



**Contribution de GAELA (Groupe d'Analyses et
d'Études de Loire-Atlantique)**

**L'ÉLECTRICITÉ
L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
Fragilité et dépendance dans un contexte général**

***Rapporteurs
Groupe de travail***

Jean-Louis RENAULT
Jean DOUZON
Xavier RONDOT
Guy LEGEAY
Marc MOUSSION
Jean-Claude GUYARD



Groupement d'Analyses et d'Etudes de Loire-Atlantique

L'ELECTRICITE L'ENERGIE ELECTRIQUE. Fragilité et dépendance dans un contexte général.

**Rapporteurs
Groupe de travail**

Jean Louis Renault

**Jean Douzon
Xavier Rondot
Guy Legeay
Marc Moussion
Jean C Guyard**

Octobre 2012

Avant Propos.

La catastrophe de Fukushima, la découverte de gisements pétroliers au large de Marseille, et de la Guyane, la possibilité de trouver, à grande profondeur dans le sous-sol métropolitain, des gaz et pétroles de schiste ont provoqué dans les médias l'écllosion d'un florilège de déclarations, jugements, avis et idées de toutes natures dont l'expression manque pour beaucoup d'objectivité et ressemble parfois à de la désinformation.

Introduire dans le débat un peu plus de rationalité et analyser sereinement les peurs et les précautions qui en découlent permettraient une approche raisonnée et raisonnable du devenir de l'énergie et donc de notre société.

L'objet du document ci-après est de préciser les différentes techniques de production d'énergie, en particulier électrique, et de considérer, en dehors de toute polémique, les tenants et aboutissements, avantages, et inconvénients des différentes solutions proposées pour répondre au défi énergétique qui est lancé à la France et à l'Europe. Avec, en conclusion des éléments de réponses aux questions complexes qui relèvent de nombreux domaines, société, politique, économie, géopolitique, avec des implications stratégiques qui, en fonction des décisions prises aujourd'hui auront des répercussions fâcheuses ou heureuses à plus ou moins long terme.

La possession et l'utilisation des énergies, et en particulier celles concernant les carburants sont au centre de toutes les stratégies et dictent la politique des Etats, tant au plan intérieur qu'extérieur.

La mondialisation a transposé la notion de guerre au domaine économique et financier. Et c'est bien une sorte de guerre économique à laquelle sont soumis les états européens, guerre dans laquelle l'arme de l'énergie est une des plus efficaces.

Dans ce contexte il est impératif de décider en toute connaissance de cause et objectivité, sans se laisser influencer par les lobbies de toutes sortes et en conduisant un raisonnement stratégique à long terme.

Ce raisonnement à caractère prospectif centré sur l'énergie doit se développer en fonction des réponses aux questions suivantes :

Quel sera l'avenir énergétique de la France et quelle société souhaitons-nous pour nous et nos descendants dans dix, vingt ou trente ans et même au-delà ?

Voulons-nous :

- Un pays le plus indépendant possible, pouvant conduire une politique en dehors de celle des Etats producteurs de sources d'énergies et des compagnies major du pétrole et du gaz ?
- Une économie pouvant se développer, tant dans le domaine industriel qu'agricole, créer des emplois et exporter grâce à un coût énergétique le plus bas possible ?
- Bénéficier d'un confort optimum ?
- Assurer à nos forces armées un maximum d'autonomie pour assurer la sécurité extérieure et intérieure de la Nation ?
- Une politique raisonnée de recherche et développement pour la maîtrise des risques technologiques, domaine pouvant être source d'exportations ?

A l'opposé :

- Un pays sans risque de pollutions de toutes sortes, et donc sans industries et sans emplois industriels ?
- Un pays dont les seules richesses proviendront du tourisme ?
- Un pays pour lequel les seules sources nationales d'énergie seront des énergies renouvelables donc soumises aux aléas de la météo ?
- Un pays totalement à la merci des pays producteurs d'énergies qui sont pour la plupart des pays d'instabilité politique au comportement imprévisible, et pour nos fournitures, des pays à bas coût de main d'œuvre ?

Des réponses à ces questions découlent les politiques à suivre et en conséquence l'évolution de notre société et de son développement économique.

ETUDE : L'ENERGIE ELECTRIQUE.
Fragilité et dépendance dans un contexte général.

Sommaire

	Introduction	page 6
Chapitre I	Etat des lieux	page 7
	Système électrique grand ouest	page 8
	Le prix de l'électricité	page 9
Chapitre II	Les défis du futur	page 11
Chapitre III	Les moyens de production	page 12
2		
	Réflexion	
3.1	Solutions thermiques	
3.11	Thermique classique	
3.111	Les centrales thermiques	page 13
	Charbon	page 14
	Gaz	
	Pétrole	page 15
3.112	Les centrales thermiques à déchets	
3.12	Le thermique nucléaire	
3.121	Les centrales nucléaires	
3.122	Nucléaire- les retombées	page 19
3.2	Les énergies renouvelables	page 24
3.21	L'éolien	
3.22	L'hydraulique et l'hydrolien	page 28
3.221	L'hydraulique classique	
3.222	La houle et les vagues	
3.223	Les courants marins	page 29
3.23	Le solaire	page 30
3.24	La terre	page 32
3.25	Les nouveaux carburants	
3.251	Les bios carburants naturels	
3.252	La méthanisation	page 33
3.253	La carbonification et la carbonisation	page 34
3.254	La gazéification	
3.255	La biologie synthétique	page 35
3.3	Les nouvelles technologies	
3.31	ITER	
3.32	Stockage de l'électricité	page 36
3.33	Les piles à combustible	page 37
3.34	Les piles et accus du futur	page 38
Chapitre IV	Les réseaux de transport et distribution	page 39

Chapitre V	Les économies	page 40
5.1	Les orientations par l'état	
5.2	Changement de mode de vie	
5.21	Mode de vie	
5.22	Comportement	page 41
5.3	Conception des nouveaux bâtiments	
5.4	Isolation du bâti ancien	page 42
5.5	Les déplacement urbains et la gestion du temps	
5.6	Les réseaux intelligents	page 43
Chapitre VI	Le rôle des responsables	page 45
CONCLUSION		page 47
Annexe I	Histoire succincte du système électrique français	page 49
Annexe II	Les EPR	page 50
Annexe III	Interview de JANCOVICI	page 51
Annexe IV	Fermeture annoncée de FLESSENHEIM (J FLUCHERE)	page 53
Annexe V	Transition énergétique et emploi (FED)	page 55
Annexe VI	27 mesures de l'ADEME (2011)	page 56
Annexe VII	Les mesures du grenelle de l'environnement	page 57
Annexe VIII	Les outils de l'ADEME	
Annexe IX	Les gaz de schiste	page 58
Annexe X	Valdis méthanisera les déchets à Issé	page 61

L'électricité ; ça sert à quoi ?

L'électricité, du grec ἤλεκτρον, *ēlektron*, (ambre jaune), est connue depuis les grecs anciens qui en frottant un morceau d'ambre jaune, provoquaient l'attraction de particules et parfois des étincelles.

A partir du début du XVIIème siècle quelques chercheurs et savants s'intéressèrent à ce phénomène qui, considéré comme une curiosité par les élites savantes du siècle des Lumières devint au cours du XIXème la « Fée Electricité ». A l'origine de tous les progrès : vecteur d'énergie, source de confort et de développement économique, l'électricité conditionne l'amélioration du niveau de vie, favorise l'expansion, participe à la sécurité des villes, des transports et des habitations.

Avec pour corollaire une consommation qui augmente du fait de l'accroissement démographique, et de la multiplication des applications et des besoins.

L'ENERGIE ELECTRIQUE.

Fragilité et dépendance dans un contexte général.

Introduction.

Les jours de « grand froid » que nous avons connus, lors de l'hiver 2011, ont attiré l'attention du public et des médias sur la fragilité de l'alimentation en électricité des départements de l'ouest de la France.

Situé en bout de ligne du transport d'électricité, l'Ouest ne produit, annuellement, qu'environ 15 %¹ de sa consommation. L'augmentation de la demande, et l'absence de grands projets énergétiques au profit de nos régions² risquent d'accroître cette fragilité, de compromettre la continuité de notre développement économique, et à plus long terme de modifier complètement nos modes de vie.

Ce constat a amené le GAELA à s'interroger sur les investissements à mettre en œuvre et les choix à faire pour assurer, quelques soient les circonstances, climatiques ou autres, l'équilibre production consommation et réduire la fragilité du réseau électrique au plan régional et des moyens de production. Fragilité qui pourrait devenir rapidement pénurie en cas d'abandon du nucléaire et du refus des centrales énergétiques à production de CO2.

En Europe de l'Ouest, les notions de « dépendance ou d'indépendance électrique » ne reposent sur aucune réalité ni technique, ni économique. Tous les pays d'Europe de l'ouest sont interconnectés. La production et la distribution d'électricité reposent sur la solidarité européenne. Aucun de ces pays ne peut, au plan électrique, se prévaloir d'une totale indépendance, en particulier aux heures de pointe.

C'est pourquoi, partant du cas particulier des Pays de la Loire et de la Bretagne, GAELA a axé ses analyses et réflexions sur l'ensemble des sources d'électricité et les orientations de la politique énergétique au plan national. Celles-ci sont exposées dans le présent document destiné à l'information des élus et des

¹ La Bretagne ne fournit que 6 à 8% de l'électricité qu'elle consomme, les Pays de la Loire environ 17%. Le Grand Ouest, globalement à peine 15%.

² Les grands projets nationaux et européens de développement économique tant pour les transports que pour l'énergie s'arrêtent, en gros, au méridien de Greenwich, (Le Mans). Faudra-t-il réactiver le CELIB élargi aux autres départements du Grand Ouest pour que soient prises en considération la poursuite du développement de nos régions. Le CELIB : **Comité d'étude et de liaisons des intérêts bretons (CELIB)** a été créé le 22 juillet 1950 par un groupe de personnalités dont René Pleven, Joseph Halléguen et Joseph Martray

personnes en charge de responsabilités dans le domaine de la production d'énergie, et en particulier de l'énergie électrique.

Chapitre I : L'état des lieux.

Le « Système électrique » français : Le passé et l'existant !

En France, le développement de la production électrique s'est d'abord réalisé à proximité des centres de consommation, par des usines soit hydrauliques soit thermiques.

Très vite cette énergie s'est développée sur l'ensemble de la France et est apparue l'idée de « solidarité » électrique des régions avec un besoin de coordination technique et d'organisation entre les différentes sociétés productrices de cette énergie.

Le développement de l'électricité devenant structurant pour la croissance industrielle du pays, l'Etat intervint dès 1920 dans le contrôle de la construction et de l'exploitation des ouvrages de transport d'électricité.

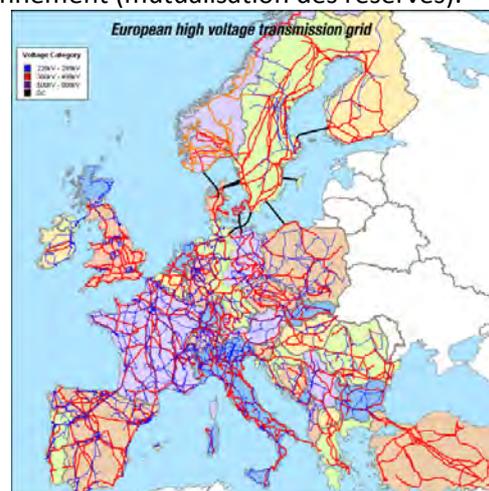
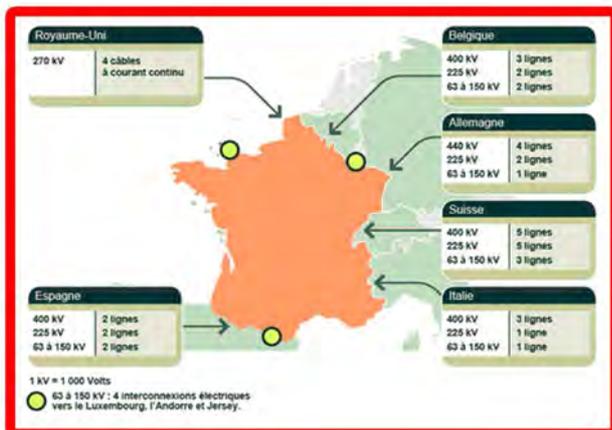
En 1946, les entreprises électriques et gazières sont nationalisées.

Une nouvelle structure nationale pilote l'ensemble du Système électrique français, dans le domaine de la production, du transport et de la vente.

Ainsi, pendant cinquante années, le système électrique français a été pensé et réalisé de manière « centralisée », avec pour objectif d'optimiser au mieux les investissements pour fournir un « kWh » au meilleur prix....

Le développement centralisé du système électrique a été aussi celui des pays industrialisés et une interconnexion des grands réseaux de transport électrique s'est réalisée au cours des années. Cette organisation a permis le développement des échanges internationaux avec les pays limitrophes de la France.

Cette Europe de la « solidarité électrique » permet d'optimiser les investissements des grands ouvrages de production et d'améliorer la sécurité d'approvisionnement (mutualisation des réserves).



Aujourd'hui, la zone synchrone européenne est la plus étendue au monde, avec trente pays connectés, et s'étend de l'Europe du Nord au Sud de la Méditerranée

Les Directives Européennes, votées dans les années 90, ont ouvert le « Marché de l'électricité ». Les grandes entreprises européennes qui étaient très généralement de structure « intégrée » et nationalisées (concentration de la production, du transport et de la vente d'électricité) se sont restructurées, avec ouverture plus ou moins grande des capitaux.

Il s'est ainsi créé des sociétés de Fourniture d'électricité, de Production et de Transport d'énergie dans l'ensemble des pays européens.

Cependant, l'électricité est un « produit » non stockable : la fourniture doit correspondre en permanence à la demande. Ainsi, cette « ouverture du marché » a conduit à quelques difficultés : les sociétés de fournitures qui se sont rapidement créées ont constaté très vite qu'elles ne pouvaient survivre que si elles étaient aussi productrices d'électricité. D'où, actuellement, la multiplication des demandes, par ces sociétés, d'autorisation pour la construction de centrales combinées à gaz.

De fait, compte tenu de notre « histoire française » de l'énergie électrique, EDF, l'entreprise « historique » est encore aujourd'hui le premier fournisseur d'électricité sur l'hexagone.

Sa filiale RTE est gestionnaire du réseau de Transport (63-90 KV, 225 KV et 400 KV).

Synthèse du bilan électrique français en 2011

En 2011, la consommation française d'électricité a été de 478.2 TWh (1 TWh = 1000 GWh)

Pour une production de 541.9 TWh.

La puissance installée au 31-12-2011 est de 126 460 MW.

Les points marquants de ce bilan :

La consommation a baissé de 6.84 % en 2011 par rapport à 2010. Ces résultats peuvent s'expliquer par une température particulièrement douce en 2011. Cette année a été la plus chaude dans l'hexagone depuis 1900 ! D'autre part, l'effet de la crise économique en est aussi un des facteurs. Est-ce aussi un résultat de la MDE : maîtrise de la demande en énergie ?

Le solde exportateur a augmenté de 89% (55.7 TWh), particulièrement avec l'Allemagne en fin d'année, résultat de la politique nucléaire de ce pays.

Le parc éolien a augmenté de 15% et la part de sa production est passée à 2.5% de la consommation annuelle française. Il a produit 21.3% de sa capacité installée.

Le parc photovoltaïque a produit 1.8 TWh, soit 0.3% de la consommation annuelle française. Il a fonctionné à 15.3 % de ses capacités installées.



Voici résumé ce bilan :

Système électrique du « Grand Ouest » :

<i>Bilan électrique France</i>	2011 (TWh)	2010 (TWh)	Variation 2011/2010	Part dans la production 2011	Émissions de CO ₂ 2011 (en millions de tonnes)
Production nette	541,9	550,2	-1,5%	100%	27,4
Nucléaire	421,1	407,9	+3,2%	77,7%	0,0
Thermique à combustible fossile	51,2	59,5	-13,8%	9,5%	24,4
<i>dont charbon</i>	<i>13,4</i>	<i>19,1</i>	<i>-29,9%</i>	<i>2,5%</i>	<i>12,9</i>
<i>fioul</i>	<i>8,1</i>	<i>8,0</i>	<i>+0,7%</i>	<i>1,5%</i>	<i>2,3</i>
<i>gaz</i>	<i>29,7</i>	<i>29,9</i>	<i>-0,5%</i>	<i>5,5%</i>	<i>9,2</i>
Hydraulique	50,3	67,6	-25,6%	9,3%	0,0
Éolien	11,9	9,7	+22,8%	2,2%	0,0
Photovoltaïque	1,8	0,6	+208,7%	0,3%	0,0
Autres sources d'énergie renouvelables	5,6	4,9	+12,3%	1,0%	3,0

Le système électrique de l'ouest (régions Bretagne et Pays de la Loire) a une particularité de part l'histoire de la construction des centrales de production d'énergie électrique (particulièrement nucléaires...) : c'est une « péninsule électrique » !

Il y a peu de production : moins de 15% de la consommation.

La grande majorité de l'énergie électrique est acheminée par le réseau de transport à 225KV et 400 KV. Cette énergie provient principalement des centrales nucléaires de Normandie et de la Loire.

Cette région de l'ouest est en croissance. Sa consommation ne fait que progresser et les « pics » de consommation hivernale battent chaque année des records, dus principalement aux appels liés au chauffage électrique toujours en développement.

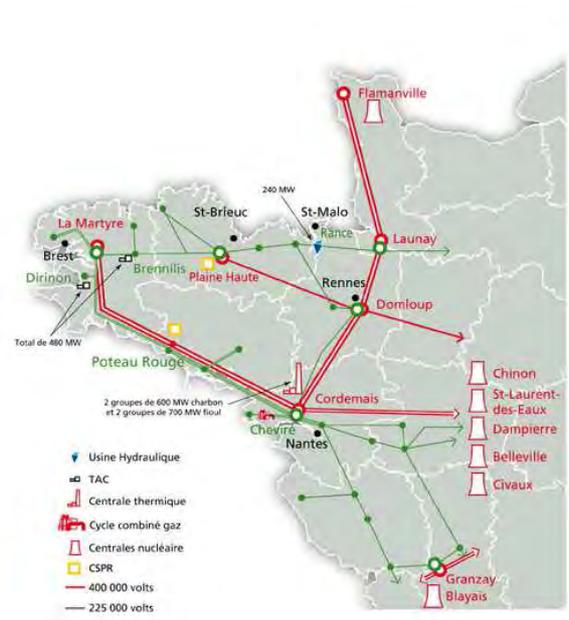
A titre d'exemple, la consommation d'électricité dans le « grand ouest » (Bretagne, Pays de Loire, Centre et Poitou-Charentes) a atteint un pic historique à 18 000 MW le jeudi 9 février 2012 !

RTE, gestionnaire du Réseau de Transport, programme un renforcement de ce réseau Ouest afin de palier d'éventuelle défaillance.

Toutefois, l'ouest a un déficit à relever, afin de diminuer sa dépendance énergétique et surtout de créer une richesse locale, source d'emplois !...

Ainsi, se développent les projets éoliens (déjà 95 parcs éoliens en Bretagne) et principalement de grands projets éoliens-offshore (Saint Brieuc et Saint-Nazaire). D'autre part, des projets d'hydroliennes prometteurs sont en expérimentation près de Paimpol, dans les Côtes d'Armor.

Les projets de marémotrices ne sont plus au gout du jour, mais pourquoi pas ?



Nota : L'alimentation en électricité de la seule Loire-Atlantique est assurée, en service courant, par les centrales nucléaires du Val de Loire et Flamanville et à certaines périodes par la centrale à charbon de Cordemais, et accessoirement par la centrale à gaz de Montoir.

Le « prix » de l'électricité :

A titre d'information, la facture d'électricité du « client domestique » a quatre composantes principales :

- La fourniture qui représente 30%
- Les Réseaux qui représentent 35% (1/3 THT-HT, 2/3 Distribution)
- La Contribution au Service Public d'Electricité (CSPE) qui représente 15%
- Les taxes qui pèsent pour 20%

A remarquer que la fourniture de l'électricité ne représente que le tiers du prix,certains nous diront que l'eau est gratuite et cependant, son prix est élevé..... !

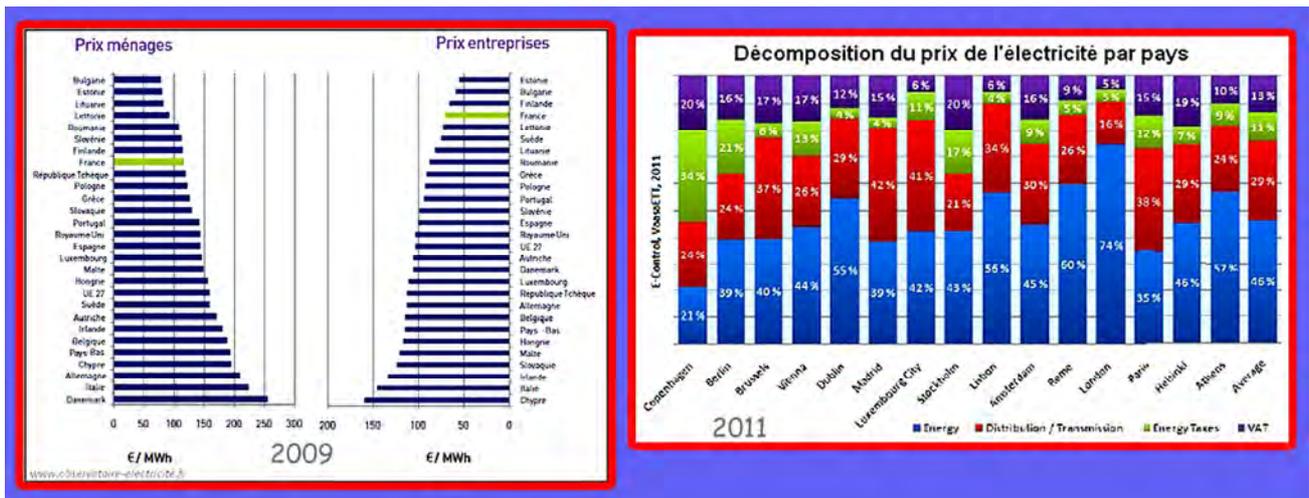


Tableau des principales sources d'énergie productrices d'électricité.

	HYDRAULIQUE	CHARBON	PETROLE	GAZ	NUCLÉAIRE	PHOTOVOL.	ÉOLIEN
Puissance maximale (Par unité de production)	+ 600 MW	800 MW	800MW	800MW	1650MW	1 kW ; puissance maximale reçue par le rayonnement solaire par m2 terrestre	10/15 MW
Temps de réaction de fourniture sur le réseau	Instantané	13h (à mi puissance)	Idem charbon, Quelques minutes (Turbines à combustion TAC)	Quelques minutes	24 à 48 heures	Instantané (si soleil)	Instantané (si vent optimal)
Permanence de disponibilité	SAISONNIERE	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Production CO2.	NON	OUI (++)	OUI (+)	OUI	NON	NON	NON
Coût moyen de production du MWh (France-2011)	52€ en moyenne	60€-70€	80€-90€ (centrale fioul) + de 200€ (TAC)	114€ (pour CCG) 76€ (biogaz)	42€ (loi NOME) 50€ (renforcements post-Fukushima) 70€ (EPR)	300€ à 600€	86€ (terrestre) 170€-180€ (off-shore)
Renouvelable	OUI	NON	NON	NON	NON (Dans l'état actuel de la recherche : fusion ?)	OUI	OUI
Fiabilité politique des sources.	OUI	OUI (Grande variété des origines)	MOYENNE	MOYENNE	OUI	OUI (France-Europe)	OUI (France-Europe)
Sécurité du transport des matières premières	OUI (Sécurité des barrages à assurer)	OUI	MOYENNE (Mers noires)	BONNE (Navires méthaniers)	BONNE (Risque radioactif)	Sans objet	Sans objet

Chapitre II : Les défis du futur.

Dans un contexte international, européen et national de plus en plus contraignant³, la France comme tous les pays européens doit faire face à de nombreux défis :

Diminuer de 20%, d'ici 2020 la production de CO2 ; diminution exigée par les directives européennes et nationales.

Faire face à une demande d'énergie en constante augmentation, pour les besoins de la population, le développement des industries et des transports.

Augmenter l'efficacité énergétique, de 20%.

Obtenir 20% de la production électrique au moyen d'énergies renouvelables. Le tout, en prenant pour référence l'année 2005.

A ces défis, la Bretagne et les Pays de la Loire doivent ajouter :

Accroître la sécurisation de l'alimentation électrique, pour faire face, entre autres, aux orientations carbone et à l'augmentation constante de la demande.

Et comme de plus en plus en France, tenir compte de l'hostilité plus ou moins irraisonnée des populations au nucléaire, aux centrales à fuel et au charbon, aux lignes à haute tension, aux centrales à gaz et, plus encore à l'extraction des gaz et pétroles de schiste.

Diminuer la production du carbone suppose d'augmenter la part de l'électricité dans le chauffage (réduire la consommation de gaz et fuel), et dans les transports (essence, gazole, pour la route et le ferroviaire), de développer les énergies renouvelables, de réduire les centrales à flamme nue etc.

Une étude britannique prévoit que la réalisation, en Grande Bretagne, des objectifs de réduction de CO2, par l'électrification des transports et du chauffage conduira à doubler la consommation d'électricité à l'horizon 2050.

France et Grande Bretagne ont des populations, des modes de vie et des économies à peu près semblables. En France la part du nucléaire (75%) étant plus importante qu'en Grande Bretagne (16%) on peut donc penser que cette augmentation de la demande sera quelque peu inférieure. Mais elle demeurera très importante pour la France en général et pour l'Ouest en particulier. Sans augmentation de la production et/ou diminution de la consommation la part d'électricité produite dans l'Ouest tomberait aux environs de 6%, voir en dessous, fragilisant un peu plus le réseau de distribution.

Les énergies renouvelables actuellement opérationnelles ayant pour principal inconvénient d'être intermittentes, il faudra obligatoirement, en parallèle, disposer de moyens de production plus pérennes capables de prendre le relais en cas de calme plat, de nuit ou de brouillard.

De toute manière il sera important, comme imposé par les directives européennes, d'améliorer l'efficacité énergétique de l'ordre de 20% et de faire des économies.

Cela ne pourra se faire que par la généralisation des bâtiments basse consommation, ou à énergie positive pour les constructions neuves, l'isolation thermique des immeubles anciens et un changement radical de la distribution électrique portant sur deux politiques :

Une restructuration complète du réseau de distribution qui sera rendu obligatoire par la multiplication et la dispersion des sources renouvelables ; que ce soit l'éolien, le solaire, ou l'hydrolien. En différenciant des réseaux centralisés pour les secteurs de forte demande et des centres de productions éclatés et isolés pour les secteurs de faible demande.

Un système intelligent qui permettra, à partir d'un centre de contrôle d'adapter la consommation en fonction de la production.

³ Les protocoles de Kyoto et autres directives carbone européennes et nationales (Grenelle de l'Environnement).

Chapitre III : Les moyens de production de l'électricité.

Réflexions sur l'énergie.

L'**Energie** est le caractère d'un système matériel capable de produire du travail selon différentes formes : mécanique, thermique, chimique, électrique ou nucléaire.

Il y a lieu de distinguer deux catégories d'énergies :

Les Energies dites épuisables liées à la capacité des ressources des matières premières qui les génèrent :

Les Energies Fossiles (charbon, pétrole, gaz) ; (utilisées comme carburant pour le chauffage, les moteurs thermiques et les centrales thermiques de production électrique).

Les Energies Nucléaires (Uranium et Thorium) ; (utilisées pour le nucléaire militaire, pour l'Uranium, la propulsion des navires et les centrales électronucléaires de production d'électricité).

Les Energies Renouvelables de source naturelle non épuisable :

L'Energie hydraulique (conduites forcées et barrages) ; utilisée pour la production d'électricité).

L'Energie géothermique (forages terrestres) ; (utilisée pour des pompes à chaleur dans les installations de chauffage).

L'Energie Eolienne On shore et Offshore (utilisée pour la production d'électricité, pour actionner les moulins et la propulsion des navires).

L'Energie Solaire (pompe à chaleur, panneaux solaires, panneaux photovoltaïques) ; (utilisée pour le chauffage et la production d'électricité).

Les Energies spécifiquement marines :

L'Energie des marées (usines marémotrices, utilisée pour la production d'électricité)⁴.

L'Energie des courants marins (hydroliennes, utilisée pour la production d'électricité).

L'Energie de la Houle (force houlomotrice, utilisée pour la production d'électricité).

L'Energie des vagues (fait fonctionner des pompes à piston pour produire de l'électricité).

L'Energie thermique des mers (différence de température entre eau profonde et eau de surface, utilisée pour la production d'électricité).

L'Energie osmotique (réaction du transfert entre eau douce et eau salée par l'intermédiaire d'une membrane osmotique, utilisée pour la production d'électricité).

La Biomasse marine, utilisée pour produire des algocarburants.

L'Energie Végétale ou verte (bois et photosynthèse des végétaux pour fabriquer des agro-carburants).

3.1. –Les solutions thermiques,

3.1.1- Le thermique classique (charbon, pétrole, gaz).

La combustion thermique, dite à flamme nue, provoque obligatoirement du CO₂⁵

Le charbon est le combustible fossile le plus abondant sur la planète, et le mieux réparti. Plus facile à mettre en œuvre que le nucléaire, moins sensible que le gaz ou le pétrole aux soubresauts politiques, le charbon reste et restera pour encore longtemps une source d'énergie pour la fourniture d'électricité et également pour la fabrication de gaz et, pour les transports, de carburants de substitution⁶. Si on trouve le

⁴ Version moderne des moulins à marée, utilisés dans les zones à marées du Moyen Age au XIXème siècle.

⁵ Le CO₂, ou dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre. Produit pour la plus grande part par les diverses combustions des carburants fossiles, il est considéré comme le principal responsable du réchauffement climatique.

⁶ Pendant la 2^{ème} guerre mondiale, l'industrie chimique allemande a fabriqué à partir de lignites, de l'essence dite synthétique pour les moteurs à explosion. Au dessus de 120 USD le baril de pétrole fossile, la production d'essence synthétique devient rentable.

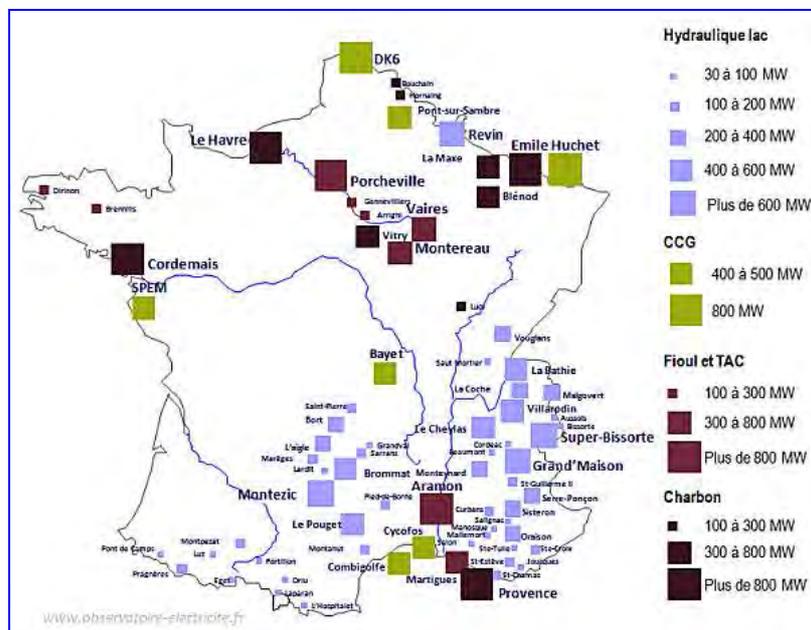
moyen de « faire » du charbon propre⁷, c'est à dire sans CO2 et sans poussière, ces procédés pourraient être utilisés pour capter le CO2 des autres combustions (gaz et pétrole) et réduire d'autant l'émission de gaz à effet de serre.

Des études sont en cours chez de nombreux industriels (Total, Véolia, entre autres) pour capter le CO2 au moyen de différentes techniques⁸ et le stocker. Soit pour inérer des réservoirs à hydrocarbure, technique déjà utilisée sur les pétroliers pour les cuves vides, soit dans des puits ou dans des nappes aquatiques salées profondes. Une autre utilisation est à également envisagée : l'injection de CO2 à grande échelle, servant à assister la récupération de pétrole, de gaz et potentiellement de méthane issus des gisements géologiques. Du méthane issu des veines de charbon (ECBM)

Mais ces solutions présentent le grave inconvénient de modifier un milieu naturel avec à la clé de possibles répercussions en chaîne que l'on ne mesure pas bien.

D'autres solutions sont expérimentées : la transformation du CO2, capté en sortie de combustion en même temps que les fumées d'échappement, de le séparer des autres composants pour, à l'aide de chaux et d'eau le transformer en carbonates utilisables dans la fabrication de ciments et autres produits carbonés.

Cependant ces solutions augmentent considérablement les coûts de production.



3.1.1.1- Les centrales thermiques classiques, (Charbon, Gaz, Pétrole)

Avant d'aborder l'étude de ces 3 types de centrales en s'appuyant sur des exemples, étrangers, nationaux, régionaux, il est bon de rappeler ici le contexte de l'énergie électrique qui fournit environ un quart de l'énergie mondiale.

Cette énergie est produite pour l'essentiel à partir d'hydrocarbures et de charbon qui émettent beaucoup de gaz à effet de serre et par l'exploitation du gaz qui fait l'objet de projets d'investissements dans de nombreux pays, particulièrement en France, dans la Programmation Pluriannuelle d'investissements (P.P.I.) 2009-2020 par laquelle les parlementaires ont entériné la construction de 10 centrale à gaz passant ainsi de 10 à 40 projets, en s'appuyant probablement sur le fait que ce type de centrale produit environ 60% de gaz à effet de serre de moins qu'une centrale au charbon.

⁷ Aux USA, un ambitieux projet de centrale sans CO2 est en cours de réalisation : FutureGen utilisera du charbon liquéfié. Cette nouvelle technologie sera capable de réduire de manière radicale les problèmes liés au rejet de polluants dans l'atmosphère lors de l'utilisation du charbon et pourra être appliquée aux autres centrales à feu nu.

⁸ Captage avant combustion, après combustion ou par oxy-combustion. Ce troisième procédé consistant à brûler le charbon en remplaçant l'air par de l'oxygène ce qui permet une plus grande concentration du CO2 et facilite son captage.

1°) LE CHARBON :

Le charbon est une source d'énergie très polluante (poussières nécessitant des filtres très onéreux et d'une efficacité douteuse – gaz à effet de serre : CO₂ – SO₂ – Nox) Il n'en demeure pas moins qu'il existe encore beaucoup de charbon de part le monde.

On estime que 29% des réserves sont aux Etats-Unis – 19% en Russie – 14% en chine – 9% en Australie et 4% en Afrique du Sud. Ce sont surtout les grands consommateurs qui l'utilisent pour produire de l'électricité

Le concept du « charbon propre » qui utilise un dispositif de capture de gaz à effet de serre émis pendant la combustion du minerai, même s'il laisse sceptiques les « environnementalistes », laisse penser que le charbon n'est pas condamné à court terme pour le développement de l'énergie électrique, d'autant que les centrales à charbon restent les plus nombreuses (40% de la production électrique dans le monde se fait à partir de ce fossile et il existe actuellement plus de 20 milliards de tonnes de charbon disponibles, dont l'extraction pourrait satisfaire une demande énorme).

Nous citerons ici l'exemple de l'Allemagne, qui depuis les accords de KYOTO a décidé de réduire de 40% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 mais qui depuis l'accident de Fukushima, a pris le chemin de sortie du nucléaire et développe le charbon avec actuellement vingt trois centrales à charbon, en construction.

On observe que l'Allemagne produit plus de la moitié de son électricité à partir des sources d'énergies fossiles : le charbon 44% - le Gaz naturel 13% - les renouvelables 13%. La part du nucléaire, reste limitée à 22%

Rappelons que la France a fermé ses mines de charbon pendant la période de 1970 au début des années 80, en raison d'une production s'appauvrissant de plus en plus et que les centrales françaises fonctionnent avec du charbon d'importation (Pologne, Australie et Afrique du Sud). Plusieurs unités de production restent en activité dans les anciennes régions productrices de charbon (Centrale

d'HORNAING dans le Nord avec une puissance de 253 MW – Centrale Emile Huchet à ST.AVOLD avec 6 tranches de production pour une puissance de 1086 MW – de Lucy à MONTCEAU les MINES en Saône et Loire pour une puissance de 270 MW – de Provence à GARDANNE MEYREIL près de MARSEILLE avec 2 tranches de production pour une puissance de 868 MW.



2°) LE GAZ :

Selon l'A.I.E. (agence internationale de l'énergie), la consommation de gaz naturel devrait augmenter d'au moins 600 millions de tonnes équivalent pétrole d'ici 2020 c'est-à-dire bien supérieur à la consommation actuelle de l'Union Européenne estimée à 455 millions de tonnes équivalent pétrole en 2007.

Au cours des 10 prochaines années, l'Union Européennes sera elle-même confrontée à 2 défis majeurs,

- la décroissance rapide de sa production intérieure (de l'ordre de 40%)
- la demande croissante et concurrente des autres continents



La France importe 97% du gaz naturel qu'elle consomme. A l'échelle européenne, cette dépendance qui n'était encore que 40% en 2000, grâce aux ressources britanniques et néerlandaises et atteignait 60% en 2010, sera de 80% en 2020, le tout dans le contexte mondial d'une augmentation mentionnée supra. L'avenir pourrait être dans l'exploitation des gaz de schistes. Les permis d'exploiter ont été délivrés en catimini et les polémiques soulevées, voire les manifestations, ont entraîné le gouvernement à faire une

« retraite » prudente sur le sujet probablement en raison des élections présidentielles. Cf. Annexe IX Gaz de schistes et schistes bitumeux.) Mais cette ressource "nationale" mérite que l'on s'y intéresse, d'abord pour confirmer ou infirmer la présence de gaz et pétrole dans le sous sol de l'hexagone, puis pour l'exploiter en évitant par des techniques novatrices (fracturation pneumatique, choc électrique) pour réduire au maximum, voir éliminer les impacts préjudiciables à l'environnement.

Mais cette ressource "nationale" mérite que l'on s'y intéresse, d'abord pour confirmer ou infirmer la présence de gaz et pétrole dans le sous sol de l'hexagone, puis pour l'exploiter par des techniques novatrices (fracturation pneumatique, choc électrique) susceptibles de réduire au maximum, voir éliminer les impacts préjudiciables à l'environnement.

Gaz et pétrole de schiste : espoir de renouveau de l'économie française ?

L'importation des énergies fossiles représentent 70 % du déficit du commerce extérieur (Certaines sources donnent 90% pour l'ensemble des énergies). Extraire gaz et pétrole de notre sous-sol permettrait de ramener le déficit à un niveau raisonnable et éventuellement de devenir exportateur de gaz. Cela permettrait surtout de réduire les coûts de production, de redonner à l'économie un nouvel élan, de se libérer de la contrainte des pays producteurs, et en particulier de renégocier les contrats qui indexent le prix du gaz sur celui du baril de pétrole. La production américaine a fait baisser le cours du gaz, malgré la forte demande occasionnée par le Japon, suite à Fukushima.

C'est dans ce contexte que depuis 2009 le Parlement français, sans doute sous la pression de grandes sociétés privées qui se battent désormais sur le marché du gaz a entériné la construction de 10 centrales électriques à gaz à cycle combiné (CGC).

Nous citerons l'exemple de la centrale électrique au gaz de Montoir de Bretagne en Loire Atlantique :

Le groupe GDF Suez a inauguré le 8 avril 2011 la Centrale électrique au gaz naturel de Montoir de Bretagne d'une capacité de 435 MW, située à côté du terminal méthanier, centrale qui dans les faits avait été achevée en décembre 2010 après 2 ans de travaux pour un montant de près de 300 millions d'euros. C'est la 1^{ère} installation de ce type implantée dans l'ouest de la France. Elle constitue un complément de production d'électricité indispensable à la sécurité d'approvisionnement des Pays de la Loire et de la Bretagne, avec une production annuelle de 2,2 TWh soit l'équivalent de la consommation annuelle de 450.000 foyers. Pendant la durée de construction 400 personnes en moyenne étaient employées. Désormais en phase d'exploitation, 27 personnes sont employées.

Outre la réduction des gaz à effet de serre déjà mentionné en liminaire du présent chapitre consacré aux centrales thermiques, on note un rendement énergétique élevé pour les centrales à gaz (ici, près de 58 %).

Nota : Il existe des projets similaires aux six coins de l'hexagone, et pour la Région Ouest et pour l'aire urbaine de BREST (CESER du 5 janvier 2011).

Par ailleurs le Gaz semble avoir un bel avenir dans les systèmes de la cogénération (production conjointe d'électricité et de chaleur). On construit des centrales de district à proximité des zones d'habitation (économies de CO2).

3°) LE PETROLE :

L'épuisement de cette ressource⁹ devient évident, mais le pétrole est toujours présent, c'est probablement la cause du retard pris dans la transition aux énergies renouvelables.

Les ressources marines de gaz et de pétrole.

D'après certaines études, 22% des réserves mondiales connues de pétrole se situent dans les fonds marins, ainsi que 30% des réserves de gaz. L'augmentation du coût du baril, peut rendre rentable l'exploitation de gisements actuellement négligés. La mise en œuvre des moyens d'investigation plus performants et de nouvelles technologies d'extraction, actuellement en cours de développement, permettront, peut-être, de découvrir de nouveaux gisements "marins" et de les exploiter.

Ainsi La Secrétaire d'Etat aux Affaires Etrangères américaine Hilary Clinton déclarait récemment : « Nous allons soit dépendre du pétrole sale du Golfe, soit du pétrole sale canadien », en se déclarant favorable au projet de construction d'un oléoduc entre l'Alberta et le Texas pour approvisionner en or noir issu des sables bitumineux. Ces considérations sont probablement à l'origine de l'exploitation des gaz de schiste.

En réalité dès 2003, quand les Etats-Unis envahissent l'Irak pour faire la guerre au terrorisme, la légitimité de l'invasion est discutée au Conseil de Sécurité de l'O.N.U., tant est suspecté une invasion pour le pétrole, plutôt que pour les armes de destruction massive. La France a-t-elle procédé de même pour son « aide aux rebelles de Lybie » ? (Les réserves de gaz et de pétrole y sont considérables et des contrats privilégiés avec les « nouvelles autorités libyennes » ont été évoqués tant dans la presse étrangère que nationale).

Les Centrales au pétrole ou fuel lourd, sont considérées de par le monde comme moins, polluantes que les centrales à charbon, mais produisent néanmoins du dioxyde de carbone (gaz à effet de serre). Elles sont réputées pour leur puissance et leur souplesse d'emploi. En témoignent celles installées au Japon et en Russie. Citons par exemple la Centrale Russe de Sourgut en RUSSIE, avec une puissance installée de 5200 MW.

Pour la France, nous mentionnerons ci-après, **La centrale de Cordemais**

La centrale électrique de Cordemais (44) est une unité de production d'électricité au fioul exploitée par EDF sur l'Estuaire de la Loire (2 x 700 MW), en complément des deux tranches au charbon de 600 MW chacune.

⁹ Devenu de plus en plus cher et de plus en plus rare, le fuel qui fait tourner les unités risque de rendre le coût de l'électricité, produite de cette manière, prohibitif. Dans cette optique, quelle sera la source d'énergie capable de remplacer le pétrole avec les mêmes qualités de puissance, rendement, concentration, occupation de surfaces et pérennité que les centrales à fuel ? La même question peut également se poser pour le nucléaire !



Conclusion : Quelque soit la source d'énergie utilisée par les Centrales thermiques, ces centrales restent indispensables pour accompagner le développement des énergies « durables », comme notamment l'énergie éolienne, solaire, hydrolienne, qui actuellement sont à considérer comme des énergies d'appoint.

Une sortie du nucléaire, si on veut garder le même niveau de confort et poursuivre un développement économique amènera obligatoirement à accroître la production de centrales thermiques qui, à des degrés divers, produisent de la pollution et des gaz à effet de serre.

Les critères conduisant à choisir l'une ou l'autre de ces productions d'énergie sont donnés dans le chapitre I ci-dessus.

Pour résumer :

Le charbon :

Avantages : C'est, parmi les énergies fossiles, pour encore assez longtemps, la plus abondante et la mieux répartie de par le monde, répartition qui permet, en diversifiant, les pays producteurs, de réduire la dépendance des pays importateurs.

Inconvénients : du carbone à l'état pur (CO₂), difficultés d'extraction, tonnages importants à extraire, à transporter et à stocker. Transport le plus économique : le fluvial ou le maritime ; rail et route onéreux, pollution et GES lors de la combustion, même si des techniques sont en expérimentation pour "capter" le CO₂.

Le pétrole :

Avantages : Un pouvoir calorifique supérieur à celui du charbon, sous un volume moindre. Facilité de transport terrestre par route ou par oléoduc. Rapidité de mise en route des centrales, en particulier si diesel.

Inconvénients : Les GES, les risques de pollutions qu'elles soient maritimes (marées noires), fluviales ou terrestres. Les principaux pays fournisseurs se situent dans des zones à risque et/ou d'instabilité politique.

Le gaz :

Avantages : un pouvoir calorifique supérieur à celui des deux sources précédentes. Un meilleur rendement du fait des turbines qui permettent la récupération des gaz incomplètement brûlés pour produire de la vapeur.

Inconvénients : Même si le gaz, lors de sa combustion, produit moins de CO₂, les quantités produites demeurent importantes. L'abandon programmé du nucléaire dans certains pays et la demande mondiale croissante fera exploser le prix de ce combustible¹⁰. Là aussi les pays producteurs sont pour l'essentiel situés dans des zones à risque et/ou d'instabilité politique.

¹⁰ Suite à Fukushima, l'arrêt des centrales nucléaires pour révision et amélioration de la sécurité a provoqué un détournement des flux commerciaux vers le Japon. Parallèlement, les USA ont diminué considérablement leurs importations grâce aux gaz de schiste américains et canadiens, réduisant d'autant leur dépendance et limitant ainsi l'envolée des prix.

3.1.1.2- Les centrales thermiques à déchets, fournisseuses d'électricité d'appoint.

Il arrive parfois, que les centres d'incinération des déchets manquent de matières et brûlent des combustibles fossiles pour continuer à produire de la vapeur pour le chauffage urbain. Les centrales d'incinération, comme celles de Malakoff et Couëron, ne pourraient-elles pas produire marginalement de l'électricité en utilisant la vapeur pour faire tourner des turbines avant de l'envoyer dans les réseaux ?

Cependant, au moins en ce qui concerne les déchets organiques leur traitement par méthanisation et/ou carbonification permettrait d'améliorer leur capacité calorifique.



Centrale de MORCENX dans les Landes

3.1.2- Le thermique nucléaire.

3.1.2.1- Les centrales nucléaires.

On peut distinguer différentes catégories de centrales nucléaires.

1^{ère} génération : à réacteur graphite-gaz (UNGG). Neuf ont été mises en service et sont aujourd'hui déclassées. Ainsi qu'une à réacteur gaz-eau lourde (HWGCR). Centrale de Brennilis, démantelée.

2^{ème} génération : 58 centrales à réacteurs à eau légère pressurisée (REP) sont actuellement en service en France.

3^{ème} et 4^{ème} génération : les EPR



Centrale de CHINON

Nota : 2 réacteurs à neutrons rapides et caloporteur sodium (Phénix et Superphénix) ont été arrêtés en 2009 et 1997.



Les E.P.R.

L'E.P.R., (European Pressurized water Reactor), est un type de réacteur nucléaire de troisième génération, qui a pour objectif d'améliorer la sûreté et la rentabilité économique en utilisant des matières fissibles plus abondantes. Cf. Annexe II.



3.1.2.2- Le nucléaire : retombées autres que l'électricité et considérations géopolitiques.

La catastrophe de Fukushima a jeté l'opprobre sur le nucléaire et remis fortement en question la politique énergétique allemande. Elle a suscité en France et dans plusieurs pays européens, un fort mouvement de contestation¹¹.

Lors de sa séance d'actualité du 19 mars 2012, prenant acte de cette controverse, l'Académie des Sciences a organisé un colloque au cours duquel ont été évoqués les différents aspects, économiques, sociologiques, sécuritaires et philosophiques de l'utilisation de l'énergie nucléaire.

Nous reproduisons ci-après les conclusions¹² émises à l'issue de cette séance :

... "L'Académie des sciences a émis une recommandation qui tient compte de l'organisation du nucléaire en France où l'on a 1°) des opérateurs plus soucieux de la sécurité que ne l'ont été les Japonais ; 2°) une autorité de sûreté dont l'indépendance n'est plus à démontrer, au point qu'Areva et EDF ne cessent de se plaindre de sa sévérité excessive ; 3°) un organisme public, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, où travaillent 1 800 personnes, dont 1 100 ingénieurs et chercheurs ; 4°) des organismes de recherche publics performants comme le CEA et l'IN2P3, l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules. La France dispose ainsi d'une bonne organisation, d'une industrie solide et performante et de possibilités prometteuses avec la 4ème génération de réacteurs. Nous pensons donc qu'il serait absurde de renoncer à l'énergie nucléaire et de taire l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre qui en serait le corolaire – comme on le voit avec l'Allemagne qui est conduite à mettre en chantier des centrales à charbon, tournant le dos à tous les accords internationaux sur le CO2 depuis Kyoto".

¹¹ Le Japon au début de juin 2012 a remis en service deux centrales nucléaires. Malgré la décision de sortir du nucléaire, prise à la suite de manifestations, le Japon sera dans l'obligation de redémarrer d'autres centrales. Le nucléaire est la seule ressource constante de grande puissance disponible au Japon qui ne soit pas soumise aux fluctuations internationales de l'économie et de la politique.

¹² Voir la totalité de cette séance sur le site <http://www.academe>

Cette approche du fait nucléaire nous semble parfaitement raisonnée et devrait conduire, non seulement au maintien en activité, suite aux améliorations demandées par l'Agence de Sûreté Nucléaire, des centrales existantes, mais également, à la poursuite des recherches pour les réacteurs des générations suivantes et leur installation là où il en est besoin, en particulier pour l'Ouest de la France.

Dans la ligne de ce qui précède nous ajouterons quelques faits qu'il est bon de garder en tête :

1°) La sécurité.

C'est le caractère insidieux, incolore et inodore, du danger nucléaire, par irradiation et/ou inhalation, et le souvenir d'Hiroshima et Nagasaki qui entretiennent la peur du nucléaire. Il est important de tenir compte de cet état de fait, mais il faut raisonner calmement afin de bien appréhender les risques encourus, analyser le niveau et le type des aléas et en déduire les mesures à prendre pour, à défaut de les éliminer totalement, les réduire au maximum¹³. En particulier en assurant, quelques soient les circonstances et les aléas, la sécurité des dispositifs de refroidissement et d'arrêt d'urgence.

Ce n'est pas parce que quelque chose est dangereux qu'il faut pour autant renoncer à l'utiliser, alors que par ailleurs ce même quelque chose fournit un service de qualité puissant et répond de manière pérenne aux besoins. Sinon, autant renoncer à l'automobile qui tue et blesse, chaque année, sans doute, plusieurs dizaines de milliers de personnes de par le monde¹⁴.

L'Agence Internationale de l'Energie (A.I.E., organisme dépendant de l'ONU) indique dans ses rapports sur la sécurité que les accidents dus à l'énergie nucléaire, y compris lors de l'extraction du minerai ont provoqué beaucoup moins de morts que le charbon, le pétrole, ou même l'hydraulique.

Est-il raisonnable de fonder des décisions stratégiques sur des perceptions subjectives de risques ?

L'AIE indique que depuis Tchernobyl, (1986) il a été recensé, de par la monde, aux environs de 9.000 décès par irradiation directe¹⁵ ou cancer alors que dans le même laps de temps, les énergies fossiles et hydrauliques ont provoqué plus de 230.000 morts¹⁶. Dans ce chiffre on compte les accidents sur les lieux d'extraction (mines ou plateformes de forage), les décès dus à la silicose et à la pollution par les particules de charbon et, pour l'hydraulique, les ruptures de barrage.

Depuis Tchernobyl, on compte de nombreuses ruptures de barrages, en particulier en Chine.

Rappelons qu'en Europe, la rupture du barrage de Malpasset (1959) a fait 423 morts, détruit 155 immeubles, dévasté 3.000 hectares de terres agricoles et tué un millier de têtes de cheptel. En 1963, en Italie, la rupture du barrage de Vajont a tué 2.600 personnes. Entre 1860 et 1960, les accidents miniers ont fait en France plus de 34.000 morts.

Ce rapport décès énergie nucléaire / décès autres énergies ne tient pas compte des victimes civiles et militaires provoquées par les guerres déclenchées pour la possession et le contrôle des ressources pétrolières et gazières.

¹³ C'est souvent l'ignorance qui engendre la peur. D'où la nécessité d'une information impartiale du public sur les maladies et décès engendrés par la radioactivité et sur les statistiques correspondantes, par des spécialistes indépendants, en particulier les médecins et scientifiques de l'UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiations, Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Radiations Nucléaires.

¹⁴ 14 millions de morts depuis 1963, d'après Science & Vie. (Hors Série : « *Un siècle de catastrophes technologiques* »)

¹⁵ Il est intéressant à ce sujet de consulter le site <http://www.manicore.com> qui parmi les rubriques concernant l'énergie publie dans la sous-rubrique "Energie-Bric-à-brac" un article intitulé : "Lettre ouverte aux journalistes qui vont évoquer Tchernobyl, et surtout à ceux qui les écoutent, les lisent ou les regardent". Ce site contient par ailleurs de nombreuses informations et vérités que l'ont ne trouve que rarement dans les médias habituels.

¹⁶ D'après le gouvernement chinois six mineurs meurent chaque jour dans les mines de charbon. Huit fois plus selon les ONG (Revue *Alternatives Internationales* Hors série n°11 de juillet 2012 "Les guerres des matières premières")

Ce qui s'est passé à Fukushima est l'occasion de revoir et d'améliorer le fonctionnement des centrales nucléaires et de tirer partie du retour d'expérience et non pas de les supprimer, même à terme. Du moins tant que les combustibles seront disponibles et que les réacteurs répondront aux normes de sécurité, de plus en plus contraignantes édictées par l'ASN, l'Agence de Sécurité Nucléaire.

2°) Le nucléaire et les gaz à effet de serre.

Les centrales nucléaires sont, actuellement, les seules sources d'énergie pérennes et de grande puissance qui ne produisent pas de CO₂. Elles répondent en cela aux critères de Kyoto et aux prescriptions développées lors du Grenelle de l'environnement.

3°) Les énergies renouvelables. Risques de guerres ?

La demande mondiale en énergie continue d'augmenter, en particulier du fait des pays émergents. Pour fournir à la population mondiale, prévue en 2030 à 9 milliards d'individus un niveau tout juste satisfaisant de puissance électrique, (d'après les spécialistes environ 2 kW de puissance installée par habitant) il sera nécessaire de disposer de 18.000 Gigawatts.

La puissance électrique actuellement installée est d'environ 12.000 Gigawatt. Ce qui signifie qu'il est nécessaire de construire 6.000 Gigawatts de puissance supplémentaire. La seule manière d'y parvenir à temps, avec les moyens connus, est de lancer, entre autres, la production de nouveaux réacteurs nucléaires de quatrième génération, en attendant que les réacteurs ITER soient opérationnels.

On l'a vu plus haut, le développement des énergies renouvelables ne pourra que s'accompagner d'une augmentation des consommations des énergies thermiques à flamme (gaz, pétrole, charbon) à production de CO₂. La demande toujours croissante, en particulier des pays émergents, fera monter les prix dans des proportions qui seront de moins en moins supportables par les consommateurs. Cette augmentation s'accompagnera, de la part des pays producteurs (Russie, Iran, Algérie etc.) de pressions politiques et économiques qui réduiront considérablement nos capacités d'indépendance.

Plus encore, les tensions qui résultent et résulteront de plus en plus de la volonté des pays émergents, Chine, Inde, etc. de s'assurer des sources d'énergie fossiles, risquent de dégénérer en conflits majeurs.

L'intervention en Lybie est-elle seulement due à des considérations humanitaires ?

Jusqu'à présent, au contraire des énergies fossiles, la possession de l'énergie nucléaire n'a provoqué aucun conflit et a même contribué à en stoppé un ! Si donc il faut supprimer une source d'énergie dangereuse, c'est bien l'énergie d'origine fossile laquelle a provoqué, et provoque encore, de multiples conflits générateurs de centaines de milliers de morts et de destructions. En tout cas plus que les victimes de Nagasaki, Hiroshima Tchernobyl et Fukushima réunis¹⁷.

4°) Les énergies renouvelables, sources de gaspillage ?

Les investissements nécessaires pour remplacer le nucléaire par les énergies renouvelables sont considérables, et ne garantissent pas, bien ou contraire, une réduction des émissions de CO₂.

Dans un interview paru dans les "Dernières Nouvelles d'Alsace, "DNA" , Monsieur J.M. Jancovici¹⁸ estime qu'il faudrait multiplier le coût des investissements par dix ou cinquante, alors que cet argent serait mieux utilisé pour rénover les bâtiments, changer les villes, transformer l'agriculture, les transports, et développer

¹⁷ L'énergie n'est pas le seul motif de tensions et conflits potentiels. Toutes les matières premières, y compris les productions agricoles, l'eau, les terres rares sont l'objet de spéculations et manœuvres à l'échelle de la planète. En particulier la Chine qui, sous une forme insidieuse procède en Afrique et ailleurs à une forme de colonisation des terres agricoles et des infrastructures de transport.

¹⁸ JM JANCOVICI, ancien élève de l'École polytechnique et diplômé de l'École nationale supérieure des télécommunications de Paris. Il collabore de 2001 à 2010 avec l'ADEME pour la mise au point du bilan carbone.

des filières industrielles décarbonées, (filières bois et nouveaux matériaux d'isolation, etc.), et production d'électricité de grande puissance (EPR, ITER).

Ce serait une allocation de moyens au secteur le moins prioritaire, alors qu'on en a un besoin urgent ailleurs pour éviter que le pays ne s'effondre.

5°) La technologie du nucléaire français pôle d'excellence.

La filière industrielle française est une des rares industries nationale qui exporte.

Faire disparaître ce domaine d'excellence serait un énorme pas de plus dans la désertification industrielle de notre pays qui n'en a vraiment pas besoin. Avec la disparition de multiples sous traitants et du savoir faire de nos ingénieurs et chercheurs, lesquels seront tentés d'aller se mettre au service de pays qui, comme la Chine le Brésil et l'Inde, continueront à construire des centrales nucléaires.

6°) La densité énergétique des combustibles.

Cette notion est essentielle pour quantifier le rendement réel des différentes sources d'énergie.

La densité énergétique d'un combustible est la quantité de travail utile qui peut être obtenue d'une masse donnée de substance.

Pour une même unité de poids, si on donne au bois le coefficient 1, le charbon aura le coefficient 4, le pétrole 6 et l'uranium sera 88.000 fois plus puissant.

Cela veut dire que pour un gramme d'uranium dont la partie "active" n'est que de 4 à 5%, il faut 460 kilos de bois sec, 120 kilos de charbon ou 88 kilos de pétrole.

7°) La notion de densité de flux énergétique.

Cette notion, un peu complexe à saisir, résulte du fait que la fission des noyaux d'uranium en plusieurs entités minuscules (les neutrons), libérés à des vitesses voisines de celles de la lumière pénètrent au cœur d'autres atomes et créent par transmutation de nouveaux éléments pouvant à leur tour créer de nouveaux matériaux dont certains peuvent à nouveau servir de combustibles fissibles (Mox). Et d'autres, en particulier des isotopes, pouvant être utiles au traitement de maladies graves.

8°) Le nucléaire pour l'eau.

La pénurie en eau et l'inégale répartition de cet élément posent de nombreux problèmes, que ce soit pour des pays développés ou non, surpeuplés ou non.

Les solutions de dessalement existent et sont déjà mises en œuvre, en particulier au Moyen Orient et en Méditerranée.

Les techniques de dessalement, dont les principales sont l'osmose inverse et la distillation flash, nécessitent des puissances considérables que seule l'énergie nucléaire est capable de fournir.

A titre d'exemple, au Kazakhstan soviétiques, dans les années soixante dix, la centrale à neutrons rapides, d'Aktau a produit pendant vingt-sept ans 80.000 m³ d'eau potable par jour, en même temps que 135 mégawatts d'électricité, soit au mieux de leur rendement, la puissance de 22 à 23 éoliennes off-shore. Le Japon possède 10 usines de dessalement couplées à des centrales nucléaires¹⁹ et l'Inde en a mis une en service couplée à une centrale nucléaire dans l'Etat du Tamil Nadu (Sud de l'Inde).

9°) Le nucléaire pour le carburant.

L'hydrogène, plus qu'abondant de par le monde, est un carburant pouvant être utilisé tel quel ou combiné à des sources de carbone pour produire des carburants liquides aussi performants que ceux d'origine fossile.

¹⁹ En l'absence de redémarrage des centrales nucléaires japonaises, les usines de dessalement de l'eau de mer, de ce pays, consommeraient encore plus de gaz ou de pétrole, renchérissant le prix en même temps que l'augmentation de l'émission de CO₂. Cette situation aggravant les tensions dans les zones contestées en mer de Chine et autres zones à risque et/ou instables. Depuis début 2011, en Mer de Chine, "les conflits se sont multipliés avec des navires japonais, vietnamiens, coréens, taiwanais et philippins. La Chine revendique la totalité de ces eaux et des archipels, au mépris des pays riverains géographiquement plus proches." In *Le Nouvel Observateur* du 19 au 25 juillet 2012.

A partir de l'eau dont chaque molécule contient deux atomes d'hydrogène on peut obtenir ce carburant soit par électrolyse soit par décomposition thermochimique. Mais ces techniques sont très gourmandes en calories et les méthodes actuellement utilisées sont d'une faible efficacité.

Les très hautes températures obtenues par les nouvelles générations de réacteurs refroidis à l'hélium permettent d'obtenir des rendements beaucoup plus élevés.

Ainsi des centrales nucléaires produisant une électricité abondante et permanente, couplées à des usines de production d'eau et d'hydrogène permettraient, d'une part de résoudre les problèmes posés par le manque d'eau, d'autre part de fournir sur place des carburants liquides et/ou de l'électricité pour les véhicules. On éviterait ainsi les transports pétroliers, sources de marées noires et on réduirait fortement la pollution atmosphérique.

Voir ci-après le paragraphe consacré aux découvertes récentes sur le stockage de l'hydrogène (nouvelle technologie française).

10°) Le nucléaire une « énergie concentrée »

Une centrale nucléaire permet d'obtenir de grandes puissances d'énergie électrique sur un espace restreint.

Cette caractéristique présente de nombreux avantages dont :

La présence de machines tournantes de grande capacité (900MW ou 1.300MW et 1.650 MW pour l'EPR) débitant sur le réseau 400KV permet des « appels » de puissance instantanés très importants, comme par exemple, pour la montée de TGV à leur vitesse maximum.

De faire fonctionner des entreprises lourdes qui nécessitent en permanence des puissances importantes.²⁰

La concentration de grande capacité électrique permet une certaine économie de l'occupation du territoire²¹.

Cependant, malgré tous ces avantages il est absolument nécessaire de poursuivre, dans le domaine nucléaire, les recherches pour :

1°) Tenter de réduire les durées de vie des déchets radioactifs et/ou pouvoir les réutiliser.

2°) Explorer et expérimenter toutes technologies permettant d'assurer les mêmes conditions de puissance, de continuité, d'économie d'espace et d'indépendance relative que le nucléaire, ainsi que d'absence d'émission de CO2.

C'est en ce sens que les recherches sur l'ITER (cf. infra) et les autres technologies doivent se poursuivre.

L'énergie nucléaire est, pour l'instant et sans doute pour encore très longtemps, le moyen de produire sur place de l'électricité de grande puissance de manière pérenne, à un coût acceptable et non soumis aux variations économiques et politiques qui pèsent sur la production des énergies d'origine fossile.

Les régions susceptibles de fournir des puissances solaires comparables aux puissances obtenues par le nucléaire (pourtours sud méditerranéen, Moyen Orient) sont, à peu de chose près, les mêmes que celles qui fournissent le pétrole et le gaz. Ce sont, pour la plupart des zones à risque, soit du fait de leur instabilité politique, soit de leur hostilité ; hostilité plus ou moins latente. De plus, les délais de réalisation des super

²⁰ Une papeterie comme celle de la Chapelle d'Arbley (76) nécessite en permanence la production électrique d'une tranche de centrale nucléaire (700 à 800Mw)

²¹ Sur les 120 hectares du site de Flamanville on peut implanter 5.900 MW. (2 de 1.300 MW et 2 de 1.650 MW). Cette même surface recouverte de panneaux solaires ne fournirait, au maximum de son rendement que 1,2 MW. Soit avec un rendement moyen, du à l'intermittence de l'exploitation, constaté en France d'environ 15% : 0,18 MW. (Pourcentage constaté en France dans le bilan électrique 2011.).

centrales solaires en projet ne permettront pas, s'ils se réalisent, de répondre à l'augmentation des besoins qui sont de l'ordre du court terme.

En outre le transport longue distance à destination de l'Europe, de l'électricité produite dans ces régions ne pourra se faire qu'au moyen de lignes à ultra haute tension, de l'ordre du million de volts, voir davantage. Contrairement au gaz et au pétrole, sans diversification possibles des sources d'approvisionnement et de transport²², ces lignes, plus encore que les pipelines et gazoducs seront faciles à couper, accroissant ainsi les possibilités de pressions politiques, et de menaces terroristes.

3.2-Le renouvelable : l'air, l'hydraulique, le soleil, la mer²³, la terre.

Actuellement la France exporte de l'électricité vers les autres pays Allemagne Suisse. La production actuelle est donc suffisante pour couvrir nos besoins. Par contre nous ne sommes pas à l'abri d'une décision politique incontournable qui impose de réduire sinon supprimer l'énergie d'origine nucléaire. En prévision, sans l'espérer, nous allons donc reprendre toutes les formes de production dites renouvelables.

Sources d'énergies réputées non polluantes et censées être « gratuites » - le vent, l'eau et le soleil ne sont pas encore matières premières cotées en bourse- les « renouvelables » font actuellement, en France, l'objet de nombreuses recherches et expérimentations. Cependant, ces énergies douces présentent un certain nombre d'inconvénients dont le moindre, en ce qui concerne le vent et le soleil, est l'absence de pérennité et l'imprévisibilité des périodes de production. L'apparente « gratuité », de la « matière première », vu, les très importants investissements à réaliser pour la capter, la transformer et la distribuer se traduiront par une augmentation substantielle du coût du kWh. Coût supporté en final par les consommateurs.

Ces énergies n'assurent pas une permanence d'alimentation : vent et soleil sont des phénomènes intermittents. Elles nécessitent l'existence d'une capacité « classique » de relais, car il n'y a pas, même pour le vent, une compensation statistique suffisante entre régions ou pays européens.

Sans oublier que les installations d'éoliennes terrestres et de panneaux solaires nécessitent, pour des productions importantes, des surfaces qui feront défaut à l'agriculture nourricière.

Les projets en cours pour permettre l'utilisation 24/24 du solaire sont encore plus consommateurs d'espace en surface et en hauteur et supposent des coûts d'installation et d'entretien très importants, sans doute prohibitifs. Ces projets de centrales solaires ne pourront être réalisés que dans des pays méridionaux dont l'instabilité politique, voire même l'hostilité, ne contribuera pas à assurer notre indépendance énergétique.

3.2.1-L'éolien.

Présenté par beaucoup comme le summum de l'énergie propre, gratuite et permettant une alimentation de proximité l'éolien commence à se développer de manière intensive en France.

Afin de tenter de rattraper le retard pris dans ce domaine, le gouvernement a imposé un prix de rachat nettement plus élevé²⁴ que celui de l'électricité produite par les moyens conventionnels. Cela a

²² Gaz et pétroles peuvent venir de l'autre bout de la terre et voyager par plusieurs canaux. L'électricité, sous haute puissance ne peut voyager que par câbles.

²³ L'usine marémotrice de la Rance, construite en 1967 et qui produit 500 GWh/an d'électricité exploite le principe mis en œuvre par les moulins à marée. Cette usine reste un exemple isolé car peu de sites permettent la construction d'un établissement de cette taille. Par ailleurs l'évolution des impératifs de préservation des sites naturels dans les sociétés occidentales rend aujourd'hui difficile la construction d'une telle installation en bord de mer.

²⁴ On peut d'ailleurs remarquer que le prix artificiel auquel le kWh de l'éolien est acheté, a un effet pervers au niveau des municipalités, tentées d'améliorer les finances locales, sans trop tenir compte, malgré l'obligation de mener une enquête publique, de l'avis des riverains ni de leur besoins réels. Des associations ont fait remarquer que ce surcoût entraînera une augmentation de 20% de la facture des consommateurs pour une production qui ne sera au mieux que de 5% de la consommation. Ces associations précisent qu'en ajoutant les subventions, c'est un financement compris entre 42 milliards et 80 milliards d'Euro qu'il faudra assurer. Elles s'interrogent sur l'honnêteté de la mise en place de ce système et sur l'intégrité des affairistes qui en profitent. D'autres questions se posent : pourquoi seuls les utilisateurs d'électricité participent à ce financement et pas les consommateurs de

provoqué la floraison de nombreux projets et la création de parcs éoliens, censés remplacer les sources thermiques.

Il existe, actuellement deux grandes familles d'éoliennes, les "terrestres" et les "off-shore". Les secondes ont, sur les premières, l'avantage d'être plus loin des regards et, bénéficiant de plus de vent (en puissance et en durée), de permettre des puissances installées plus importantes : 3 à 4 MW pour les terrestres et 6 à 7 MW pour les off-shore, et des projets sont annoncés à 10 et même 15 MW. Avec, pour inconvénients, en mer, une mise en place et une maintenance plus difficiles²⁵.

L'implantation des projets d'éolien en mer actuellement en cours de réalisation se fera essentiellement sur des zones de haut fond. D'autres projets en cours de développement, prévoient l'implantation, par des fonds supérieurs à 50m, d'éoliennes flottantes.

Les prix et coûts de l'éolien terrestre sont connus, Il en est de même pour les parcs off shore attribués. Mais le véritable prix de revient demeure inconnu.



Les contraintes de fonctionnement et les aléas climatiques ne permettront à l'éolien, en aucune façon, de répondre aux critères de qualité que le consommateur demande à son fournisseur d'électricité :

Disponibilité immédiate à la demande, 24h/24, 7 jours sur 7, 12 mois sur 12, quelque soit l'endroit du réseau et en particulier pour l'Ouest, situé aux extrémités du dit réseau.

Une éolienne, qu'elle soit à terre ou en mer ne peut fonctionner que sur une plage limitée de vitesse de vent. Selon les constructeurs et les types de matériel, cette plage se situe approximativement entre 6 m/s et 25 m/s, soit entre 20 km/h et 90 km/h. En deçà, elle ne peut fournir suffisamment de puissance et au-delà on court le risque de détériorer turbine et rotor²⁶.

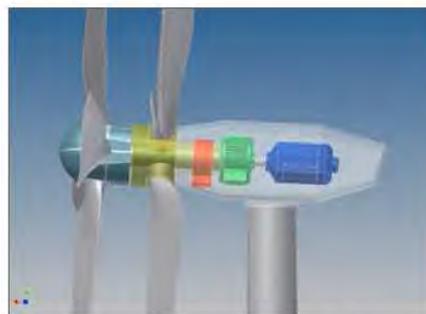
fuel et de gaz. Cela permettrait une meilleure répartition de la charge financière en diminuant le montant des factures individuelles. En outre, l'augmentation du coût de l'électricité éolien se répercutera en France sur le budget des ménages et sur le coût du travail, et contribuera ainsi à subventionner les emplois au Danemark, en Allemagne et en Chine au détriment des emplois industriels français.

²⁵ Notons au passage que les pêcheurs commencent à contester la mise en place des éoliennes offshore qui réduiraient les zones de pêche et de fraie des poissons, crustacés et mollusques. Parallèlement, les associations d'archéologie sous marine s'inquiètent pour la préservation des nombreuses épaves qui jonchent les secteurs d'implantation, zone d'écueils où ont eu lieu de nombreux naufrages. Certaines demandent que des explorations soient effectuées sur les sites, au même titre que les fouilles terrestres préalables à tous travaux d'importance.

²⁶ Le rendement d'une éolienne est également limité par une loi physique dite *Limite de Betz* qui indique que la puissance théorique maximale développée par un capteur éolien est égale à 16/27 de la puissance incidente du vent qui traverse l'éolienne. (L'éolienne freine le vent) Albert Betz, physicien allemand publia sur ce sujet en 1926. Source : Wikipédia.

Eolienne mono hélice ou bi hélice ?

Une société suisse, Eothème a montré qu'il est possible, sur une éolienne, de coupler deux hélices contrarotatives (sur un même axe et tournant en sens inverse), technique très utilisée et très efficace en aéronautique. En réduisant le diamètre des pales on obtient un meilleur rendement de l'énergie éolienne et la possibilité de générer de l'électricité avec une vitesse de vent plus basse mais aussi, grâce au diamètre limité, plus élevée. Les deux systèmes de pales contrarotatives sont couplés mécaniquement à la génératrice par un réducteur.



Eotheme a breveté un nouveau système pour en un mouvement unique les mouvements contraires des deux hélices [Eotheme]

FERMER

Un autre grand inconvénient est celui de la météorologie. En période hivernale, il est très fréquent de voir s'installer sur nos régions un vaste anticyclone qui a pour caractéristiques une absence de vent et un froid intense. C'est dans ces périodes que la demande est la plus importante et ce ne sont pas les éoliennes, quelques soient leur nombre et leur puissance qui pourront répondre. L'anticyclone, venu de Sibérie couvrant en général la quasi-totalité de l'Europe, on ne pourra pas compter sur nos voisins pour nous fournir, dans ces périodes de grand froid, de l'électricité qu'elle soit d'origine éolienne ou autre. En particulier l'Allemagne qui projette l'abandon du nucléaire.

Comme, pour encore longtemps, on ne peut stocker les kWh quand il y a du vent et les redistribuer quand il n'y en a pas, il est donc impératif d'avoir un « secours » et ce secours ne peut être que thermique, l'hydraulique disponible étant déjà prévu pour faire face aux pointes hivernales de consommation. Sans parler du solaire qui ne peut fonctionner en hiver qu'aux courtes heures de jour alors que c'est la nuit qu'on a besoin de chaleur et de lumière. Sans compter qu'en période anticyclonique hivernal, même de jour, Phébus est souvent aux abonnés absents. C'est pourquoi, parallèlement à l'éolien de nombreux projets de centrales à gaz voient le jour dans l'Ouest. Ces installations, malgré de grands progrès, réutilisation des gaz chauds non brûlés, stockage du CO₂, produisent des gaz à effet de serre²⁷.

Quant à l'idée, développée par certains, comme quoi l'électricité éolienne serait idéal pour l'alimentation de proximité, ce concept valable pour des installations ponctuelles, de puissance moyenne et hors réseau, n'est plus adapté dès qu'il s'agit d'alimenter un vaste réseau complexe et diversifié tant dans ses sources de production que dans sa distribution.

Rentabiliser l'éolien ne peut se faire que par des économies d'échelle : grandes éoliennes regroupées par dizaines, et distribution au travers d'un réseau maillé. Dans ces conditions les normes de sécurité pour le raccordement à une installation intérieure de particulier sont exigeantes et coûteuses. En cas de réparation sur le réseau il est nécessaire de couper le courant. On ne peut courir le risque de voir des ouvriers électrocutés par l'arrivée d'un courant produit par une éolienne située en aval. Cela veut dire que, sauf pour des lieux isolés et demandeurs de faibles puissances, il faut, comme pour les autres sources, remonter la production éolienne vers des centres de distribution, puis redescendre vers les réseaux de détail.

En résumé, l'éolien ne peut être rentable qu'accompagné d'un secours thermique, turbine à gaz, (Productrice de CO₂), ou autres. Avec cependant une restriction de taille : la restructuration du réseau de « collecte » et de « distribution ».

²⁷ L'augmentation mondiale de la demande en gaz provoquera à moyen terme une augmentation des coûts qui sera répercutée sur le consommateur. Cette augmentation de la demande, au plan national, aura pour conséquence d'accroître la dépendance vis à vis des pays producteurs.

3.2.2-L'hydraulique et l'hydrolien.

3.2.2.1-L' hydraulique classique, les barrages.

Certaines sources d'énergie, telles que les barrages sont bien connues. Grâce à son système hydraulique la France dispose actuellement de 250 barrages de montagne actifs dont la production n'est pas anodine.

Citons encore le barrage de la Rance, qui restera malheureusement unique en son genre.



Barrage de ROANNE

Jusqu'à ces dernières années, en France, la production d'électricité en utilisant la force de l'eau se faisait à partir de trois types d'ouvrages :

Les grands barrages placés sur des cours d'eau dans des vallées encaissées

Les barrages au fil de l'eau sur les grands fleuves, avec pour ceux qui sont navigables des systèmes d'écluses pour permettre la navigation.

Le barrage à marée de la Rance.

D'une manière générale²⁸ ces installations sont mises en œuvre pour pallier les périodes de consommations de pointe en particulier en hiver. Ils ne peuvent en aucun cas remplacer les sources thermiques et encore moins les sources solaires et éoliennes.

Les barrages n'assurent pas une production électrique au-delà d'une partie de la capacité de leur réservoir.

Seuls les barrages situés sur des fleuves puissants et réguliers, tels le Rhin et le Rhône, peuvent fournir de l'électricité en continu, cependant modulée lors de l'étiage.

En France, soit pour des raisons topographiques ou géologiques, soit pour des raisons écologiques telles que la préservation de sites naturels et la diversité biologique il n'y a plus guère de sites où l'on puisse installer l'un ou l'autre de ces ouvrages²⁹. Cependant il existe sur de nombreuses rivières de France d'anciens barrages et biefs de moulins qui pourraient, localement, fournir de l'électricité renouvelable.

3.2.2.2- La Houle et les vagues.

Depuis quelques années, la fin annoncée des ressources fossiles et les directives pour réduire la production des gaz à effet de serre ont encouragé les recherches pour le développement des sources

²⁸ Dans certaines circonstances, en particulier en Suisse, les barrages fournissent de l'électricité lors des fortes demandes. L'eau est alors recueillie dans des bassins inférieurs et est remontée en heures creuses au moyen de pompes actionnées par l'électricité en provenance de centrales nucléaires, en particulier françaises !

²⁹ Malgré son cours capricieux, il serait peut-être possible d'installer sur la Loire des barrages équipés de turbines permettant la fourniture, tout au long de son cours d'électricité, de petite puissance. Parallèlement, équipés d'écluses ces barrages permettraient la renaissance d'un trafic fluvial plus écologique que les camions et moins gourmand en énergie que le rail. Cela au grand dam, sans doute, des écologistes !

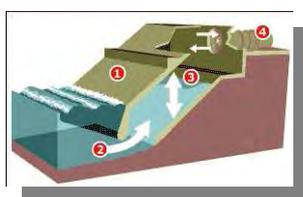
d'énergie renouvelable. Parallèlement à l'éolien les laboratoires se sont lancés dans des programmes pour exploiter au mieux les énergies venant de la mer : les marées, les courants, la houle.

La Bretagne a du vent à revendre. Si l'énergie éolienne a un bel avenir chez nous, l'énergie hydrolienne aussi. Bien moins connu est le potentiel des vagues qui sont aussi formées au large par le vent. La Bretagne a un grand développement de côtes. Il a été déterminé qu'un mètre de côte peut produire environ 50 kW de puissance installée, selon les endroits et la distance de la côte. D'après les travaux d'un centre de recherche écossais, la Bretagne serait dans une zone moyenne mais exploitable surtout dans le Finistère.

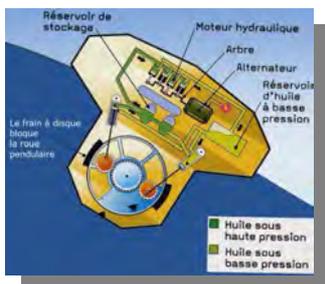
Mais là encore il s'agit de puissance installée, ou nominale, avec des variations selon l'évolution des conditions météorologiques.

Actuellement, on distingue deux types de système : in shore (sur une falaise) ou offshore (au large).

- La solution in shore est plus rentable mais fragile car exposée aux vagues qui se brisent.



- L'option offshore est plus stable mais nécessite la pose de câbles sous-marins pour transporter la production.



SEM REV de L'Ecole Centrale de Nantes

Une installation fonctionne en Écosse depuis l'an 2000 et un projet de seconde génération en offshore est en cours de réalisation, le projet PELAMIS qui utilise la torsion d'un long ponton pour actionner de pistons, alors que l'installation précédente, OSPREY, utilise l'aspiration d'air créée par la montée et la descente de la houle dans un cylindre vertical pour actionner une turbine.



Pelamis

Des projets existent aussi en Suède, aux Pays-Bas, en Australie et l'Ecole Centrale de Nantes a conçu une machine "à pendule" qui est entrée en phase d'expérimentation.

Un peu plus pérennes et un peu plus prévisibles que le vent, la houle et les vagues n'ont pas la régularité que l'on attend d'une source d'électricité. Ce qui signifie que l'énergie de la houle et des vagues, comme pour le solaire et l'éolien, fera augmenter les émissions de GES en raison de son intermittence. Comme par ailleurs l'électricité fournie par cette méthode est pour l'heure trois fois plus chère que celle d'origine classique, il faudra attendre encore longtemps avant que des économies d'échelle puissent ramener les coûts à un niveau raisonnable.

Pour obtenir des puissances permettant d'alimenter un nombre significatif de foyers il sera nécessaire d'installer de vastes fermes qui seront autant de restrictions à la navigation et à la pêche, et le nombre de sites exploitables est limité.

3.2.2.3- Les courants marins.

L'eau étant presque mille fois plus dense que l'air, l'énergie cinétique produite par les courants marins fournit une force motrice colossale. Les masses d'eau déplacées sont considérables. En installant des turbines sous-marines, il est possible de générer de l'électricité. En Europe, les pays les plus aptes à exploiter cette ressource sont la France, et plus particulièrement la Bretagne et la Manche, l'Irlande, la Grande Bretagne, la Norvège. Plusieurs projets ont ainsi vu le jour en Norvège, en Écosse et en Irlande du Nord.

De nombreux travaux hydrographiques et océanographiques utilisant, entre autres, la surveillance par satellites des océans ont permis de se faire une image précise de la géographie des courants marins et de leur mécanique.

La prévisibilité des courants, que se soit ceux de marées, ou les grands courants, tels le Gulf Stream en Atlantique nord, celui de Humboldt dans le Pacifique nord, permettent de programmer avec une précision acceptable, les périodes de production et les puissances disponibles.

Comme pour l'éolien ou la houle, la production de cette électricité ne produit pas de gaz à effet de serre.

Mais cette énergie est également soumise à variations, horaires et journalières pour les marées, parfois saisonnières pour les grands courants.

1°) - Les courants de marée.

En Europe, le potentiel des courants de marée est estimé entre 18 et 35 TWh/an (environ 8 % de la consommation annuelle d'énergie des logements en France).

Sauf en de rares endroits, (Raz Blanchard au large de la Hague : 9 à 11 nœuds, environ 20km/h) selon les coefficients de marée) les vitesses sont relativement faibles 3 à 5 nœuds, environ 8 km/h. Mais les masses liquides et la densité de l'eau ont un potentiel énergétique nettement supérieur à celui de l'air. Avec, de surcroît, une régularité de disponibilité que les vents ne peuvent assurer.

Le captage de l'énergie des courants de marée, à proximité des côtes, n'est pas très différent de celui de du vent. Il se fait au moyen de turbines sous marines, soit fixées au fond, soit entre deux eaux. Comme pour les autres techniques off-shore, un câble relie le lieu de production au réseau via un poste de transformation électrique situé à terre.

Des études et expérimentations sont en cours : en France, le site de Paimpol-Bréhat a été retenu en 2008. La puissance installée serait de 1,5 à 2 MW, pour une production attendue de 3GWh/an. Sa mise en service était prévue pour cette année (2012).

En Norvège dans le détroit de Hammerfest depuis septembre 2003, une turbine de 20m de diamètre, située à 50m de fond a été mise en service. Puissance installée : 300 KW. La hauteur totale de l'installation est de 30m.³⁰

³⁰ C'est-à-dire la hauteur d'un immeuble de 10 étages, et un obstacle sous marin qui, en fonction de la marée réduit, d'autant la profondeur d'eau disponible.

Mais en supplément des difficultés de construction et de mise en place, cette technique présente de nombreux inconvénients :

- Le coût très élevé de l'installation et de la maintenance.
- La corrosion des matériaux par l'eau de mer.
- La colonisation des installations par les organismes marins (algues, patelles)
- L'opposition des pêcheurs qui estiment que les hydroliennes utilisent l'espace en compétition avec les zones de pêche.
- Les restrictions à la navigation.
- Les contraintes environnementales.
- La complexité de la maintenance et de la connexion au réseau électrique.

2°) Les courants océaniques.

Depuis plusieurs années le Southeast National Maritime Renewable Energy Center de Floride travaille sur un projet d'exploitation du Gulf Stream. Celui-ci prend sa source entre la Floride et les Bahamas, avant de continuer vers le nord-est de l'Atlantique. Sa vitesse de déplacement, 8km/h, est quasiment constante. L'énergie cinétique produite par ce flux constant équivaut à des vents de 230 km/h. Le projet du SNMREC pourrait être mis en œuvre sur une zone de 69 km² à 15 nautiques au large de Fort Lauderdale (Floride). Objectif : création à terme d'un parc de 3.520 turbines de 2,4 MW chacune un total de 8,44 GW, équivalant à huit réacteurs nucléaire.

Il existe de par le monde d'autres sites qui pourraient exploiter ce genre de courant permanent, dont le Kuroshio, dans le Pacifique nord qui remonte depuis l'est de Taïwan vers le nord-est du Japon. Mais les difficultés techniques et les coûts de mise en place sont certainement un frein à la réalisation de ce type de projet³¹.

Malgré cela, en élargissant financements et études au niveau de l'Europe, un tel projet serait-il envisageable en mer Celtique ?

3.2.3-le soleil :

L'idée d'utiliser l'énergie solaire n'est pas, - et de loin-, une idée nouvelle. En 212 avant JC, un certain Archimède avait utilisé des miroirs ardents pour enflammer les navires romains qui assiégeaient la ville de Syracuse. En 1747, en présence de Louis XV, Georges-Louis de Buffon, naturaliste et mathématicien français, prouva la réalité de ce fait en enflammant à distance un paquet de fagots au moyen d'un miroir à facettes.

On retrouve ici un développement en grande croissance, avec les mêmes aléas de disponibilité que pour l'éolien. Par contre des réalisations intéressantes ont été développées dans le domaine individuel en générateur d'eau chaude sanitaire. Actuellement, le secteur de production de cellules photovoltaïques est en pleine déroute (la plus grosse société allemande du domaine vient de déposer son bilan). Comme en beaucoup de domaines, seules les entreprises chinoises fabriquant les dits panneaux, tirent leur épingle du jeu.

Il est dit que la terre reçoit du soleil, en une heure, l'équivalent d'un an de consommation mondiale d'énergie.

Cette constatation, liée aux doutes émis à l'encontre du nucléaire depuis Fukushima, a provoqué l'installation de centrales solaires dont la puissance installée ne cesse d'augmenter pour atteindre celle de 400MW, (semblable à celle des centrales à gaz) avec l'espoir de concurrencer le nucléaire avec des puissances de 1.000MW.

Avec cependant trois restrictions majeures : le prix, quatre fois celui du marché, la surface des sols occupés et, dans l'état actuel des techniques, la non permanence du rayonnement solaire.

³¹ Avec, en plus, pour l'ouest du Pacifique, les risques liés à l'instabilité sismique de la région.

Actuellement, l'énergie solaire représente 0,2 % de l'électricité mondiale. Certaines institutions envisagent que cette production d'électricité pourrait, en 2050, atteindre 20 à 25%. Mais il n'est pas précisé s'il s'agit de la puissance installée ou de la puissance réellement produite. Et certainement pas sous nos latitudes.

Les projets :

1°) Centrales photovoltaïques.

Des centrales photovoltaïques de grande puissance sont en service en Espagne et en Californie et d'autres sont en projet dans différents pays du soleil avec des puissances installées de 500MW et en Chine (Mongolie Intérieure) avec une centrale de 2.000MW sur 50 Km². Mais ces centrales ne peuvent fonctionner la nuit et occupent, pour obtenir de telles puissances, des surfaces considérables.

2°) Les centrales solaires thermiques.

L'énergie solaire est alors captée par des miroirs qui concentrent les rayons réfléchis sur des tours dans lesquelles circule un fluide spécial chauffé à plus de 500°C. Cette chaleur est alors transmise à de l'eau pour produire de la vapeur sous pression et faire tourner une turbine qui produit l'électricité. Des réservoirs de fluide peuvent stocker la chaleur pour une production résiduelle pendant les heures de nuit.

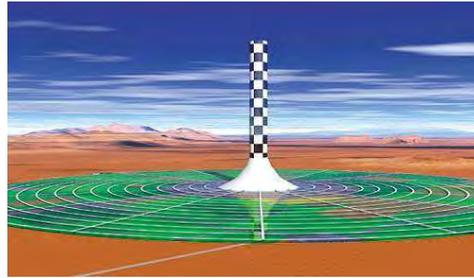
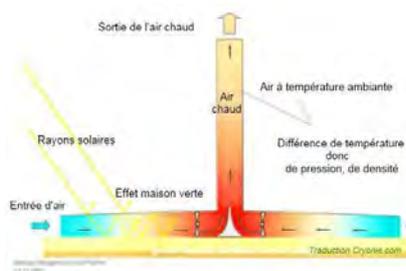


Des centrales de ce type sont en construction en Arizona et en Espagne avec des capacités de quelques centaines de kilowatts. Parmi les projets en étude, le plus ambitieux est celui qui, avec une centrale de 100GW, installée au Sahara, permettrait d'alimenter l'Europe !

Nettement moins gourmandes en surface, ces centrales présentent un meilleur rendement que le voltaïque mais nécessitent un ensoleillement fort et régulier que l'on ne trouve que dans les régions méridionales et intertropicales, régions qui au moins en Afrique et au Moyen Orient sont des endroits tout aussi à risques que ceux du gaz et du pétrole.

3°) D'autres projets solaires

Les cheminées solaires. Une tour de 1km de haut, avec à sa base une jupe de 7km de diamètre. Cette jupe, fonctionnant comme une serre permet d'obtenir une température de 70°C, alors qu'au sommet de la tour, la température n'est que de 20°C. Le courant d'air ainsi créé actionne une turbine qui fournit l'électricité.



Peu de maintenance, une production résiduelle la nuit (10%) sont des atouts, mais la surface nécessaire (de l'ordre de 40 Km²) et l'impact visuel sont des inconvénients non négligeables.

3.2.4. La terre.

La géothermie : c'est récupérer la chaleur contenue dans le sol à l'aide de forages profonds. Mais cette technique qui permet de chauffer des immeubles, voit son rendement se dégrader sur un secteur donné lorsque le nombre des forages et des foyers alimentés augmentent. Ceci obligeant à recourir à des forages de plus en plus profond

Pour mémoire, citons, sans être exhaustifs, les autres matières premières qui permettent de produire des moyens

Citons sans ordre préférentiel :

- Le sable dont on arrive avec difficulté à extraire la silice utile pour tous les semi-conducteurs et les panneaux photovoltaïques
- Le plomb avec lequel nos automobiles sont équipées de batteries
- Les terres rares comme le lithium ou autres avec lesquels on réalise des batteries plus efficaces que les batteries au plomb.
- Les métaux rares avec lesquels on développe des générateurs électriques.

3.2.5- Les nouveaux carburants :

Les procédés de méthanisation, la biomasse, les biogaz, les bios carburants (algues, colza etc.), Recyclage des effluents, lisiers et autres (méthanisation, carbonification, gazéification).

La disparition programmée des carburants fossiles a accéléré les recherches pour fabriquer à grande échelle des carburants et gaz à partir de la biomasse.

Sauf en ce qui concerne les grandes entreprises alimentaires et la valorisation des boues produites par les usines de traitement des eaux usées, les quantités de gaz et de carburants produites par ces techniques sont relativement limitées et, en particulier pour les exploitations agricoles, très dispersées.

Pour accélérer les processus, augmenter les quantités produites et les collecter, les productions devront se faire à partir de fermes spécialisées, mettant en œuvre des technologies de pointe, nécessitant de longues et coûteuses recherches. Ces fermes, selon les techniques employées sont plus ou moins consommatrices d'énergies et de surfaces.

3.2.5.1-Les bios carburants naturels.

Obtenus à partir de plantes ou d'algues les bios carburants présentent une alternative à la disparition des carburants fossiles

Mais les surfaces nécessaires à la production en quantités appréciables des colzas et autres oléagineux viennent en diminution des surfaces agricoles alimentaires et participent à la déforestation.

Cultiver pour manger, ou cultiver pour rouler en automobile ?

Au prix où est rendu le baril de pétrole la tentation est grande pour les spéculateurs et pour certains agriculteurs de cultiver un végétal "industriel" plutôt qu'un végétal alimentaire.

Dans beaucoup de pays, en particulier ceux en voie de développement, le pourcentage de terres consacrées à la culture de plantes "industrielles", telles le palmier à huile tend à augmenter, au détriment des cultures alimentaires

Seules les algues, qui pour se développer n'ont besoin que de soleil et d'eau, pourront être produites en quantités suffisantes pour rentrer dans la composition des carburants du futur ; ceci sans entrer en concurrence avec les plantes alimentaires.

En Espagne, aux USA, des fermes spécialisées ont été installées dans des endroits désertiques à proximité de la mer et bénéficiant d'un ensoleillement important.

3.2.5.2- La méthanisation (voir annexe X)

En 1776 le savant italien A. Volta ayant observé que du gaz se libérait d'un marais étudia ce phénomène et constata que le "gaz des marais" était inflammable.

A partir de ces travaux et de ceux de Lavoisier, la ville d'Exeter en Grande Bretagne créa au début du XXème siècle une usine de production de méthane pour l'éclairage des voies publiques.

La méthanisation, œuvre de bactéries est une digestion anaérobie, ou fermentation méthanique, qui transforme la matière organique en compost, méthane (CH₄) et gaz carbonique (CO₂) par un écosystème microbien complexe. La méthanisation permet d'éliminer la pollution organique tout en consommant peu d'énergie, en produisant peu de boues et en générant une énergie renouvelable : le biogaz qui contient, en volume entre 55 et 85% de méthane (CH₄). Celui-ci est utilisable comme source d'énergie : 1m³ de méthane (soit 8 570 kcal) = 1 litre de mazout et un pouvoir calorifique de l'ordre de 5 kW au m³

La méthanisation permet la valorisation des boues urbaines, des déchets organiques d'origine industrielle (déchets de cantine, d'abattoir, industrie agro-alimentaire etc.) et/ou agricole (fumier, lisier, résidus de céréales etc.). Des installations permettent de traiter des quantités allant de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an et de produire de l'électricité. Une unité de méthanisation valorisant 21 000 tonnes de biomasse par an peut fournir 600kWél.

Fourniture d'électricité : Le biogaz peut alimenter un moteur ou une turbine pour produire de l'électricité et de la chaleur (cogénération). La chaleur peut être utilisée pour le chauffage des unités de production de biogaz et/ou servir à tout autre usage³².

Avant usage le biogaz doit subir différents traitements afin de le purifier et de rendre sa composition proche de celle du gaz naturel.

Cependant, le biogaz peut être corrosif. Son transport doit s'effectuer par des canalisations en polyéthylène haute densité ou en inox.

Le biogaz carburant

La valorisation du biogaz sous forme de carburant automobile est assez répandue en Suède. En France quelques installations sont en cours d'optimisation : Lille, Sonzay (près de Tours), Chambéry.

Le digestat.

En finale, un résidu liquide, le digestat, peut être épandu en substitution des engrais minéraux. Ayant méthanisé, ce produit a une teneur en azote supérieure à celle contenue en particulier dans le fumier Très fréquentes en Allemagne, les fermes utilisant ce procédé commencent à se multiplier en France.

³² Production d'eau chaude domestique chauffage etc. Et pour les exploitations agricoles : séchage du foin, couveuses etc.

3.2.5.3- La carbonification ou carbonisation hydrothermale.

La carbonification est à l'origine des gisements de charbon fossile. C'est un procédé connu depuis que l'on sait fabriquer du charbon de bois. La combustion contrôlée du bois permet d'éliminer l'humidité augmentant ainsi son pouvoir calorifique. Les techniques modernes permettent de reproduire le cycle naturel du charbon

En chauffant sous vide d'air une biomasse additionnée de catalyseurs à environ 200°C et sous une pression de 20 à 25 bars on obtient, au bout de quelques heures, un produit qui a perdu 50% de son humidité. Ce produit, après séchage complet possède des propriétés calorifiques comparables à celles du charbon fossile. Il en a les mêmes caractéristiques pour le stockage ou le transport.

Cette technique permet d'obtenir une efficacité énergétique supérieure à celle obtenue par méthanisation. La totalité de l'énergie chimique contenue dans la biomasse de départ est utilisée, sans déperdition induite par des résidus de fermentation. Ce procédé permet d'utiliser une grande diversité de matériaux de départ.

La carbonisation hydrothermale ne produit pratiquement pas de gaz nocifs pour le climat et retient la presque totalité du carbone contenu dans la biomasse. La quantité de CO₂ libérée au cours de la combustion de ce bio charbon correspond à la quantité retirée du cycle climatique lors de la croissance de la biomasse. D'où une source d'énergie au bilan carbone neutre.

Cette technologie valable pour valoriser des déchets doit, pour être pleinement rentable, présenter un bilan énergétique *joules consommés/joules produits* nettement positif.

3.2.5.4- La gazéification.

Connu dès le début du XIX^{ème} siècle, la technique de la gazéification du charbon ou du coke a été utilisée pour alimenter en gaz d'éclairage de nombreuses villes en Europe (Londres en 1812) et en Amérique.

C'est ce type de gaz, obtenu à partir du charbon de bois, qui pendant la 2^{ème} Guerre Mondiale, a fait tourner les véhicules automobiles (Gazogène).

La gazéification est un procédé qui permet de convertir des matières carbonées ou organiques en un gaz de synthèse composé majoritairement de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂)³³. Ce gaz est obtenu en chauffant les matières traitées à des températures élevées (entre 600 et 1.800°C) avec un apport contrôlé d'oxygène (Réaction thermo-chimique).

Via le procédé Fischer-Tropsch, (1923) deux chimistes allemands, le gaz de synthèse obtenu peut être transformé en essence de synthèse. C'est essentiellement ce carburant qui, pendant la 2^{ème} Guerre Mondiale, a été utilisé (90%) par les forces armées allemandes.

La gazéification peut traiter presque tous les types de matières organiques : bois, biomasse, ou même déchets plastiques.

On peut l'utiliser directement dans un moteur à combustion interne (gazogène). Il peut servir à produire de l'hydrogène par la réaction du gaz à l'eau, et du méthanol, ou à produire de l'électricité par un cycle combiné à gazéification intégrée ou être utilisé, au lieu de l'hydrogène dans certains types de pile à combustible.

À la différence des processus biologiques comme la digestion anaérobie, qui produisent du méthane ou du biogaz, la gazéification permet un meilleur contrôle des réactions chimiques et un temps de traitement du produit nettement plus court.

³³ Ce gaz est différent de celui obtenu par méthanisation qui est composé essentiellement de méthane (CH₄) et de gaz carbonique (CO₂)

3.2.5.5- La biologie synthétique.

*La biologie synthétique, nouvelle discipline qui émerge, vise à créer des cellules vivantes en laboratoire selon des schémas non prévus par la nature.*³⁴

Cette nouvelle technique vise à engendrer une biodiversité inédite pour l'étudier et l'exploiter industriellement. C'est ainsi qu'en jouant sur les composants de l'ADN d'un organisme on peut obtenir de nouveaux processus génétiques novateurs. Des expérimentations sont en cours pour accélérer la production de médicaments d'origine biologique à des coûts nettement inférieurs à ceux de la fabrication par synthèse. et remédier aux faibles quantités produites naturellement.

Appliquées dans le domaine de l'énergie ces techniques devraient conduire à la fabrication de carburants synthétiques. La manipulation génétique de certaines algues améliorerait leur rendement de l'énergie solaire en accélérant les phénomènes de photosynthèse³⁵ pour obtenir de grandes quantités de carburant renouvelable.

Aux USA, des sociétés ont investi 2 milliards d'USD dans un projet mettant en œuvre ces techniques. De telles algues pourraient produire jusqu'à 60.000 litres de biocarburant par an et par hectare.

Mais la mise en œuvre à grande échelle de ces productions nécessite des surfaces importantes. Celles-ci ne doivent pas se développer au détriment des cultures alimentaires et des surfaces boisées. Elles nécessitent un rayonnement solaire intense permanent et une ressource conséquente en eau.

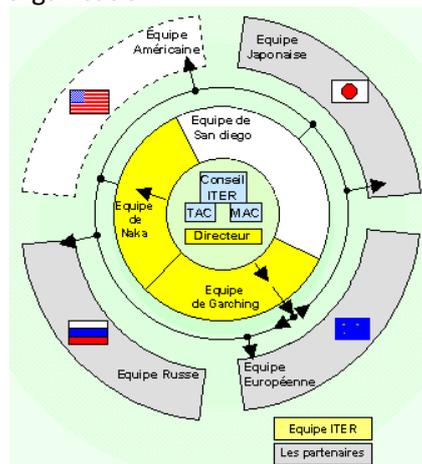
3.3- Les nouvelles technologies:

3. 3.1- L'ITER,

Le projet ITER : copier le soleil

-Le nom: International Thermonuclear Experimental Reactor

-L'origine :ITER est un projet scientifique unique au monde par sa dimension internationale (34 pays rassemblés) son financement et son organisation.



L'organisation ITER est régie par un traité international qui fixe les droits et obligations de chaque partenaire : Chine, Corée du Sud, Etats Unis, Europe, Fédération de Russie, Inde, Japon. Cette organisation

³⁴ Figaro du 23/24 juin 2012.

³⁵ La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux plantes et à certaines bactéries de synthétiser de la matière organique en exploitant la lumière du soleil. Les besoins nutritifs de ces organismes sont du dioxyde de carbone, de l'eau et des sels minéraux. La photosynthèse est la principale voie de transformation du carbone minéral en carbone organique.

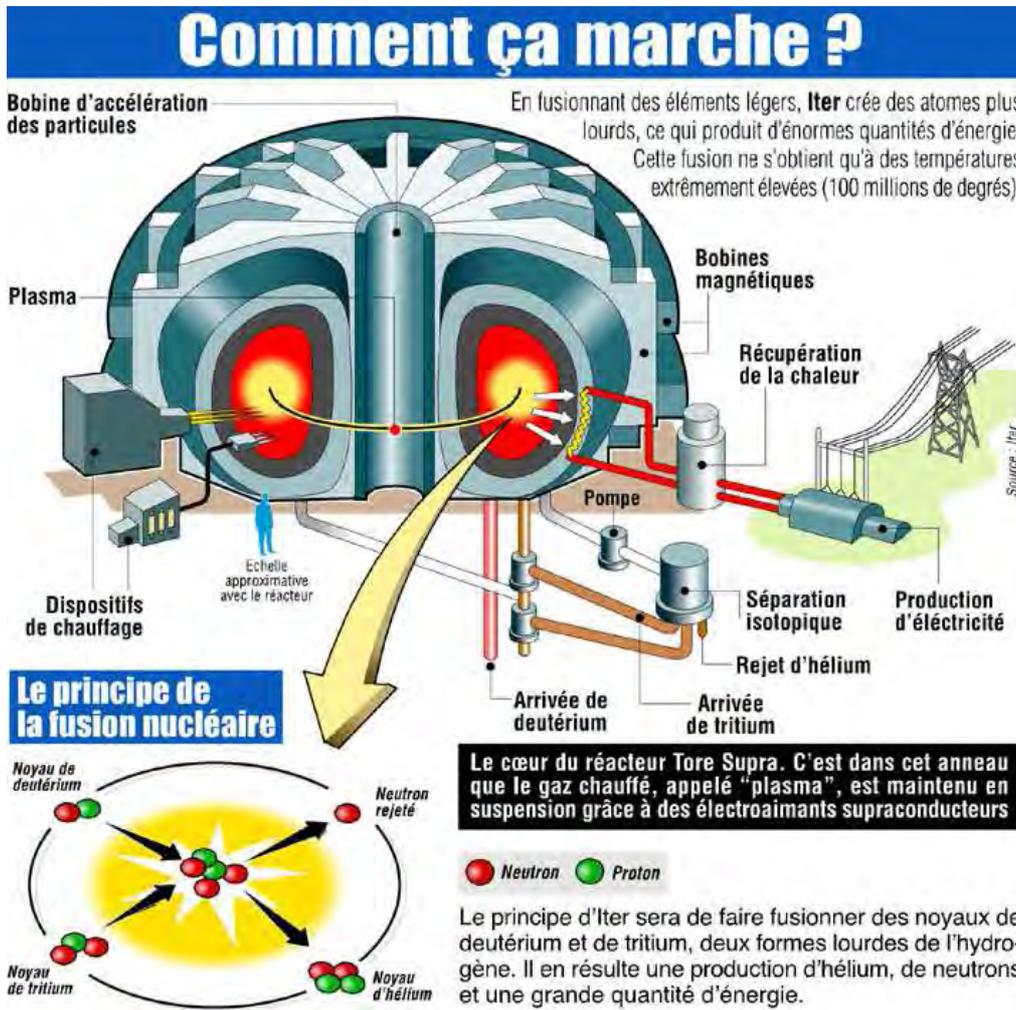
est responsable de la conception de l'installation de recherche, de sa construction prévue pendant 10 ans de son exploitation pendant 20 ans et de sa mise à l'arrêt.

Chaque pays participant a créé une agence domestique. En France, il s'agit de l'Agence ITER France (créée au sein du CEA) et de la mission d'accompagnement ITER, placée auprès du Préfet de Région PACA.

-L'objectif : vouloir, à très haute température (150 millions de degrés) réaliser la fusion entre le deutérium et le tritium (isotopes de l'hydrogène) et produire plus d'énergie que consommé pour réaliser cette fusion.

Des essais dans ce sens ont déjà été réalisés par des tirs intermittents de systèmes à laser (sans production d'énergie). L'objectif est de conserver le confinement du plasma (gaz ionisé de deutérium et tritium) pendant des dizaines ou centaines de secondes.

-La réalisation en cours : il s'agit d'une réalisation colossale, basée sur le principe suivant : maintenir le plasma dans une enceinte fermée (un tore) à l'aide de champs magnétiques, eux-mêmes créés par de puissants électroaimants.



La réalisation, très complexe, nécessite des moyens financiers et techniques énormes. Par exemple les électro-aimants sont fabriqués à partir de matériaux supraconducteurs. Les livraisons d'éléments (plusieurs centaines de tonnes) sont en cours d'approvisionnement.

-Les critiques : les principales sont :

Ça ne fonctionnera jamais (mais il faut essayer pour le savoir)

C'est trop cher, on ferait mieux de dépenser l'argent à autre chose (et si cela fonctionnait-quelle délivrance).

-**Conclusion** : C'est un beau challenge, qui a le mérite d'être tenté. La présence de nombreux pays qui participent à ce projet, prouve son intérêt. En l'absence de résultats acquis, les recherches et études sur les différents types de productions connues doivent être poursuivies.

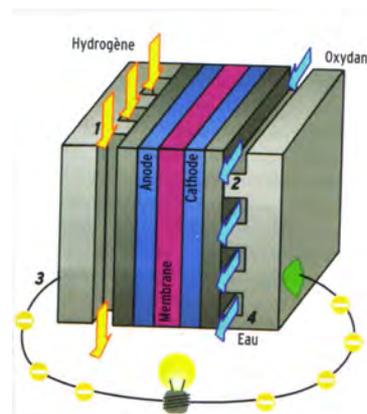
3.3.2- Le stockage de l'électricité.

Contrairement aux divers "carburants" qui permettent de la produire l'électricité n'est pas aisément stockable, surtout sous un haut voltage et sous des volumes raisonnables. Sitôt produite, l'électricité en provenance des centrales doit être consommée. Trop de production se traduit obligatoirement par des arrêts ou ralentissements des sources. Trop de demande déséquilibre le réseau et provoque rupture de l'alimentation. Dans un logement trop d'appareils en marche font "sauter les plombs"

Si, pour des basses et moyennes tensions, l'utilisation de batteries ou de piles permet le stockage, pour de courtes durées de l'électricité, il n'existe, pour l'heure, aucun moyen, en dehors de l'hydraulique des barrages³⁶, pour stocker pour une longue durée d'utilisation des courants de grande puissance sous un volume raisonnable.

Fabriquer de l'électricité quand l'énergie primaire (vent, soleil) est disponible pour, en l'absence de ces éléments la stocker et la redistribuer à la demande, fait l'objet de nombreux travaux.

Certaines techniques, en particulier les piles à combustible, sont déjà d'un usage courant. Beaucoup font l'objet de recherches et expérimentations dans de très nombreux laboratoires. Le but étant d'obtenir des éléments dont la fabrication ne consomme pas plus d'énergie qu'ils ne peuvent en fournir, qui peuvent stocker l'énergie à des températures et des pressions normales et fonctionnent dans des conditions d'utilisation courantes, avec un coût le plus bas possible.



3.3.3- Les piles à combustible. (P.A.C.)

"Oui mes amis, je crois que l'eau sera employée un jour comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène qui la composent, utilisés ensemble ou séparément, fourniront une source inépuisable de chaleur et de lumière.....Ainsi donc, rien à craindre, l'eau est le charbon de l'avenir" Jules Verne, "L'île mystérieuse" 1873.

En 1839 un chimiste allemand, Christian Schönbein découvre l'effet "pile à combustible". Mais c'est seulement au milieu du XXème siècle que les piles à combustible ont connu leurs premières utilisations, en particulier pour les missions spatiales Apollo. Le coût des matériaux nécessaires à leur fabrication était et est toujours très élevé, alors que les autres générateurs d'électricité (piles et accus) étaient et sont toujours bien meilleur marché.

Il existe essentiellement deux familles de piles à combustible, celles utilisant du méthane avec pour défaut de produire du CO2 et même du CO (monoxyde de carbone), et celles à hydrogène (dihydrogène ou H2) qui ne restituent que de l'eau et de la chaleur d'où son grand intérêt écologique.

Une pile à combustible fonctionne suivant le processus inverse de l'électrolyse de l'eau³⁷. On alimente la pile en hydrogène et oxygène (celui de l'air ambiant) et on constate l'apparition d'une tension électrique entre deux électrodes (anode et cathode) séparées par un électrolyte, matériau qui bloque le

³⁶ Stations de pompage : En période de forte demande, l'eau d'un barrage, après avoir fait tourner une turbine peut être stockée dans un réservoir inférieur, puis, en période creuse remontée dans le barrage. Une succession de barrages permet, avec la même eau, de faire fonctionner des turbines en série.

³⁷ Electrolyse : procédé qui décompose l'eau en dioxygène et dihydrogène gazeux avec l'aide d'un courant électrique.

passage des électrons mais laisse circuler les ions. C'est le transfert des ions H⁺ vers la cathode qui va produire un courant électrique continu à partir de l'hydrogène.

La réaction est déclenchée à l'aide d'un catalyseur composé d'une fine couche de platine disposée sur les électrodes. Tant que la pile est alimentée en dihydrogène elle produit du courant.

Le dihydrogène (H₂) est donc un vecteur d'énergie.

Cependant cette tension ne dépasse pas 0,7 V par cellule ; il faut donc utiliser un grand nombre de cellules en série pour obtenir la tension requise. Le courant électrique produit par la pile est continu. Pour une utilisation domestique il est nécessaire de transformer ce courant en courant alternatif à l'aide d'un onduleur.

Utiliser l'électricité pour produire des combustibles que l'on consommera à la demande est à la base de la technologie des piles à combustible.

Produire de l'hydrogène³⁸ est une de ces techniques, sans doute la plus prometteuse en raison de son abondance. Mais l'hydrogène est un gaz hautement explosif qui inspire une certaine méfiance³⁹. Son stockage sous haute pression (200 à 700 bars) ou sous liquéfaction (-253°C, proche du zéro absolu Kelvin) le rend extrêmement dangereux, avec des pertes d'énergie pour la compression ou la liquéfaction.

3.3.4- Les piles et accus du futur : la chimie organique, le lithium

Les piles à combustible utilisant l'hydrogène sont certainement la solution d'avenir pour la propulsion des automobiles⁴⁰ et de certains navires⁴¹. Mais leur coût, la complexité de leur fabrication et leur encombrement sont les principaux obstacles à leur généralisation.

Afin de réduire ces difficultés les laboratoires travaillent sur différents créneaux pour améliorer les conditions de stockage et d'utilisation, optimiser les rendements des électrodes et électrolytes, réduire les coûts.

Dans ce domaine, une entreprise française, McPhy Energy, créée en 2008, a mis au point un stockage de l'hydrogène sous forme solide à haut rendement dans des réservoirs réutilisables sur site et simples d'utilisation. En combinant chimiquement l'hydrogène avec des cristaux nanostructures de magnésium on obtient un hydrure qui permet de stocker plus de 106kg d'hydrogène au m³, alors que les techniques cryogènes ou hyperbares plafonnent respectivement à 42 et 70kg.

Le stockage se fait à la pression atmosphérique, assurant ainsi une sécurité optimale.

Des laboratoires s'intéressent aux matériaux composant les électrolytes, faisant appel à la chimie organique du vivant, dont des bactéries des algues, des enzymes, du lactose, du glucose, et au bio minéral à basse température, etc. Pour l'instant, les procédés mettant en œuvre ces processus ne fournissent que des courants très faibles, de l'ordre de quelques microwatts, mais les chercheurs espèrent améliorer leurs

³⁸ En octobre 2010, Jean-Claude Guyard a fait éditer par le HCFDCE un dossier complet : « HYDROGENE. L'énergie du futur ? », qui expose en détail les techniques, recherches et expérimentations sur l'hydrogène, vecteur d'énergie. En 2010 une ferme expérimentale a été créée en Corse pour fabriquer de l'hydrogène par électrolyse à partir de l'électricité produite par l'énergie solaire. L'hydrogène, stocké dans des réservoirs à haute pression est réutilisé dans des piles à combustible pour produire de l'électricité.

³⁹ Lake Hurst New Jersey à proximité de New York) le 6 mai 1937 l'incendie du dirigeable allemand *Hindenburg*

⁴⁰ Air Liquide qui, en 2008 a produit 7 milliards de M3 d'hydrogène, s'est lancé avec des partenaires US et Canadiens dans des projets de véhicules urbains équipés de piles à combustible. Production d'hydrogène à base de méthane (CH₄) et consommation d'énergie et de CO₂.

⁴¹ A Nantes, la Mission Hydrogène, fédération d'entreprises créée pour développer une filière économique centrée sur l'hydrogène énergie, travaille sur des P.A.C. pour navires. Le chantier de construction navale MAURIC étudie deux bateaux à "hydrogène" de 12 et 24m, destinés à la pêche.

performances pour des applications aussi variées que la fabrication de piles ou l'alimentation d'organes artificiels, tels le rein ou le cœur, sans besoin de recharges.

Parmi les nouveaux matériaux, dont certains sont déjà utilisés dans l'automobile, l'aéronautique et l'aérospatiale, on peut citer les accus au lithium ion, les électrolytes solides, etc.

Des recherches intensives sont en cours pour améliorer les performances des membranes séparatrices d'électrodes et les électrodes elles mêmes.

Chapitre IV : Les réseaux de transport et de distribution.

Le maillage des lignes électriques s'est fait sous l'égide d'EDF en fonction des demandes. Demandes qu'EDF avait tout intérêt à susciter et à encourager, renforçant ainsi son monopole et son contrôle.

On l'a vu précédemment, en ce qui concerne l'électricité l'Ouest est une « presque île » qui n'est alimentée que par deux artères principales de 400.000 V, une par le sud, l'autre par le nord. Le centre de la Bretagne est alimenté par des lignes 220.000V, la plupart du temps en « cul de sac ». C'est une des faiblesses du réseau français qui en comporte également une dans la région PACA.

Pour « moissonner » les productions des multiples sources renouvelables, RTE sera obligatoirement amené à repenser le réseau. Ces travaux devraient être mis à profit pour renforcer le réseau de l'Ouest et mettre en place des systèmes intelligents permettant de réguler, la consommation pendant les périodes de forte demande.

Pessimisme ou optimisme ?

L'épuisement des ressources énergétique traditionnelles, la discontinuité des énergies renouvelables, laissent présager à plus ou moins long terme une raréfaction et un renchérissement de l'énergie ; et par suite une modification de nos modes de vie.

Cependant, cette vision pessimiste de l'avenir se doit d'être tempérée par les recherches en cours dans de nombreux laboratoires : l'ITER, l'hydrogène, le stockage de l'électricité, les nouveaux matériaux, les projets de centrales solaires à production pérenne, l'exploitation des courants marins etc.

Il y a seulement un siècle il paraissait impossible de marcher sur la lune, de soigner le cancer et on l'on considérait comme impossible et sans intérêt l'exploration de certains domaines comme celui des nanoparticules.

Il faut espérer, comme cela s'est produit au cours des siècles, que de nouveaux domaines s'ouvriront à la science et que de nouvelles technologies, aujourd'hui insoupçonnables, verront le jour dans tous les domaines et en particulier dans celui de l'énergie, pour assurer à nos descendants un mode de vie aussi satisfaisant que possible.

Chapitre V Les économies.

Si la demande continue d'augmenter (1% par an depuis 10 ans), alors que les énergies fossiles sont en voie d'épuisement, que l'énergie nucléaire est de plus en plus contestée, que les sources actuellement en phase de recherche ou d'expérimentation ne pourront être opérationnelles qu'à relativement long terme, si on ne lance pas des politiques fortement volontaristes pour économiser la consommation on court le risque de voir le niveau de vie baisser. Avec pour corollaire le risque de revenir au temps où l'activité humaine et économique s'adaptait à la disponibilité des énergies et de la lumière.

5.1. Les orientations définies par l'Etat.

Pour réduire sa facture et sa dépendance énergétique et diminuer ses émissions de Gaz à effet de serre, la France doit faire un effort vigoureux de maîtrise de l'énergie.

L'Etat, à travers l'ADEME, Agence De l'Environnement et de Maitrise de l'Energie, applique la politique nationale d'efficacité énergétique, en favorisant notamment l'identification des économies d'énergie possibles et la mise en œuvre des meilleures technologies et des pratiques d'utilisation rationnelle de l'énergie, parmi lesquelles la Maîtrise de la Demande en Electricité (MDE). Des "outils" ont été mis en place pour aider les acteurs économiques à effectuer des audits et diagnostics énergétiques et les inciter à réduire leur consommation. Cf. Annexe VII.

Le 16 décembre 2011, le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du logement a présenté la feuille de route du Gouvernement pour accélérer les économies d'énergie. Feuille de route qui comprend 27 mesures destinées à diminuer la consommation d'énergie, à l'horizon 2020, de 20%. Cf. liste en annexes VI et VII.

Ces mesures intéressent les entreprises les collectivités et les ménages En particulier, pour ceux-ci, et pour les syndicats de copropriétaires des Eco-Prêt à Taux Zéro pour améliorer les performances énergétiques des logements.

Citons, pour les constructions neuves et les opérations de rénovation la mise en place du label BBC (Bâtiment Basse Consommation) qui permet, aux acheteurs de bénéficier d'avantages fiscaux et de majorations pour l'obtention de certains prêts.

Dans le but de limiter, en période de pointe, la consommation d'électricité au strict nécessaire, des investissements importants seront consacrés à la mise en place de réseaux et de systèmes intelligents. Ces systèmes appelés smart grid par les anglo-saxons utilisent des logiciels qui, à partir de compteurs, débranchent pendant un certain temps tel ou tel équipement, afin d'équilibrer production et consommation.

En juin 2012, le Conseil Général de la Loire Atlantique a voté des mesures pour diminuer les consommations d'énergie.

5.2-Changement de mode de vie ou changement de comportement.

5.2.1- Changement de mode de vie.

L'activité humaine commande la production d'énergie. Le renouvelable (air, soleil, terre, mer) commandera-t-il le rythme de l'activité humaine ?

En janvier 2012, une émission de France 2 proposait à des habitants d'un village du Midi de vivre sans électricité pendant une semaine. Cette émission a démontré qu'en l'absence d'électricité, en

supplément de la perte du confort et des commodités nous perdrons rapidement nos repères et qu'il nous serait très difficile de nous adapter et, comme le disait une journaliste de redécouvrir des réflexes oubliés. (TV Magazine Ouest du 5 au 11/02/2012).

5.2.2- Changement de comportement.

On ne dépense pas de l'énergie pour le plaisir, mais par habitude et en fonction des besoins que l'on s'est créé.

Réduire la consommation suppose un changement d'attitude et de comportement (BEHAVIOUR comme disent les anglais)

Comme le plus souvent cette volonté de réduction s'émousse sur les coûts qu'elle entraîne, il devient difficile pour chacun de réduire.

A titre d'exemple, regardons l'éclairage public, dont la facture représente une part non négligeable des dépenses municipales.

Plusieurs choix s'offrent aux « municipales » :

Réduire, voir supprimer l'éclairage (avec éventuellement un allumage commandé par un détecteur de présence). Et aussitôt, on lève le drapeau de l'insécurité, du danger pour tous, de l'impossibilité de vivre dans le noir.

Changer tous les lampadaires par de nouveaux appareils à basse consommation et qui n'éclaire que le sol utile et non la cime des arbres. L'investissement énorme n'est pas rentable en termes de retour.

On voit que cet exemple peut se généraliser à toutes les économies demandées. Des appareils non énergivores existent, mais l'investissement annihile toute volonté. Comment demander à un smicard de remplacer sa vieille voiture qui consomme et pollue par une voiture récente dont il ne pourra pas régler les mensualités.

On peut parler de comportement, et se gargariser, tous sont prêts à réduire leur facture d'énergie, donc à aider la planète, mais ils ne peuvent pas financer les investissements indispensables.

Alors que faire : avancer lentement avec des incitations financières, qui seront répercutés sur le prix de l'énergie et qui permettront, à facture égale pour l'utilisateur, de consommer moins.

5.3. La conception des nouveaux bâtiments.

- Bâtiments Basse Consommation (B.B.C.) et immeubles auto-suffisants.

En période d'énergie bon marché et abondante, l'isolation et la consommation énergétique des immeubles n'étaient pas la principale préoccupation des concepteurs. Depuis le premier choc pétrolier (1973), des normes d'isolation ont été rendues obligatoires et sont devenues de plus en plus contraignantes.

A partir du 1^{er} janvier 2013, les nouvelles constructions et rénovations immobilières devront répondre obligatoirement au label B.B.C., Bâtiment Basse Consommation. Objectif : faire baisser la consommation moyenne d'un logement à hauteur de 50Kwh/m² par an, Kilowatt heure d'énergie primaire par mètre carré et par an.

De plus en plus de promoteurs mettent en avant dans leur publicité des équipements permettant de réduire la facture énergétique.

Panneaux solaires, pompes à chaleur, isolation, géothermie, etc. Le bâtiment Abalon à Saint Herblain a été conçu dans cette optique pour un bilan énergétique positif.

De nouvelles technologies apparaissent :

- Les revêtements producteurs d'électricité.

En 2003, au Japon et aux USA, des chercheurs ont imaginé de recouvrir les murs des bâtiments avec un film photovoltaïque transparent et souple. Des essais satisfaisants ont eu lieu à San Francisco et une firme française Armor travaille sur la conception de films permettant de recouvrir des surfaces de plus de 10km².

Une poudre, dont les composants libèrent des électrons et les transportent, est diluée dans un solvant organique. Prise en sandwich entre deux films d'électrodes souples et transparents cette poudre liquéfiée produit du courant. D'après Science&Vie ce film, sans doute en trois couches, peut être appliqué au rouleau ou en spray !

Simple à fabriquer et à mettre en œuvre, ce film présente cependant quelques inconvénients : une durée de vie courte, un rendement très faible, et, exclusivement une production diurne.

- Les vitrages intelligents.

Il existe deux types de vitrages selon que l'on veut se protéger de la chaleur en été tout en gardant la luminosité, ou au contraire, en hiver limiter les déperditions de chaleur.

Dans un cas comme dans l'autre on obtient l'effet recherché par l'ajout de couches minces déposées à la surface. Soit des couches pare-soleil pour l'été qui filtrent le rayonnement solaire en ne laissant passer que le spectre visible, soit des couches miroirs thermiques pour confiner à l'intérieur le rayonnement infrarouge. Dans le premier cas on limite le recours à la climatisation, dans le second celui au chauffage.

Mais dans l'état actuel des choses il n'est pas possible d'avoir l'un des systèmes en été et l'autre en hiver.

La solution de ce problème réside en la création de vitrages *dynamiques* capables de s'adapter aux conditions environnantes. La société Saint Gobain travaille sur ce genre de produits dont le coût est pour l'instant un obstacle à la grande diffusion.

5.4- L'isolation du bâti ancien.

La plupart des logements en vente sont 3,5 à 4 fois plus énergivores que la norme recommandée 50kwh par an et M2. (Chauffage, eau chaude, appareils, éclairage) Diviser ce chiffre par au moins deux permettrait d'économiser 300TWh par an.

C'est certainement dans ce domaine qu'il est possible de réduire le plus considérablement la consommation d'électricité. Mais c'est également l'action la plus difficile à mettre en œuvre : l'isolation par l'intérieur est complexe à réaliser et suppose une réduction des volumes intérieurs. Celle par l'extérieur est nettement plus simple à réaliser. Mais peut-on imaginer recouvrir les façades des immeubles du XVIIIème et du XIXème siècle de panneaux isolants et couvrir les toits à la Mansard de cellules photovoltaïques ?

Pour inciter les propriétaires d'immeubles énergivores à les isoler les incitations fiscales et autres actuelles semblent bien faibles en comparaison avec les sommes versées aux producteurs de l'électricité éolienne. Diminuer de quelques pourcents le prix du KW éolien et les consacrer, par EDF, à aider au financement des travaux d'isolation pourrait être un dispositif incitatif efficace.

5.5 - Les déplacements urbains et la gestion du temps.

Les transports sont de grands consommateurs d'énergie. Si, comme il est demandé dans les directives européennes, on veut favoriser "l'électrification" des moyens de transport, la demande en électricité, que ce soit pour les transports en commun ou en individuel augmentera dans des proportions importantes.

La périodicité de la demande (heures de pointe calquées sur les horaires des entreprises, administrations, établissements d'enseignement et de santé) nécessitera la mise en place de moyens de production d'électricité qui devront répondre au maximum de demande de ces créneaux. Avec un sous emploi en dehors de ces périodes.

Pour lisser ces demandes, il a été imaginé de moduler les horaires de travail. Des villes, comme Hambourg ont expérimenté ce concept en créant un "Bureau des Temps" ayant pour objectif de coordonner les horaires des différents centres d'activité. Si cela pouvait se faire, on obtiendrait, en plus du lissage de la demande de puissance, une limitation des capacités de transport de passagers (Bus, trains et tramways de taille réduite), et une diminution des embarras de circulation automobile.

Dans ce but, certaines entreprises et administrations ont mis en place des horaires souples pour permettre aux employés volontaires de décaler leurs heures de travail. Mais cette pratique est assez peu répandue car beaucoup d'activités nécessitent la présence simultanée des effectifs.

Vaste et complexe travail que d'amener une multiplicité d'activités aux contraintes et besoins différents et parfois contradictoires à modifier habitudes et modalités de production. D'autant plus qu'il faut tenir compte d'une infinité de paramètres : dispersion géographiques des établissements, coordination des horaires de travail avec ceux des établissements scolaires, des crèches et magasins, horaires et cadencement des transports en commun, etc.

5.6 – Les réseaux intelligents et décentralisés.

1°) Les réseaux intelligents.

Afin de réguler l'offre et la demande sans mettre en place un réseau de production surdimensionné et donc onéreux il conviendra de revoir complètement nos habitudes et la conception des réseaux.

On l'a vu plus haut la généralisation d'un éclairage public "à la demande" est certainement une source d'économie.

La suppression des enseignes publicitaires qui éclairent les immeubles des entreprises fermées la nuit en est une autre. Et il existe certainement d'autres possibilités

Mais c'est dans la conception globale des réseaux qu'il faut chercher les économies, en particulier en périodes de pointe. La mise en place, préconisée par l'ADEME, (Cf. .supra) de systèmes intelligents, devrait permettre, grâce à des logiciels d'équilibrer en permanence production et demande en agissant de manière intelligente et adaptée sur la consommation.

2°) Centralisation ou décentralisation des réseaux ?

En France, depuis 1946 la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique s'est bâti suivant un schéma centralisé. Le monopole de l'EDF a permis l'équipement de la totalité du territoire national en unifiant les tarifs quelques soient les sources, les infrastructures de transport et les modes de distribution. En gros, il existait deux catégories de « clients » : les particuliers et les entreprises. Cette manière de procéder en mutualisant les frais a en fait masqué les coûts réels de production et surtout de transport et distribution en fournissant à tous du courant à partir de sites plus ou moins lointains.

Il y a seulement une vingtaine d'années il paraissait scandaleux qu'une ferme isolée au fin fond de la campagne ne soit pas raccordée au réseau général. Aujourd'hui, EDF n'est plus l'unique fournisseur d'électricité et avec les énergies renouvelables, les sources de production se diversifient et se dispersent.

Il conviendrait donc de différencier les modes de production en fonction des utilisateurs et de fractionner les réseaux selon les distances et la densité des lieux de demande pour diminuer les frais de transport :

En fonction de leurs besoins on peut distinguer trois grandes catégories de clients :

- 1°) Les industries lourdes nécessitant des centrales puissantes (nucléaires ou thermiques fuel/charbon).
- 2°) Les particuliers et les entreprises qui selon la densité et la dispersion ne nécessitent pas les mêmes puissances.
- 3°) Les transports qui ont besoin de puissances variables selon qu'il s'agit de tramway, de TER ou de TGV.

La concentration ou la dispersion de la demande des particuliers et des entreprises devrait permettre de différencier les lieux de production et les modes de transport. Une ville ne peut être alimentée, selon son importance que par un réseau maillé. Mais une ferme isolée devrait pouvoir être alimentée par des sources proches : éolien, photovoltaïque, méthanisation et stockage par batteries, sans avoir obligatoirement recours à un réseau avec lequel la dualité de fonctionnement est compliquée et onéreuse, et dans certaines circonstances, dangereuse.

Conclusion partielle :

Faire des économies d'énergie est en fait en produire. Et donc, au même titre que la production d'énergie, nécessite des investissements importants, la création d'économie d'énergie nécessite des investissements tout aussi conséquents.

Chapitre VI : Le rôle des responsables.

Qui fait quoi : l'Etat, les entreprises et les instances consulaires, la Région, les départements, les communautés locales. Chacun son rôle : séparation des pouvoirs.

Les politiques, les scientifiques.

Problème de la concurrence et de la multiplication des offres d'électricité

L'Etat.

Depuis la révolution industrielle, au milieu du XIX^{ème} siècle, la possession et la libre disposition des sources d'énergie sont devenues, peu à peu des enjeux stratégiques. Le charbon, le pétrole, aux quels il faut rajouter maintenant le gaz et le nucléaire, ont été, sont et seront, objets de confrontations et de conflits. Exacerbés par les menaces de pénurie et l'accroissement des besoins, les frictions entre Etats risquent de se multiplier et de déboucher sur des conflits dont on ne peut mesurer les conséquences.

Dans ce contexte géostratégique la politique énergétique doit être menée exclusivement par l'Etat et faire partie de son domaine régalien, au même titre que la Défense.

Toutes les décisions, projets et initiatives intéressant l'approvisionnement la production et la consommation de l'énergie et en particulier de son vecteur, l'électricité, doivent être coordonnés au niveau national.

1°) Au plan géostratégique.

Les actions de l'Etat doivent viser à assurer, au maximum, l'indépendance énergétique, gage d'indépendance économique et politique en facilitant l'exploitation et le développement des sources nationales d'énergie et en encourageant les mesures d'économies. Et parallèlement de négocier au mieux les accords commerciaux pour l'importation des matières stratégiques.

Le maintien et le développement du nucléaire, la poursuite des recherches et études pour l'exploitation "propre" des gaz et bitumes de schiste, la prospection et l'exploitation des gisements pétroliers et gaziers offshore des Zones Economiques Exclusives Nationales, sont des opportunités qu'il faut saisir, avant que d'autres ne le fassent.

Les laisser passer serait accélérer le déclin économique et politique de la France, qui n'ayant plus les moyens de faire respecter sa souveraineté ne pourrait plus empêcher d'autres puissances d'exploiter pour leurs comptes ces ressources.⁴² En utilisant les techniques de forage horizontal, il est théoriquement possible d'installer un puits de forage en dehors de la ZEE et de pomper le pétrole ou le gaz situé dans la dite zone.

2°) Au plan national.

L'Etat se doit d'encourager et subventionner les recherches dans tous les domaines de l'énergie. Que ce soit les recherches de matériaux nouveaux, les techniques du nucléaire pour le retraitement des déchets et la réduction de durée de vie des matériaux radioactifs, et comme on l'a vu plus haut dans le domaine des économies.

⁴² On voit bien que l'accroissement des forces militaires et en particulier navales de la Chine, financé par une économie florissante ont pour but, non seulement de protéger les routes d'approvisionnement maritimes ou autres, mais de s'assurer la main mise sur les richesses en hydrocarbures des mers et océans ainsi que sur celles des pays limitrophes. Ceci au détriment des autres pays de la région (Indonésie, Philippines, Viet-Nam, Taïwan, Corée, Japon, Russie Afghanistan etc.). Avec en arrière plan la contestation de la puissance US dans le Pacifique.

Dans ce domaine, la réinstauration de la taxe carbone serait, sans doute, un moyen efficace pour encourager entreprises et particuliers à économiser. (Cf. Annexe III, l'interview de Monsieur JANCOVICI)

3°) Au plan local.

L'Etat doit coordonner les initiatives locales dans la production des énergies renouvelables et surtout s'assurer que ces initiatives ne vont pas à l'encontre de l'intérêt des consommateurs.

Son rôle doit être renforcé dans le domaine de l'expertise et la mise en place des dispositifs et mesures d'économies.

Les autres acteurs institutionnels.

Quelque soit leur niveau les collectivités locales, les organismes consulaires les entreprises doivent agir, en particulier dans le domaine des économies d'énergie, et en coordination avec l'Etat à la mise en œuvre de la politique définie par lui : Création de sources énergétiques renouvelables, subventions aux organismes de recherche et aux entreprises en particulier pour les matériaux nouveaux (nouvelles techniques de production, stockage et transports de l'énergie, etc.).

CONCLUSION

La solution à court et moyen terme pour accroître l'indépendance énergétique, que ce soit au plan national ou au plan du Grand Ouest ne pourra se faire que par un mix des différentes énergies renouvelables et non renouvelables, pour compenser les défauts et insuffisances des unes et des autres. Ce mix aurait pour base plusieurs centrales de grande puissance, (EPR) dont une dédiée au Grand Ouest, accompagnées de CCG (Centrales Combinées à Gaz) capables de remédier aux aléas du solaire, de l'éolien et des autres sources "renouvelables" tout en minimisant au maximum la production de CO₂, sans obérer l'indépendance énergétique de la France, tout en restant dans des coûts supportables.

Pour le long terme, poursuivre dès maintenant, les travaux de recherche et développement pour les énergies de substitution et en particulier dans le domaine de l'ITER, de l'hydrogène et du stockage d'énergie.

Suite au retour d'expérience de Fukushima, le maintien du nucléaire devra s'accompagner d'un vaste programme de mise à niveau des centrales. Pour ne pas donner prise à des peurs irraisonnées la conception déterministe de la sécurité devra tenir compte de la réalisation du pire des scénarios, en particulier pour assurer, quelques soient les circonstances le refroidissement des réacteurs et réduire au maximum les possibilités d'erreur humaine, Cf. La Loi de Murphy⁴³ et ses corollaires.

Les recherches concernant le traitement des déchets (réduction de la radio activité et réutilisation) devront être poursuivies, ainsi que celles pour rendre "fertiles" de nouveaux composés radioactifs.

Il ne faut pas que la chance que représentent les possibilités d'exploitation des ressources en énergies fossiles récemment trouvées sur le territoire national et dans les Zones Economiques Exclusives (gaz et pétrole de grande profondeur en Métropole et gisements offshore en Méditerranée et Guyane) restent inexploitées. Là aussi des recherches pour la mise au point de techniques respectueuses de l'environnement devront être entreprises, afin de le préserver.

Cependant, et en parallèle il faut mener une politique volontariste pour appliquer les principes du Grenelle 2 de l'environnement :

Concevoir et appliquer des dispositifs de réutilisation des calories perdues dans les entreprises.

Promouvoir la construction de bâtiments à consommation zéro ou même positive (isolation, géothermie, solaire etc.) en introduisant, comme cela est prévu jusque dans l'établissement des Plans Locaux d'Urbanisme, la notion de performance énergétique.

Inciter fortement les propriétaires de logements anciens à les isoler et installer, chaque fois que possible des dispositifs économiseurs d'énergie, Reprendre les idées et pistes de réflexion contenues dans l'interview de Monsieur JANCOVICI en particulier sur la taxe carbone (Cf. Annexe III ci-après).

Encourager les initiatives individuelles pour assurer, aussi bien dans l'ancien que dans le neuf, une certaine autonomie énergétique domestique (Chauffe-eau solaire, géothermique, photovoltaïque etc.)

Réorienter le transport longue distance vers des modes économes en énergie dont le ferroviaire électrique, (le feroutage), les autoroutes de la mer et le transport fluvial de fret.

C'est dans ces domaines qu'il semble nécessaire de donner une priorité en réorientant les subventions et en réduisant les tarifs d'achat de l'éolien, tarifs qui incitent à implanter des sites là où ils ne sont pas toujours nécessaires et encouragent la spéculation des investisseurs.

Encourager les entreprises, collectivités locales, administrations etc. à effectuer des audits pour réduire les consommations (éclairage public, enseignes lumineuses etc.)

Remodeler le réseau de transport et de distribution de l'électricité par rapport aux nouvelles sources de production et pour l'Ouest, sécuriser la Bretagne par un renforcement du réseau et une implantation d'une production importante d'électricité ; ce qui réduira considérablement les risques de coupure.

⁴³ La loi de Murphy précise que "si une bêtise peut être faite, elle le sera de toute manière un jour ou l'autre"

Mettre en place des dispositifs de régulation automatique de la demande pour, en périodes de pointe, éviter les coupures totales (modulations individuelles au compteur pour délester pendant un certain temps soit le chauffage, soit les appareils ménagers).

La complexité et la grande variété des sources et leur grande dispersion nécessiteront une centralisation de la production d'électricité et de la gestion de sa distribution, pour l'alimentation des grands centres. Cependant, en ce qui concerne des lieux isolés, pour un faible nombre de compteurs, plutôt que de construire à grand frais des lignes de transport, il serait plus économique qu'ils aient leurs propres sources d'énergie en mixant éolien, solaire, géothermie, stockage par batterie ou piles à combustible. Avec en plus, pour les exploitations agricoles et les unités productrices de déchets organiques, des appareils de méthanisation ou carbonisation.

Et maintenant...

Gaela vous remercie d'avoir eu la patience de lire ce document.

Il vous reste le plus difficile : vous faire votre propre opinion sur ces problèmes d'énergies, sans écouter ceux qui, par intérêt financier ou par influence politique veulent vous asséner leur propre vérité.

Bon courage.

ANNEXE I : Histoire succincte du « Système électrique » français

Milieu du XIX^{ème} siècle : Création des premières entreprises électriques. Celles-ci intègrent l'ensemble des activités de production, de transport et de distribution de l'énergie électriques.

Début du XX^{ème} siècle : Développement sur l'ensemble du pays et apparition de l'idée de « solidarité » électrique des régions et de coordination.

Loi du 15 juin 1906 : statut des lignes de distribution électrique à caractère « très régionale » : production sur place (usines thermiques ou hydrauliques de faibles puissances), proches des lieux de consommation.

1^{er} avril 1918 : Une circulaire ministérielle normalise la fréquence industrielle à 50 Hz.

1920 : Début de la coordination en Europe de la « solidarité électrique ».

18 mai 1920 : Arrêté du Ministère des Travaux Publics relatif à la « centralisation du contrôle de la construction et de l'exploitation des grands réseaux de transport de force à haute tension » (notion de solidarité).

1923 : Regroupements de sociétés pour obtenir de l'Etat des concessions de constructions et d'exploitation d'ouvrage de transport à haute et très haute tension. Interconnexion des réseaux, concentration dans les domaines techniques et financiers et création de grands groupes.

Années 30 : Difficultés économiques. Les entreprises électriques ayant investi dans les ouvrages de production sont en surcapacité et accélèrent la construction des ouvrages de transport électriques, afin d'écouler à grandes distances la production des sites hydrauliques.

1936 : Reprise économique. Nécessité d'améliorer la balance des paiements conduisent les gouvernants à augmenter l'emprise de l'Etat sur le secteur électrique.

« Contrat de plan » pour un programme de travaux dit « des trois milliards », production hydraulique, et interconnexion.

1938 : Début des travaux pour la mise en place d'un dispatching central pour gérer l'adéquation production/consommation. Fin des travaux prévue fin 1944.

1939- 1941 : Guerre puis Occupation, ralentissement important des travaux.

1943 : Arrêt complet des travaux.

8 avril 1946 : Création de GDF et EDF qui regroupent production, transport, distribution, importation et exportation de l'énergie électrique. 2400 entreprises privées nationalisées. Indemnisation par remise d'obligations de la CNEEG (Caisse Nationale d'Equipement de l'électricité et du gaz).

1948 : La CNEEG devient la Caisse Nationale de l'Energie.

1946 : Consommation intérieure : 24 386 GWh. Production : 22 921 GWh. Puissance installée : 9540 MW.

1956 : Consommation intérieure 53 936 GWh. Production : 53 959 GWh. Puissance installée de 16 775 MW. Doublement en dix ans de la consommation !

Fin des années 1990 : Ouverture du marché européen de l'électricité. Transformation des entreprises dites « intégrées » par création de sociétés de Fourniture d'électricité, de Production et de Transport d'énergie dans l'ensemble des pays européens. (Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 pour l'électricité et n° 2003-8 du 3 janvier 2003 pour le gaz)

Création de RTE, filiale d'EDF pour la gestion du réseau de Transport (63-90 KV, 225 KV et 400 KV).

2012 : Compte tenu de notre « histoire française » de l'électricité, EDF, l'entreprise « historique » est encore aujourd'hui le premier fournisseur d'électricité sur l'hexagone.

ANNEXE II- Les E.P.R.

L'E.P.R., (European Pressurized water Reactor), est un type de réacteur nucléaire de troisième génération, conçu et développé par AREVA NP. L'EPR résulte d'études franco-allemandes, menées à partir des réacteurs français de type N4 (1450 MWe) et allemand, de type KONVOI, tous deux des réacteurs à eau légère pressurisée actuellement en exploitation. Quatre réacteurs de type EPR sont actuellement en cours de construction : un en Finlande à Olkiluoto, un en France à Flamanville et deux autres en Chine à Taishan. Un projet de construction de 4 réacteurs EPR est envisagé en Angleterre.

L'EPR. a pour objectif d'améliorer la sûreté et la rentabilité économique. Il est destiné à des pays disposant de réseaux électriques capables de distribuer une puissance électrique de l'ordre de 1 600 MW. Il est conçu pour utiliser de l'uranium enrichi à 5 % et éventuellement du combustible nucléaire MOX, jusqu'à 100 %

Areva affirme que l'EPR offre un niveau de sûreté inégalé du fait de la redondance des systèmes de sécurité et du système de récupération du corium⁴⁴. Certains experts, mandatés par Greenpeace affirment qu'en cas d'accident catastrophique cumulé avec la perte du confinement, les conséquences radiologiques des rejets seraient plus graves que pour les réacteurs français actuels.

Les EPR de 3^{ème} et 4^{ème} génération présentent, par rapport à leurs prédécesseurs un meilleur rendement, et pour ceux de 4^{ème} génération, la possibilité d'utiliser du thorium 232 de l'uranium 238 et du plutonium 239, matières qui constituent l'essentiel des déchets produits par les réacteurs des générations précédentes.

Six filières de développement pour des centrales de 4^{ème} génération sont actuellement en cours d'étude. Une septième filière, appelée TWR pourrait aboutir à des centrales capables de fonctionner entre cinquante et cent ans sans entretien et sans recharger le cœur en combustible. L'uranium 235 utilisé au départ et en bas de la cuve, permettait, par émission de neutrons captés par l'uranium 238 positionné plus haut dans la cuve, de « fertiliser » celui-ci le transformant en plutonium 239, matière fissile.

Malgré les perspectives de développement de diverses méthodes pour réduire leur radioactivité, le problème du traitement des déchets demeure.

De toute manière, au mieux, cela ne fera que retarder de quelques dizaines d'année l'épuisement des gisements d'uranium et autres matières.

⁴⁴ Le « corium » est un magma métallique résultant de la fusion des éléments du cœur d'un réacteur nucléaire. Il est constitué du combustible nucléaire, des éléments de l'assemblage combustible et des divers éléments du cœur avec lesquels il rentre en contact. Le corium ne se forme que lors d'accidents nucléaires catastrophiques tels ceux de Three Mile Island, de Tchernobyl, ou de Fukushima.

Le terme « corium » est un néologisme formé de core (en anglais, pour le cœur d'un réacteur nucléaire), suivi du suffixe ium présent dans le nom de nombreux éléments radioactifs : uranium, plutonium

ANNEXE III : L'interview de Monsieur J.M. JANCOVICI. "Dernières Nouvelles d'Alsace"

DNA - Après Fukushima vous continuez à défendre le nucléaire ?

Jean-Marc Jancovici - Fukushima a fait bien plus de peur que de mal. Le nucléaire civil ne mérite pas l'image diabolique souvent véhiculée par des médias qui, hélas, ne comprennent pas les notions techniques manipulées. Certains pays ont pris acte de l'accident au Japon sans que cela change leur appréciation générale des risques - et je partage leur point de vue - d'autres estiment que la destruction de ce site nucléaire a engendré un danger sanitaire hors normes - ce qui n'est pas vrai dans les faits.

DNA - Comment pouvez-vous être aussi affirmatif alors qu'on a encore très peu de recul sur cet événement ?
L'étude de la radioactivité est une vieille histoire ! Une commission internationale sur la radioprotection existe depuis 1928. Une commission des Nations Unies, l'UNSCEAR, qui fonctionne exactement comme le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), documente depuis 1955 l'impact de la radioactivité sur les êtres vivants.

Cette commission a produit plusieurs rapports sur Tchernobyl ; elle avance 50 morts à bref délai, environ 4 000 cancers à la thyroïde ayant frappé des enfants, et pour le reste il n'y a pas de surmortalité médicalement documentée. L'essentiel des populations exposées a été moins irradiée que lors du passage d'un scanner. A Fukushima, le niveau de radioactivité mesuré ou estimé au sein de la zone évacuée permettrait aux populations de revenir dès à présent sans dommage sanitaire, sauf éventuellement dans une petite zone qui va vers le Nord Ouest. L'évacuation est une mesure de précaution, pas l'aveu d'un danger de mort imminent. Mais l'essentiel ne se situe pas là. Toute énergie est une affaire d'arbitrage des risques. Si nous ne faisons pas de nucléaire, que faisons-nous à la place ? Et le paradoxe c'est que l'arrêt du nucléaire présente aujourd'hui des risques bien supérieurs à sa poursuite.

DNA - Quels risques comportent l'arrêt du nucléaire selon vous ?

Les opposants au nucléaire croient soutenir l'éolien et le photovoltaïque, mais la réalité est qu'ils encouragent surtout le gaz et le charbon, ce qui est totalement irresponsable dans le monde actuel. Une autre option est évidemment d'obtenir des économies. Pour retirer 26 réacteurs nucléaires, il faut baisser de 30% à 40% l'électricité que nous consommons. Le faire en un peu plus de 10 ans, avec un argent de plus en plus rare pour financer les économies, reviendrait à provoquer une forte récession. Dès l'annonce d'un tel programme, nombre d'industriels envisageront de se délocaliser, par crainte d'un approvisionnement futur incertain.

DNA - Pour vous la priorité est de rendre notre économie moins dépendante des énergies fossiles qui vont s'amenuiser et par ailleurs rejettent du CO2 engendrant le réchauffement climatique ?

Oui. C'est même le seul projet économique, donc politique, qui puisse réussir dans une Europe aux ressources limitées. Ce choix passe par un ensemble de mesures, fiscales, réglementaires, de politique industrielle, d'aménagement du territoire, etc., pour amener à la fois des économies d'énergie et une énergie moins carbonée.

Les économies d'énergie sont plus faciles dans la chaleur - isolation des bâtiments, processus industriels de production de chaleur - que dans le mouvement (mobilité en particulier) qui touche plus les flux physiques qui forgent l'économie. Au vu des tensions qui se profilent sur le pétrole et le gaz, et du danger massif que représente quelques degrés de hausse sur la moyenne planétaire, nous préserverons bien mieux la paix, la démocratie et l'espérance de vie en faisant plus de nucléaire qu'en en faisant moins.

Plus on cherche à remplacer le nucléaire par du gaz et du charbon, plus on augmente la probabilité de connaître la guerre. Plus de gaz renforce aussi des Etats au comportement discutable, comme la Russie (premières réserves au monde), ou l'Iran, qui possède les plus grosses réserves du Moyen Orient.

DNA - Vous ne croyez pas que les énergies renouvelables pourraient prendre le relais ?

Remplacer le nucléaire par de l'éolien et du photovoltaïque reviendrait à multiplier par dix à cinquante le coût des investissements, sans gain CO2, alors que nous aurons besoin de cet argent dans le même temps pour rénover les bâtiments, changer les villes, transformer l'agriculture, les transports, et développer des filières industrielles décarbonées.

Ce serait une allocation de moyens au secteur le moins prioritaire, alors qu'on en a un besoin urgent ailleurs pour éviter que le pays ne s'effondre. Constituer une filière forestière digne de ce nom est autrement plus

urgent que de sortir du nucléaire. Nous avons la première forêt d'Europe en termes de production alors que les produits du bois sont le deuxième poste de déficit de notre balance commerciale. S'en occuper permet de construire en bois, mettre du bois à la place du fuel dans les poêles tout en revitalisant le tissu rural.

DNA - Que pensez-vous de l'arrêt de la taxe carbone ?

La taxe carbone a été arrêtée pour de mauvaises raisons. Il est impératif de la remettre en œuvre, pour deux raisons. Le consommateur paie avec son portefeuille. Tant qu'il ne paie pas plus cher ce qui pose problème, il ne cherche pas à en consommer moins, et le prix du changement climatique futur grimpe en flèche.

Par ailleurs, si vous ne faites rien, vous rendez le pays dépendant d'une énergie qui se raréfie, le rendant ainsi plus vulnérable aux chocs pétroliers à l'origine de récessions. Nous paierons donc de toute façon. Reste à savoir si nous préférons une taxe, qui remplit nos caisses pour financer nos projets, ou si nous préférons subir une hausse des prix liée aux soubresauts du marché, avec un argent qui va aux pays producteurs (surtout) et à Total (un peu). Enfin, les industriels ont besoin de vision à long terme. Augmenter le prix de l'énergie ne fait pas que des perdants, mais il faut fixer les règles du jeu à l'avance pour donner de la visibilité aux acteurs économiques.

DNA - Mais la taxe carbone pèse sur le pouvoir d'achat des ménages...

Il ne faut pas se raconter d'histoires : en raison du contexte énergétique, notre pouvoir d'achat va baisser de toute façon. En face, il est urgent de trouver des projets qui font sens et donnent de l'espoir, et l'arrêt du nucléaire ne me semble pas en faire partie.

DNA - Etes-vous optimiste ou pessimiste sur notre avenir énergétique ?

L'avenir sera pour partie ce que nous déciderons d'en faire, mais plus nous attendons, et plus les fenêtres de tir se referment. Il faut agir vite, et reconfigurer le débat politique entre ceux qui pensent qu'on doit gérer le monde fini et ceux qui pensent que le monde fini n'existe pas. La vraie ligne de fracture est là. Avec cette lecture, vouloir supprimer le nucléaire est un désir d'enfants gâtés qui s'imaginent qu'on a encore le choix dans la gestion de nos priorités.

Lorsque l'on décide d'arrêter une installation industrielle, il est indispensable d'avoir une argumentation logique vis à vis des salariés et du public:

- 1 - Elle est obsolète économiquement,
- 2 - Elle est obsolète technologiquement,
- 3 - Elle ne répond plus aux exigences de sûreté vis à vis des salariés et de l'environnement,
- 4 - Elle n'est plus utile en raison d'une surproduction.

Chaque fois que nous avons dû arrêter une installation, on trouvait une ou plusieurs de ces quatre raisons.

1 - **Peugeot ferme Aulnay sous bois** parce que l'on se trouve en surcapacité de production et qu'il en va de la survie économique de toute l'entreprise comme le montre le rapport Sartorius qui confirme l'analyse faite par le PDG de Peugeot.

2 - **Nous avons arrêté Bugey 1** parce que le MWh produit était beaucoup plus cher que celui des REP et allait encore augmenter parce qu'à la suite de l'incendie de la centrale jumelle de Vandellos 1, Bugey 1 allait devoir supporter seule les investissements à faire dans l'usine de retraitement de ce type de combustibles. Les raisons de sûreté seraient arrivées en 2004 alors que l'arrêt définitif a eu lieu en 1994. C'est donc une décision prise par l'exploitant. Pourtant l'arrêt de Bugey a entraîné la suppression de 250 emplois.

3 - **L'usine d'enrichissement de Georges Besse 1 par diffusion gazeuse** était devenue obsolète économiquement. AREVA a décidé de la remplacer par Georges Besse 2 qui utilise l'ultracentrifugation. Ce changement de mode de production de l'uranium enrichi entraîne la suppression de 500 emplois.

4 - **La cuve du réacteur REP de Chooz A**, exploité par la société SENA (50 % EDF et % Electrabel), n'a pas été réalisée avec la qualité des aciers au carbone qui ont été utilisés pour les cuves des 900 MW, 1 300 MW et 1 450 MW EDF. Il en a résulté une augmentation plus rapide de la température de transition ductile-fragile. L'exploitant, qui a la responsabilité de la sûreté, a décidé de l'arrêter définitivement en 1991 alors que cette centrale avait été couplée au réseau en 1968. Il fallait en effet réchauffer l'eau de tous les circuits de sauvegarde pour éviter un choc froid sur l'acier ferritique de la cuve. Cette fermeture définitive en 1991 a entraîné la suppression de 300 emplois.

5 - **Certaines centrales au charbon ou au fioul**, utilisées uniquement pour faire face à des pointes éventuelles d'appel de puissance, exigeaient des investissements considérables pour être mises aux normes environnementales de l'UE en matière de rejets d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote. Cette mise à niveau a été faite sur certaines d'entre elles comme celles de Cordemais et beaucoup d'autres ont été définitivement arrêtées comme sur la Loire et sur le Rhône.

De plus, les citoyens ont évolué et ne font plus confiance dans les services directement rattachés à des Ministères. Ils exigent des Autorités indépendantes. **Cela a été fait en 2006 pour le nucléaire.** La Direction de la Sûreté des installations Nucléaires rattachée au Ministère ayant en charge l'énergie et la direction de la surveillance des rayonnements ionisants qui dépendaient du Ministère de la Santé, ont été séparées de leurs Ministères pour être rassemblées dans l'Autorité de Sûreté Nucléaire. La loi sur la transparence nucléaire, dite TSN, fait état de cette création et présente d'autres exigences. Cette ASN a un appui technique au travers de l'IRSN qui dépend de cinq ministères ce qui, dans les faits, revient à dire que l'IRSN est indépendante. Les recommandations de l'IRSN à l'ASN sont validées par le Groupe permanent de sûreté nucléaire qui est constitué d'experts indépendants.

Revenons à Fessenheim et posons-nous les questions de façon logique:

- **Y-a-t-il une surcapacité permanente de production d'électricité en France et plus généralement sur la plateforme continentale de l'UE?...**Réponse: Non aujourd'hui et encore plus en 2016 car beaucoup d'installations thermiques vétustes vont devoir être arrêtées définitivement.

- **L'ASN a-t-elle déclarée que Fessenheim devait être arrêtée pour des raisons de sûreté?**...Réponse: Non, elle vient au contraire de délivrer une autorisation de fonctionnement pour 10 ans supplémentaires après les examens et les travaux faits pendant les visites décennales.

- **L'ASN a-t-elle des exigences nouvelles suite aux examens complémentaires de sûreté post-Fukushima?**...Réponse: Oui et il y en a dans toutes les centrales EDF.

- **Les travaux supplémentaires de sûreté demandés par l'ASN sur Fessenheim représentent-ils des investissements trop onéreux ou impossibles à mettre en œuvre dans les temps?**...Réponse de l'Exploitant: Ces travaux sont compatibles avec les délais exigés par l'ASN et ne remettent nullement en cause le coût de production de Fessenheim qui est l'un des plus bas du parc compte tenu du niveau d'amortissement.

- **La centrale de référence de Fessenheim construite sous licence Westinghouse aux USA est-elle définitivement arrêtée?**...Réponse: il s'agit de Beaver Valley 1 qui a démarré un an avant Fessenheim 1 et qui a reçu une autorisation de fonctionnement pour une durée de 60 ans de la part de la NRC (ASN des USA).

- **Y-a-t-il des centrales à eau pressurisée plus âgée et en fonctionnement du même type que Fessenheim en Europe?**...Réponse: Oui. Il s'agit de Doel 1(1974) et 2 (1975) en Belgique, de Beznau 1 (1969) et 2 (1971) Mulheberg 1 (1972) en Suisse et de Tihange 1 (1975) en Belgique, Santa Maria de Garôna (1971) en Espagne.

- **Ces centrales vont-elle être arrêtées définitivement?**...

La situation est floue en Belgique. On parle d'une prolongation de Tihange 1 jusqu'en 2025. Mais, si les défauts circonférentiels découverts en 2012, dans l'acier ferritique des viroles des cuves de Doel 3 et Tihange 2, sont considérés comme rédhibitoires vis à vis de la sûreté de ces cuves, la Belgique aura besoin d'un examen complet de sa politique de production électrique compte tenu de la perte brutale de 1 800 MW.

En Suisse, où se trouvent les unités les plus anciennes en fonctionnement dans le monde occidental depuis l'arrêt définitif de la centrale anglaise d'Oldbury, Beznau 1 a le même âge que Chooz A, nous n'avons pas connaissance de fixation de date d'arrêt définitif. Mulheberg 1 devait être arrêtée définitivement en 2013 mais fait l'objet d'une demande de prolongation.

En Espagne Santa Maria de Garôna doit être arrêtée définitivement cette année après 41 ans de fonctionnement.

En conclusion:

L'ASN ne demande pas l'arrêt de Fessenheim pour des raisons de sûreté, la consommation d'électricité française augmente et la production de base nucléaire est bien utilisée, l'exploitant EDF considère que l'économie de Fessenheim, en y incluant les travaux supplémentaires résultant des examens post-Fukushima, reste une des plus intéressante du parc.

Voilà déjà qui démontre l'inanité d'une décision d'arrêt prématurée de Fessenheim 1 et 2 en 2016.

Attendons les examens post-décennaux de 2019-2020 pour une décision qui reposera sur une réelle logique.

En outre des événements nouveaux se présentent en Europe: que vont devenir d'ici 2016, les réacteurs de Doel 3, de Tihange 2, de Mulheberg dont la centrale de référence a dû être arrêtée aux USA pour des problèmes métallurgiques, de Beznau 1 et 2 qui sont les plus anciens réacteurs REP?...

Un arrêt définitif d'ici 2016 de ces réacteurs, éventualité non négligeable, feraient perdre une puissance installée de près de 3 000 Mew (*). Or, aujourd'hui il n'est plus possible de raisonner de l'équilibre électrique seulement sur le plan hexagonal.

(*) Note Gaéla : Ces Mew, ne pourraient en aucun cas être remplacés par du renouvelable. Seule une énergie productrice de CO2 pourrait combler ce gap en augmentant la production de carbone. Sans compter du fait que cette centrale a été financée pour environ 30% par l'Allemagne et environ 15% par la Suisse qui sont alimentées par une partie de la production de cette centrale et ne manqueront pas de demander des dédommagements. Les besoins en électricité augmentant rapidement, la fermeture de Fessenheim, en plus de la suppression d'emplois, provoquera une augmentation du coût de l'électricité.

Annexe V. Communiqué de presse de la Fédération Environnement Durable.

Paris le 20 septembre 2012

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE AURA POUR CONSÉQUENCE LA DESTRUCTION DE CENTAINES DE MILLIERS D'EMPLOIS.

La transition vers les énergies renouvelables est actuellement une utopie ruineuse car il est impossible scientifiquement de remplacer des sources d'électricité permanentes et fiables par des productions intermittentes.

Tant qu'on ne saura pas stocker l'électricité, des sources aléatoires comme l'éolien et le photovoltaïque ne joueront qu'un rôle marginal et ne pourront jamais satisfaire 25 % de nos besoins, ce qui est l'objectif annoncé.

Selon la Cour des Comptes ces énergies renouvelables incontrôlables vont accroître de 30 % au moins le prix de l'électricité des consommateurs alors que plus de 4 millions d'entre eux ne peuvent aujourd'hui assumer la facture énergétique de leur habitation. Elles vont nuire à la compétitivité de la France c'est-à-dire détruire bien plus d'emplois que ceux qu'elles créeront.

L'Allemagne citée comme exemple a les prix de l'électricité, déjà parmi les plus élevés d'Europe. Pour sécuriser sa production électrique intermittente ce pays est dans une situation sans issue dont il essaye de sortir en construisant le plus « discrètement possible » 23 centrales à charbon fortement polluantes.

Dans un contexte mondial de crise où la recherche de la compétitivité de notre pays est une donnée vitale, il est difficile d'imaginer une manière plus inadaptée que ce programme de « transition énergétique » où le gouvernement français actuel engage notre pays.

Veut-il priver la France de l'un des atouts dont elle dispose dans la compétition internationale et engendrer la destruction de centaines de milliers d'emplois ?

ANNEXE VI. Les 27 mesures édictées par l'ADEME en octobre 2011.

Entreprises :

Créer un prêt à 2 % pour aider les entreprises de moins de 50 salariés, à financer des travaux d'économies d'énergie : 100 M€ de prêts seront déployés début 2012 et distribués par les directions régionales d'OSEO.

Extinction obligatoire des enseignes lumineuses commerciales de 1h à 6h du matin : entrée en vigueur le 1er juillet 2012 ;

Mise à l'étude d'une extinction obligatoire des éclairages extérieurs et intérieurs des bureaux ; cette mesure permettra de réduire la pollution lumineuse et d'économiser l'équivalent de la consommation annuelle d'électricité d'un million de ménages ;

Lancer au 1er trimestre 2012 un appel à projets pour encourager la formation des entrepreneurs aux économies d'énergie ou aux diagnostics d'entreprises ;

Renforcer le rôle des fournisseurs d'énergie comme promoteurs de l'efficacité énergétique auprès de leurs clients. Une concertation sera engagée pour définir les modalités d'une nouvelle période 2014-2016 du dispositif des certificats d'économies d'énergie.

Ménage :

Cumuler le crédit d'impôt développement durable et l'éco-prêt à taux zéro (Eco-PTZ) pour soutenir les travaux de rénovation énergétique les plus économes ;

Étendre l'Eco-PTZ (Prêt à Taux Zéro) aux syndicats de copropriétés ;

Renforcer le programme "Habiter mieux" : 85 M€ des fournisseurs d'énergie permettront de renforcer le développement du programme visant à sortir les ménages modestes de la précarité énergétique et la prime complémentaire d'aide aux ménages sera relevée de 1 100 € à 1 600 € ;

Reconduire l'éco-prêt logement social.

Pouvoirs publics :

Aider les communes de moins de 2000 habitants à rénover leur éclairage public : 20 M€ de subventions seront déployés au titre de 2012 : cette mesure permettra de réduire de 50 % la consommation d'électricité des villes concernées et de diminuer la pointe d'électricité à la tombée de la nuit ;

Intégrer dans les contrats cadres des achats de l'Etat et de la principale centrale d'achat public les incitations pour stimuler l'achat de produits moins énergivores (chaudières, data centers, matériel bureautique, équipements pour la restauration collective...);

Développer de nouveaux mécanismes de financement des projets locaux d'efficacité énergétique : la Caisse des Dépôts mettra en place des outils d'investissement adaptés aux besoins des collectivités en matière de rénovation, principalement pour le patrimoine public (bâtiments municipaux, écoles, lycées, collèges, etc.).

Annexe VII : Principales mesures mises en place avec le Grenelle de l'Environnement et les investissements d'avenir

La réglementation thermique 2012 : Tous les nouveaux bâtiments dont le permis de construire aura été déposé après le 1er janvier 2013 devront avoir en moyenne une consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil de 50 kWh/m² par an.

Le programme Habiter mieux pour aider 300 000 ménages propriétaires occupants en situation de précarité énergétique à améliorer d'au moins 25 % la performance énergétique de leur logement.

L'engagement national pour le fret ferroviaire et le transport collectif : la création d'un réseau d'autoroutes ferroviaires cadencées, le développement des opérateurs de proximité, le développement du fret ferroviaire à grande vitesse entre les aéroports et la construction de 2000 km de lignes à grande vitesse sont en cours.

Le bonus-malus automobile avec un gain escompté de 6,1 MteqCO₂ et 2,2 Mtep à l'horizon 2020, soit l'équivalent de la consommation de 3,3 millions de véhicules neufs ou 1,1 million d'habitants.

Les certificats d'économies d'énergie : ce dispositif impose aux fournisseurs d'énergie (électricité, gaz, fioul domestique, chaleur, carburants automobiles...) de développer les économies d'énergie et de promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès de leurs clients ; la première période du dispositif (2006-2009) a permis 3,9 milliards d'euros d'investissements dans les travaux d'économies d'énergie et une réduction de la facture d'énergie pour les consommateurs de 4,3 milliards d'euros. La seconde période (2011-2013) a vu l'objectif multiplié par 6.

L'écoconception des produits consommateurs ou liés à l'énergie : Les mesures adoptées jusqu'à présent portent par exemple sur les modes veille et arrêt des appareils, sur l'éclairage des rues et des bâtiments tertiaires, sur les alimentations et chargeurs électriques, sur l'éclairage domestique, sur les moteurs électriques, sur les appareils de froid...

Le soutien à l'innovation technologique et d'usages, à travers les pôles de compétitivité et les investissements d'avenir : plusieurs milliards d'euros seront consacrés à cette thématique sur les prochaines années.

ANNEXE VIII. Les outils de l'ADEME

Les "outils" destinés aux secteurs résidentiels, tertiaires, et aux collectivités sont :

Conseil d'Orientation Energétique dans les bâtiments

Diagnostic énergétique dans les bâtiments

Étude du confort d'été et de demi-saison, bâtiment existant

Critères d'aide bâtiment

Appel à projet Bâtiment Basse Consommation (BBC)

Appel à projet réhabilitation thermique du bâtiment

Et pour l'Industrie, et l'agriculture :

Audit énergétique dans l'industrie

Diagnostic énergétique dans l'industrie

ANNEXE IX. Gaz de schiste, schistes et sables bitumeux.

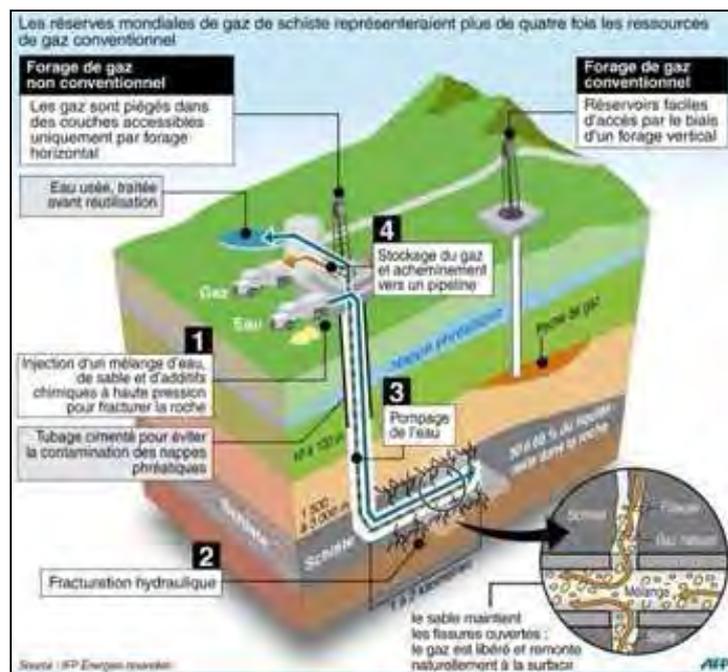
1°) Le gaz de schiste.

Nouvelle manne pour les pétroliers le gaz de schiste est en exploitation intensive au Texas et dans certaines parties du Canada. Grâce à l'exploitation de gisements profonds, entre 2500 et 3000m les Etats Unis ont considérablement réduit leurs importations de gaz et assuré ainsi plus d'un siècle de leur approvisionnement ; ceci au prix dans certains secteurs d'une importante pollution.

Des gisements importants vont permettre à la Chine et à l'Inde de poursuivre leur développement et d'accroître leur indépendance énergétique.



D'après les études menées par les géologues le sous-sol français recèlerait, suffisamment de gaz de schiste pour assurer, pendant de nombreuses décennies l'indépendance énergétique du pays mais ceci, peut-être, au risque d'un désastre écologique, du fait de la brutalité des procédés d'exploitation et de la dispersion des poches de gaz qui, assez souvent, sont de faible capacité.



La technique consiste à forer un puits jusque dans la couche de schiste dans laquelle sont piégées des poches de gaz, voir, parfois de pétrole.

Ensuite le puits est chemisé par des coffres en béton. Dans certaines conditions géologiques, une cavité est creusée dans la couche pour placer une charge explosive que l'on fait exploser pour fracturer les roches, réunir les poches et libérer le gaz. Un mélange d'eau, de sable et de produits chimiques propulsé à très haute pression (600 bars) fait remonter le gaz à la surface avec le "liquide de fracturation". Chacune de ces fracturations nécessite de 7 à 15 000 m² d'eau.

Les techniques utilisées dans certains secteurs des USA et du Canada pour rentabiliser un champ nécessite une très importante densité de forages verticaux – les moins onéreux et les plus faciles à réaliser- ce qui peut conduire à installer une véritable "forêt" de derricks pouvant, comme dans le désert du Colorado, atteindre un puits tous les 200 mètres.

D'après certaines sources, une quantité importante de l'eau de fracturation ne remonterait pas en surface et pourraient s'infiltrer dans les nappes phréatiques, et une partie du gaz pourrait s'échapper et polluer la terre et les eaux ; d'où les oppositions des écologistes⁴⁵.

En France, ne pas tenter d'exploiter cette possibilité, *si elle existe*⁴⁶, serait une lourde erreur, un frein à la croissance⁴⁷ et contribuerait à accroître notre dépendance vis-à-vis des fournisseurs, (Russie, Algérie, Niger etc.) et notre affaiblissement économique et politique.

Les techniques qui permettent le forage horizontal pour les gisements de pétrole peuvent être utilisées dans le cas des gaz de schiste et éviter ainsi le « mitage » des sites.

D'après certains spécialistes, la fracturation hydraulique, à condition que le puits de forage par lequel le gaz remonte en surface soit parfaitement étanche ne provoquerait pas de fuite, évitant ainsi la pollution des nappes phréatiques et des sols.

Une fois le gaz récupéré la phase suivante consiste à reprendre l'eau et à la dépolluer avant de la relâcher dans la nature.

Pour débloquer la situation créée par le Gouvernement en interdisant la prospection et l'exploitation des gaz de schiste, Claude Allégre⁴⁸, géologue et ancien directeur du BRGM, propose que le code minier soit modifié pour permettre la rémunération (5% des bénéfices) des propriétaires de terrains où l'on trouve des gisements exploitables et exploités et participer (5% supplémentaires) au financement des collectivités territoriales.

Il propose également l'élaboration d'une réglementation stricte sur l'origine des eaux de forage et son nettoyage. Les compagnies françaises spécialisées dans ces domaines pourraient *élaborer un protocole de nettoyage et le réaliser*. Cela leur permettrait la conquête de nouveaux marchés, ce qui en ces périodes de déficit du commerce extérieur serait bienvenu⁴⁹.

Il est donc important que la France poursuive la prospection des gaz de schiste et intensifie les recherches et les études en particulier pour innover dans les techniques de forage, d'alimentation et de traitement des eaux. En plus du gaz et du pétrole ainsi exploité, le dépôt de brevet concernant les technologies nouvelles et leur exploitation permettraient d'améliorer la balance du commerce extérieur.

Parallèlement, il faut refondre le Code Minier pour lever, au moins, l'opposition des propriétaires qui dans l'état actuel de la législation sont purement et simplement expropriés au profit exclusif des compagnies pétrolières.

2°) Les schistes bitumeux.

Géologiquement impropre, le nom de schiste a été donné à ces roches en fonction de leur couleur. Il s'agit en fait de roches sédimentaires qui, un peu à la manière d'une éponge, sont imprégnées de substances organiques appelées kérogènes. Quand on les brûle elles deviennent blanches.

Moins calorifères que le pétrole traditionnel, mais nettement plus que le charbon, ces "huiles" peuvent être brûlées directement pour produire de l'électricité⁵⁰, ou, au moyen de différents traitements, fabriquer des distillats à partir desquels on peut extraire des carburants : kérosène, gazole, et essence légère.

⁴⁵ D'après certaines sources, les trois quarts des Français sont contre les gaz de schiste, mais plus de la moitié ne sait pas de quoi il s'agit !

⁴⁶ Pour encore, aucun sondage n'a été effectué et ne le sera pas si l'Etat persiste à refuser les permis de prospection Il serait cependant primordial de contrôler si les structures géologiques du sous sol français qui sont semblables aux sous sol des USA contiennent ou non les mêmes gisements de gaz et de pétrole.

⁴⁷ Cf. Claude Allégre in le magazine *Le Point* du 5 juillet 2012

⁴⁸ Cf. Claude Allégre in le magazine *Le Point* du 5 juillet 2012

⁴⁹ La part des hydrocarbures dans le déficit français est de 49 milliards d'€, soit 70% du déficit global qui est de 70 milliards.

⁵⁰ D'importantes centrales électriques fonctionnent au schiste bitumineux : Estonie : 2 967 MW, Chine, 12 MW, Israël 12,5 MW, Allemagne 9,9 MW.

Dans le bassin parisien l'huile de schiste se trouve enfermée dans des couches géologiques à 2750 mètres de profondeur. L'Institut français du pétrole estime que les ressources locales se situeraient entre 60 et 100 milliards de barils de pétrole ce qui représente entre 90 et 150 années de consommation actuelle de la France (2011), avec également la possibilité de fournir du gaz.

Selon la nature des gisements, les huiles de schiste peuvent fournir différents sous produits utilisés dans les industries de la chimie ou les cimenteries.

Mais les coûts d'exploitation, et financiers sont actuellement trop importants, par rapport au prix du baril du pétrole traditionnel. En plus, l'impact environnemental, dans l'état actuel des techniques peut être considérable.

Comme pour les gaz de schiste, la France devra exploiter cette source d'énergie en faisant évoluer le Code Minier et en lançant des études et recherches d'innovation pour permettre l'exploitation des schistes bitumeux à un coût financier et environnemental acceptable.

3°) Sables bitumeux



Il s'agit de bitume très visqueux aggloméré à du schiste et à du sable, à partir duquel on produit du pétrole. Exploités dans des mines à ciel ouvert ou dans des gisements souterrains. Ils sont extraits, dans le premier cas à l'aide de pelles mécaniques et de camions géants. En sous sol il faut forer, chauffer le bitume en injectant de la vapeur et des solvants en profondeur, puis mélanger le sable extrait avec de l'eau chaude pour le rendre moins visqueux. Enfin, il faut le faire décanter pour en extraire le pétrole. C'est donc un processus complexe, coûteux et extrêmement polluant. Actuellement, les plus vastes réserves de sables bitumineux exploitables se trouvent en Alberta - Canada, au Venezuela (huiles extra-lourdes) et à Madagascar.

C'est sur l'exploitation véritablement polluante des sables bitumeux que s'appuient les oppositions à tous ce qui est « bitume » ou « schiste »

ANNEXE X - Valdis méthanisera à grande échelle les déchets alimentaires à Issé



Cette unité de méthanisation, d'un coût de 15 millions d'euros, est portée par Saria, Terrena, Castel viandes, Verdesis et les agriculteurs locaux.

Valdis sera inauguré le 15 octobre à Issé (Loire-Atlantique). 15 millions d'euros auront été investis dans cette unité de méthanisation et de déconditionnement des bio-déchets, avec 25 emplois à la clé.

Le site traitera 58 600 tonnes d'intrants (déchets de restauration, de l'industrie, des collectivités, effluents...) qu'il transformera en 17 500 MWh électriques et 19 000 MWh thermiques dont 8 500 MWh alimenteront l'usine Sarval Ouest voisine (substrats protéiques à base de matières d'origine animale). Le digestat permettra la fertilisation de 3 940 hectares aux alentours.

Saria Bionerval exploite également des sites de méthanisation à Benet et aux Herbiers en Vendée.

