utilise des sources hydrocarbonées : méthane, méthanol. Or leur combustion dégage du CO₂ et contribue ainsi à l'effet de serre. Sans méthode pour piéger le carbone, ces techniques ne sont pas viables à long terme. Leur utilisation est prévue

jusqu'en 2050, voire jusqu'à la fin du XXI^e siècle, le temps que les autres procédés arrivent à maturité.

- L'hydrolyse de l'eau nécessiterait au minimum le doublement du parc nucléaire actuel pour couvrir l'alimentation du parc automobile français. Les Américains, qui investissent lourdement dans cette voie, utilisent l'hydrolyse à haute température pour améliorer les rendements. L'énergie nécessaire viendrait d'une centrale nucléaire du type 4^{ème} génération. Cette méthode « propre » pourrait débiter vers 2060.

- La biomasse serait de loin la solution la plus prometteuse à court terme : elle devrait être opérationnelle d'ici l'horizon 2015. Une dizaine de projets européens sont en cours.

Une quatrième méthode, qui n'est pas abordée dans cet exposé, ferait appel à des centrales nucléaires de 5^{ème} génération. Elle serait donc envisageable à partir du XXI^e siècle !

Les verrous de la production, du stockage et des infrastructures

- Difficulté de produire en grande série des piles à combustibles

Le frein lié au coût du catalyseur à base de platine, vient d'être récemment levé (3 oct. 2006) par une équipe américaine de Los Alamos. Le platine, rare et cher, peut désormais être remplacé par un composite de cobalt-polypyrrole-carbone.

- Difficultés liées au transport

Le transport par canalisation s'avère plus onéreux (1.7 €/lee) que sous forme liquide (0.1 €/lee). Au total l'hydrogène reviendrait à 1 - 1.5 €/lee par vaporeformage (si le coût du gaz naturel n'augmente pas trop) et 2 - 2.5 5 €/lee par hydrolyse. Les USA se sont fixés un objectif de 0.4 €/lee pour 2010 (lee = litre équivalent pétrole).

- Difficultés liées à l'approvisionnement

C'est poser le problème de la filière de production de l'hydrogène.

La distribution semble le plus gros frein au développement de l'hydrogène en tant que carburant écologique. Pour être maintenu à l'état liquide, l'hydrogène doit être stocké à - 253°C. Cela semble exclure toute manipulation humaine.

Si le reformage a lieu à bord des véhicules, solution retenue par certains constructeurs comme Renault et Delphi, la voiture devient un hybride. Cette solution permet de palier l'absence de réseau de distribution et résout les problèmes du stockage.

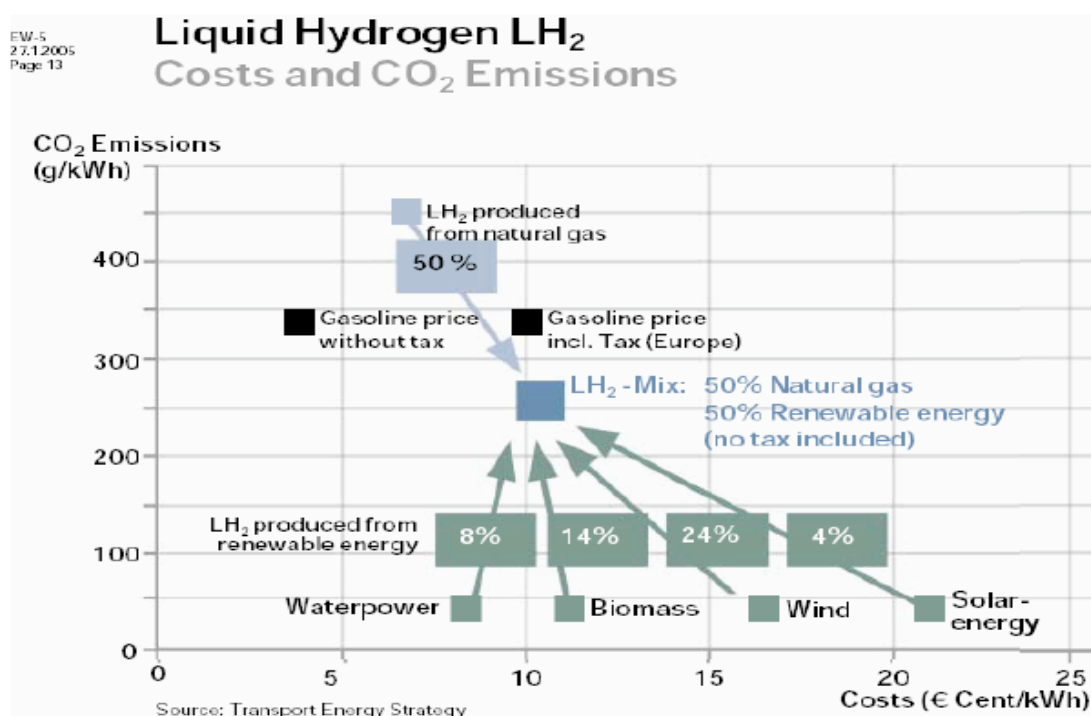
La plupart des autres constructeurs se tournent vers l'utilisation directe de l'hydrogène. Parmi les nombreuses solutions envisagées, la solution du stockage solide sous pression (350 à 700 bars) semble plus prometteuse que le stockage liquide à -235°C retenu par BMW.

Selon l'IFP, aucune de ces solutions n'est aujourd'hui pleinement satisfaisante, même si la majorité des constructeurs automobiles s'orientent vers le stockage sous haute pression pour leurs opérations de démonstration. Le stockage sous forme comprimée offre une autonomie plus limitée. Le stockage sous forme liquide (- 253 °C) se heurte à des difficultés de mise en œuvre pour le grand public et est fortement consommateur d'énergie, puisque l'opération utilise, dans le meilleur des cas, 35 % de l'énergie disponible dans le réservoir (ceci sans prendre en compte la dépense d'énergie nécessaire à la production d'électricité qui alimente l'unité de liquéfaction).

À l'échelle planétaire, les réseaux de distribution sont encore à l'état embryonnaire. Une étude de General Motors évalue à 15 Milliards d'euros la création de 12 000 stations, espacées de 3 Km en ville et 40 Km sur autoroute. L'approvisionnement de ces stations pose en outre des problèmes de sécurité.

La création d'un service de maintenance des véhicules à hydrogène et la mise en place de normes sur l'hydrogène restent à préciser.

La commission parlementaire insiste sur le nécessaire croisement des données entre les bilans économiques et écologiques, pour évaluer la faisabilité d'une filière.



L'étude de BMW, parue en 2005 et illustrée ci-dessus, tend à montrer que la filière hybride Gaz Hydrogène offre le meilleur compromis coût rejets et pourrait être disponible dès la prochaine décennie. Mais d'énormes efforts de recherche seront nécessaires pour rendre viable à long terme les filières hydrogène « pures ».

Conclusion

Le problème majeur à la mise en place des biocarburants est essentiellement d'ordre fiscal. Notre indépendance énergétique risque d'être mise à mal par notre retard face à l'éthanol brésilien et ukrainien, plus compétitif. Des voies s'élèvent dans notre pays pour sécuriser le marché des biocarburants et pérenniser leur développement futur (rapport 1622 commission des finances de l'assemblée nationale). Le flou européen en matière d'harmonisation fiscale des biocarburants ne permet pas développer une filière européenne capable de faire face à la concurrence étrangère. L'Europe n'avance pas unie au sein du champ de bataille qu'est l'OMC.

La filière hydrogène, lourdement handicapée par des investissements colossaux devrait s'avérer prometteuse avec la biomasse comme méthode de production et la technologie hybride diesel pour l'utilisation. Toutefois l'intérêt de cette filière peut être remis en question si des verrous technologiques tels que le stockage de l'énergie électrique, ou l'utilisation courante des supraconducteurs venait à sauter.

Sources: IFP, INRA, FAO, ADIT, ADEME, UE

1 - ADIT : Biocarburants

Micro Diesel <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/39614.htm>

Ethanol: <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/39661.htm>

2 - ADIT : Hydrogène

Platine : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/39581.htm>

Ferries norvégiens : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/025/25426.htm>

3 – Commission Européenne : programmes CUTE, HY-CHAIN

http://europa.eu.int/luxembourg/docs/208-2006_fr.pdf

4 - Assemblée Nationale

Rapport 1622 Commission des finances de l'Assemblée Nationale

5 - ADEME : Agence gouvernementale De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3cid=96>

6 – IFP : les biocarburants

<http://www.ifp.fr/IFP/fr/ifp/fb13.htm>