

Lutte contre le  
réchauffement climatique:  
*Rassembler les énergies ou  
les opposer entre elles ?*



Energie ■ Développement

Centrales électriques à  
combustible fossile:  
*Indispensables ou  
condamnées ?*

## **L'avenir de la production d'électricité à base de combustibles fossiles**

Une contribution de l'Institut Énergie  
et Développement au débat public sur  
l'énergie

### Partie 1: Synthèse

15, rue Kléber 93512 MONTREUIL  
☎ 01 48 51 17 00 / Fax 01 48 59 81 15  
[ied.montreuil@wanadoo.fr](mailto:ied.montreuil@wanadoo.fr)  
Site : [www.institut-energie-developpement.com](http://www.institut-energie-developpement.com)

**Février 2016**

# L'avenir de la production d'électricité à base de combustibles fossiles

La COP 21 a mis au premier plan la question de l'utilisation des combustibles fossiles carbonés (charbon, pétrole et gaz) dans un contexte médiatique omniprésent, plus propice aux slogans à l'emporte-pièce qu'à la réflexion.

IED a voulu mettre à disposition des personnes intéressées par les questions énergétiques un dossier sur l'utilisation de ces combustibles fossiles, tout particulièrement pour la production d'électricité et avec une attention particulière à la situation française.

Ce dossier rappelle l'enjeu du réchauffement climatique, mais aussi quelques notions de base en matière d'énergie primaire, de ressources, réserves et exploitation des combustibles fossiles. Il examine au niveau mondial les ressources et réserves disponibles, leur répartition et leur pérennité.

Il compare ensuite trois visions prospectives mondiales en matière d'énergie, deux issues des travaux de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) et une établie par Greenpeace, puis aborde le fonctionnement du secteur électrique européen.

Pour ce qui concerne la France, le dossier présente le rôle de la production d'électricité à partir des combustibles fossiles et l'impasse coûteuse sur la production d'électricité à partir du fioul, du gaz et du charbon, à laquelle conduit le dévoiement par RTE des critères réglementaires de sécurité d'approvisionnement électrique.

Un dossier "Précisions et détails" donne une version plus détaillée de certains chapitres (signalés par une "\*" dans le titre de chapitre) à destination des curieux, des sceptiques et des spécialistes des questions énergétiques.

## Réchauffement climatique et développement humain\*

Les risques encourus par les populations, notamment les plus démunies et exposées, suite au réchauffement climatique d'origine humaine, rendent indispensable l'adoption de mesures concrètes en vue de limiter ce réchauffement.

IED a de cette question une vision aussi concrète que possible et tournée vers le développement humain, par opposition à des positions catégoriques qui vont du rejet climato-sceptique au culte de Gaïa et de l'indifférence des nantis aux opportunistes de lobbies.

Cet objectif tourné vers l'humain implique d'agir pour la réduction des émissions de GES (gaz à effet de serre) mais d'une manière qui préserve au maximum les possibilités de développement économique, car le sous-développement tue avec autant de cruauté et d'efficacité que le réchauffement climatique.

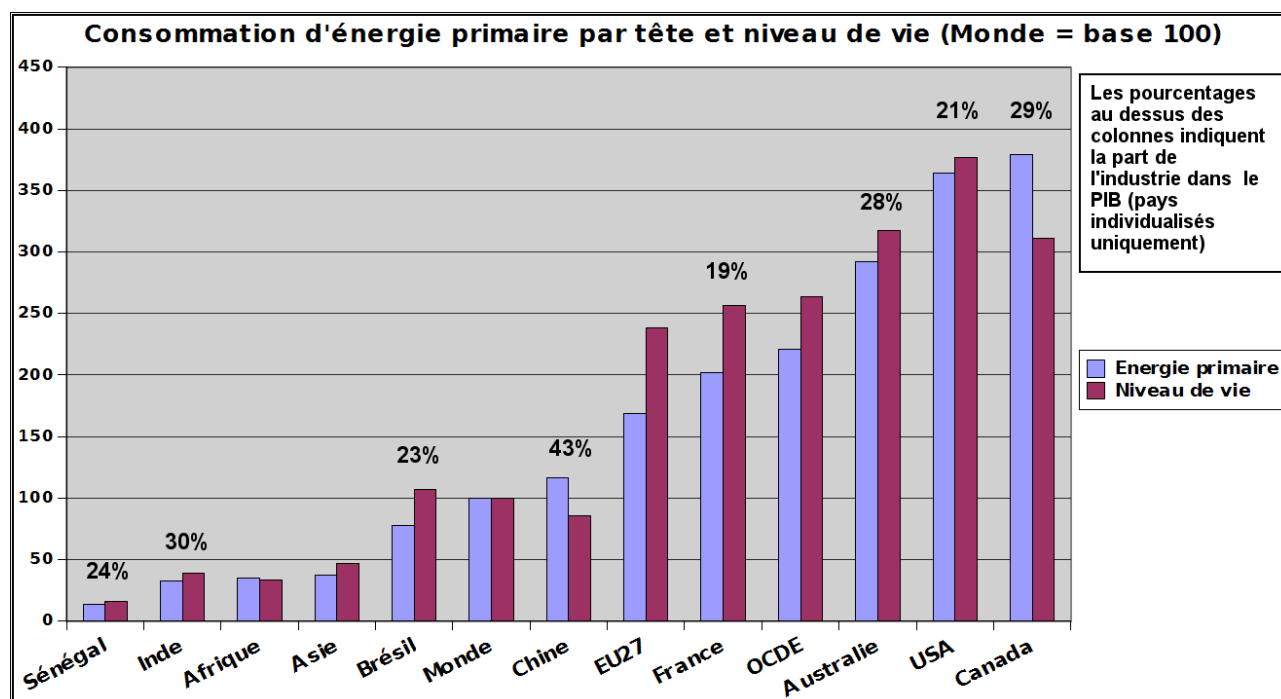
## Énergie primaire et niveau de vie

Une source d'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Si elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source d'énergie secondaire pour être utilisable et transportable facilement. L'énergie consommée pour produire chez l'utilisateur froid, lumière, énergie mécanique (moteurs), chauffage etc... est dite énergie finale.

Les combustibles fossiles sont des sources d'énergie primaire au même titre que le vent, le rayonnement solaire, l'eau en mouvement, la fission de l'atome etc...

L'énergie primaire est le plus souvent mesurée en tep (tonne équivalent pétrole) qui est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole. Pour le gaz et le charbon, la mesure d'énergie primaire est le tonnage de pétrole produisant la même énergie par combustion. Dans le cas des autres sources d'énergie utilisées par conversion en électricité ou en chaleur finale, la mesure d'énergie primaire est obtenue conventionnellement à partir de la quantité d'électricité ou de chaleur finale produite. Le présent document est établi sur la base des conventions utilisées par l'AIE, qui multiplie l'énergie finale par un facteur variant de 1 à 10 pour déterminer l'énergie primaire.

Les comparaisons internationales font apparaître un lien net entre consommation d'énergie primaire et niveau de vie, comme le montre le graphique ci-dessous. Ce graphique compare pour l'année 2014 la consommation d'énergie primaire par tête, au PIB par tête calculé en parité de pouvoir d'achat, seul indicateur du niveau de vie qui soit défini et disponible internationalement de manière suivie. Pour permettre de visualiser la comparaison, les deux valeurs ont été mises à l'échelle pour que la moyenne mondiale vaille 100 pour chacune d'elles.



Le graphique montre la grande disparité de situation entre pays, mais aussi le lien entre consommation d'énergie primaire et niveau de vie. Même si le lien est net, il existe d'autres facteurs explicatifs de la consommation d'énergie d'une zone donnée. Ces facteurs sont, par ordre d'importance décroissante, la part de l'industrie dans le PIB (cf. pourcentages sur le graphique) et la part des industries énergivores (industrie pétrolière, chimie, métallurgie, pâte à papier...) dans l'industrie, la rigueur du climat et l'efficacité énergétique.

➡ Une consommation d'énergie primaire élevée est une indication positive de développement et niveau de vie, mais a des incidences négatives dans les cas suivants :

- elle s'accompagne de l'émission de GES,
- elle est susceptible de conduire à l'épuisement des ressources naturelles,
- son gaspillage a des incidences économiques négatives.

## Combustibles fossiles: épuisement des ressources et prix\*

Les quantités des combustibles fossiles contenues dans le sous-sol sont désignées par les termes ressource ou réserve qui ont une signification différente:

- La ressource désigne la quantité totale de combustible, sans considération des possibilités d'exploitation présentes ou futures. L'évaluation des ressources peut être plus ou moins précise; on distingue quelquefois ressource prouvée (90% d'assurance de son existence) probable (50% d'assurance de son existence) et possible (10% d'assurance de son existence) mais de manière générale la ressource est pour partie mal connue car personne n'investit pour chiffrer avec précision des ressources réputées non raisonnablement exploitables.
- La réserve est la fraction de ressource exploitable avec les technologies existantes au prix courant. Comme pour les ressources mais plus systématiquement, on distingue réserve prouvée, probable et possible. Un ratio couramment utilisé est le ratio réserve/production qui donne la durée de vie de la réserve au rythme de production courant.

On ne se procure pas les combustibles sans investissements lourds, qu'il s'agisse de l'exploration/prospection ou de la production au sens large: extraction (forages, mines..) traitements (raffinage, épuration gaz, tri et lavage charbon...) et moyens de transport (oléoducs, gazoducs, bateaux...). Côté utilisateur, on n'améliore pas l'efficacité énergétique ou on ne change pas de combustible sans investissements.

Comme sur tout marché où des investissements lourds sont en jeu et où chaque acteur décide en fonction de la perception de ses intérêts, des fluctuations de prix voire des crises sont inévitables et liées aux déséquilibres offre-demande, qui se superposent à l'augmentation des coûts de revient et au résultat de la régulation de la production par les pays producteurs.

Ces crises sont souvent interprétées (à tort jusqu'à présent) par la théorie du "peak" (peak-oil, peak-coal etc...). Cette théorie de K. Hubbert des années 50, supposée capable de prédire avec une calculatrice l'épuisement des ressources, s'est révélée impuissante face aux réalités (cf. notamment version détaillée du chapitre). Comme disait K. Hubbert lui-même: "La prophétie n'est peut-être pas le plus vieux métier du monde, mais elle est sans doute arrivée juste après"!

➡ **Il n'existe pas de théorie ou martingale permettant de prédire à long terme l'épuisement des ressources en extrapolant le passé avec une calculatrice!**

**Une telle prévision peut s'envisager pour les zones (peu nombreuses) bien explorées, mais des développements techniques, comme celui des hydrocarbures non conventionnels, peuvent repousser les limites.**

**Pour les zones mal explorées, l'éventail des possibles est très large et l'incertitude sur l'épuisement des ressources est irréductible sans investissements de prospection.**

**Si la décroissance inéluctable de la production après l'atteinte d'un "peak" (pic) risque de conduire à une hausse des prix, les pics de prix observés jusqu'à présent ont des explications bien plus prosaïques (déséquilibres production/consommation).**

**La prévision de la tendance lourde des prix ne peut résulter que d'une analyse de l'évolution de la demande, des techniques et des coûts de revient; la prédiction des crises relève de la boule de cristal.**

## Ressources et réserves

### Estimation actuelle des ressources et réserves globales

	Réserve prouvée (source BP)	Réserve prouvée (source AIE)	Réserve prouvée (source EIA)	Ressource (source AIE)
Pétrole (1) en milliards de barils	1700	1706	1656	6085
Gaz naturel en Tm <sup>3</sup>	187	216	195	781
Charbon en milliards de tonnes	892	968	889 (2)	22908

Source BP: BP statistical review of world energy 2015, valeur 2014

Source AIE: OCDE/AIE (Agence internationale de l'énergie) World Energy Outlook 2015

Source EIA: Energy Information Administration (USA) Données en ligne janvier 2016

(1) Inclut les "liquides de gaz naturel" (comme le propane)

(2) Estimation 2011

### Evolution historique de l'évaluation des réserves prouvées

Réserve prouvée (source BP)	Estimation 1994	Estimation 2004	Estimation 2014
Pétrole en milliards de barils	1118	1366	1700
Gaz naturel en Tm <sup>3</sup>	119	157	187
Charbon en milliards de tonnes	1039	909	892

### Répartition géographique des réserves, ratios réserve/production des réserves

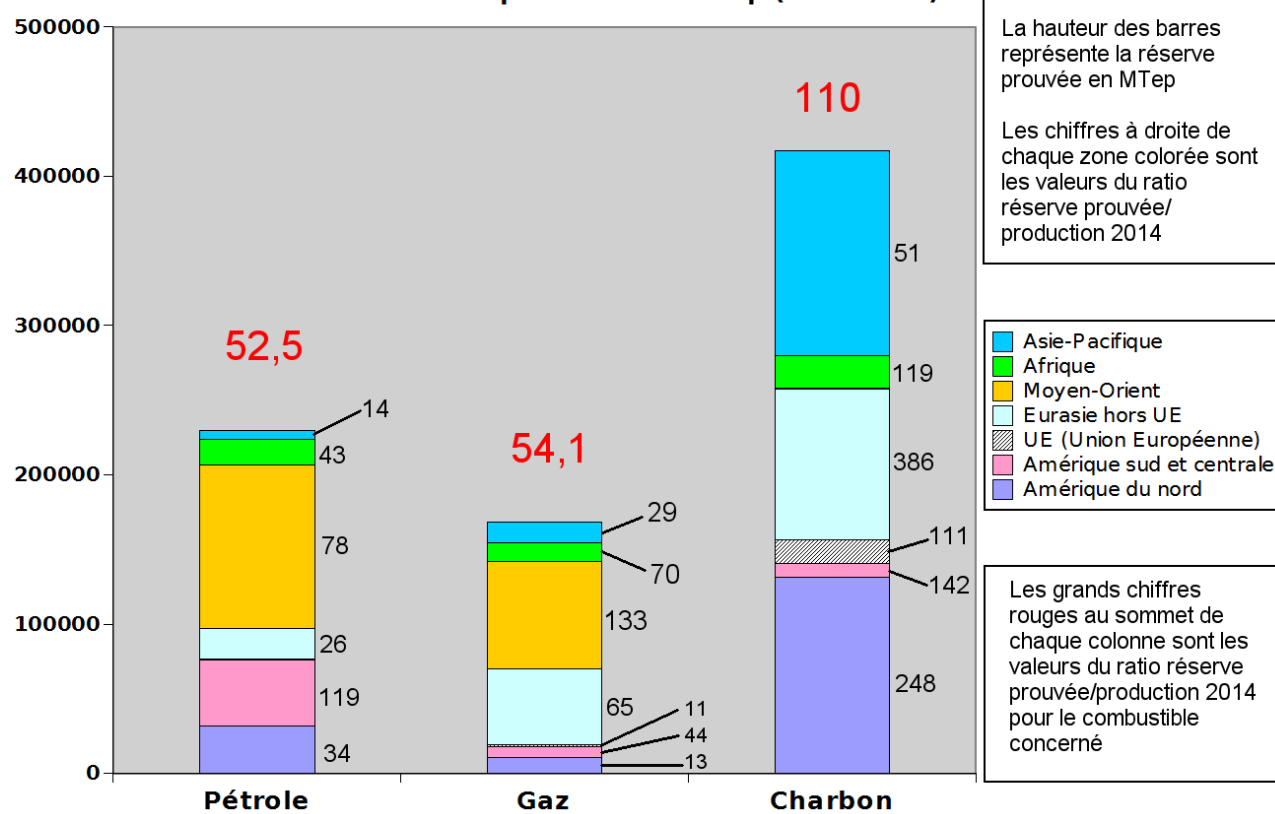
Les quantités "physiques" en barils, m3 ou tonnes ne parlent qu'aux spécialistes du domaine, pour faciliter les comparaisons entre combustibles et avec les scénarios d'évolution en énergie primaire (voir plus loin) les quantités physiques ont été converties en contenu en énergie primaire (Mtep) ce qui introduit quelques imprécisions mineures.

Les zones géographiques sont l'Amérique du nord, l'Amérique centrale et sud, l'UE (Union Européenne), l'Eurasie (Europe + ex-URSS) hors UE, le Moyen-Orient, l'Afrique et la zone Asie-Pacifique (qui comporte notamment Inde, Chine, Australie...).

Le graphique page suivante donne pour pétrole, charbon et gaz:

- Pour chacune des zones géographique, le contenu en énergie primaire de la réserve prouvée (en Mtep échelle de gauche) et le ratio R/P (réserve prouvée /production 2014) en années (chiffres en noir).
- Le ratio R/P pour le monde entier en années (chiffres en rouge).

### Réserves prouvées en MTep (source BP)



### Fiabilité des évaluations de réserves

Pour les sociétés cotées en bourse, l'évaluation des réserves fait partie des informations dues légalement aux actionnaires et les tricheries peuvent coûter cher: lorsqu'en 2004 la société Shell a révisé ses réserves à la baisse de 23%, elle a dû payer 120 M\$ d'amende, licencier ses dirigeants et transiger pour 9,2 M\$ dans le procès qui l'opposait à certains de ses actionnaires pour obtenir l'abandon des poursuites criminelles.

Les très importantes réserves en hydrocarbures du Moyen-Orient, mais aussi du Venezuela, sont détenues par des sociétés nationalisées ou privées (ARAMCO, SONATRACH, NIOC, PDVSA...) qui pour la plupart n'autorisent pas la vérification par un tiers de leurs réserves. Le fonctionnement de l'OPEC qui fixe les quotas de production en fonction des réserves incite à leur sur-évaluation, entraînant une incertitude supplémentaire sur le niveau réel des réserves prouvées de pétrole conventionnel. Ces incertitudes ne doivent pas occulter que les réserves prouvées de pétrole sont en hausse depuis 20 ans (cf. ci-avant) par le développement bien réel des hydrocarbures non conventionnels et l'exploitation plus efficace des ressources conventionnelles, ni occulter qu'aux USA la faible valeur de la réserve gaz découle du faible prix du gaz, qui ne fait rentrer dans la réserve que 15% environ de la ressource techniquement exploitable.

L'estimation des réserves de charbon est soumise à moins de pressions que celle du pétrole: pas d'OPEC, pas d'acteurs équivalents aux ARAMCO, NIOC etc... Par ailleurs on peut difficilement suspecter British Petroleum de rouler pour le lobby du charbon!

Dans un contexte politique défavorable au charbon et des prix bas, on ne voit pas ce qui motiverait l'industrie charbonnière à prospecter et explorer plutôt qu'à vivre sur ses considérables réserves, qui diminuent logiquement au fur et à mesure de leur consommation. Néanmoins le niveau de réserve prouvée actuelle étant très faible par rapport à celui de la ressource, la mise à disposition en cas de besoin de réserves supérieures à l'évaluation ci-dessus est quasiment certaine.

➔ Au rythme de production actuel, les réserves d'hydrocarbures sont probablement d'une cinquantaine d'année et celles de charbon sont certainement de plus d'un siècle.

Cette évaluation correspond à un recours aux hydrocarbures non conventionnels, l'incertitude majeure est le prix qu'il faudra consentir pour que l'exploitation de ces hydrocarbures non conventionnels s'effectue dans des conditions environnementales acceptées.

## Visions prospectives

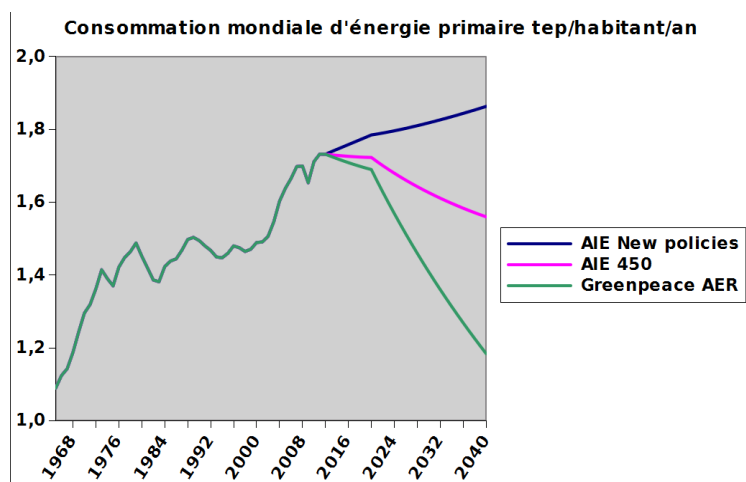
Les visions prospectives de l'avenir énergétique sont légion: visions partielles où chaque branche industrielle fait sa promotion, visions nationales, scénarios mondiaux élaborés par des organismes officiels (dont le plus connu est l'AIE, Agence Internationale de l'Energie) et scénarios militants d'ONG. Nous n'avons retenu que trois scénarios mondiaux, jugés emblématiques :

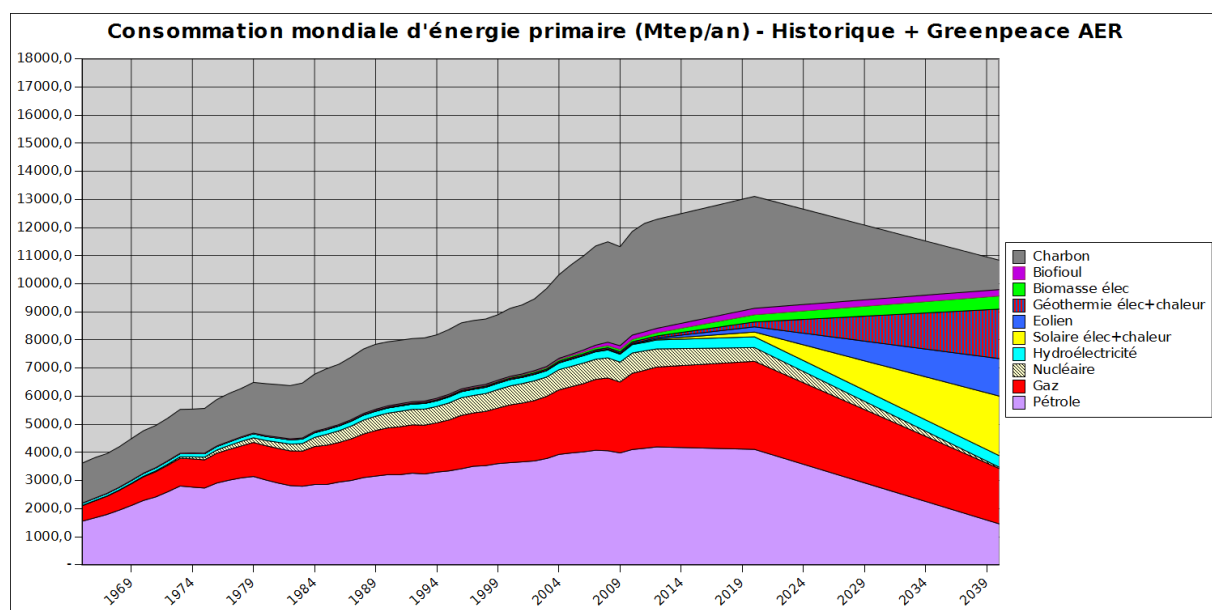
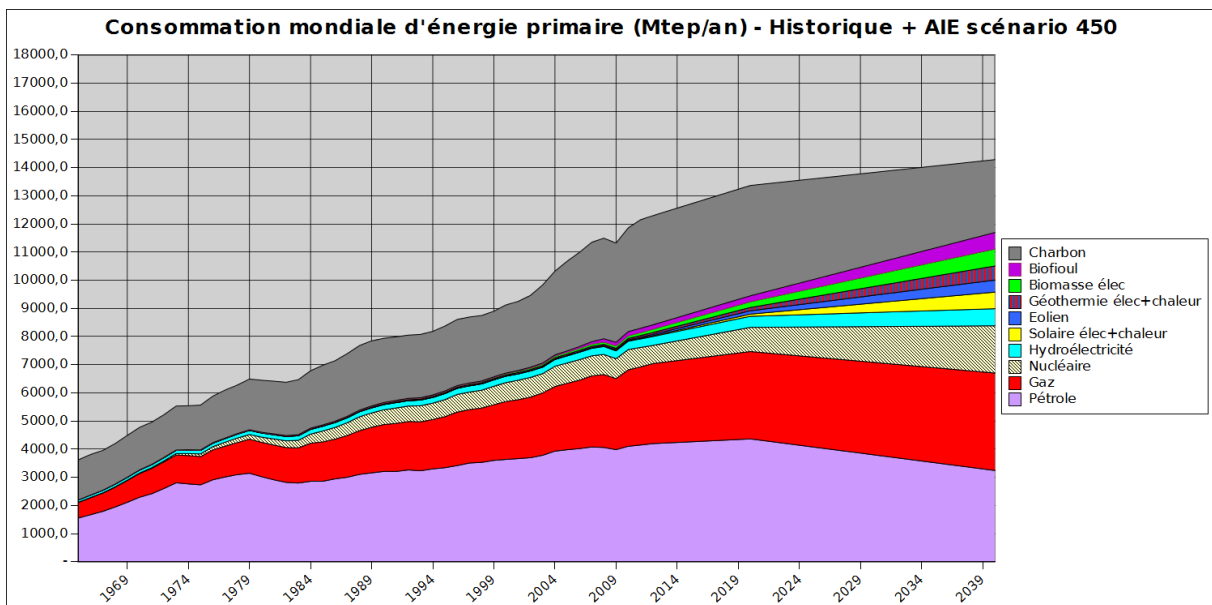
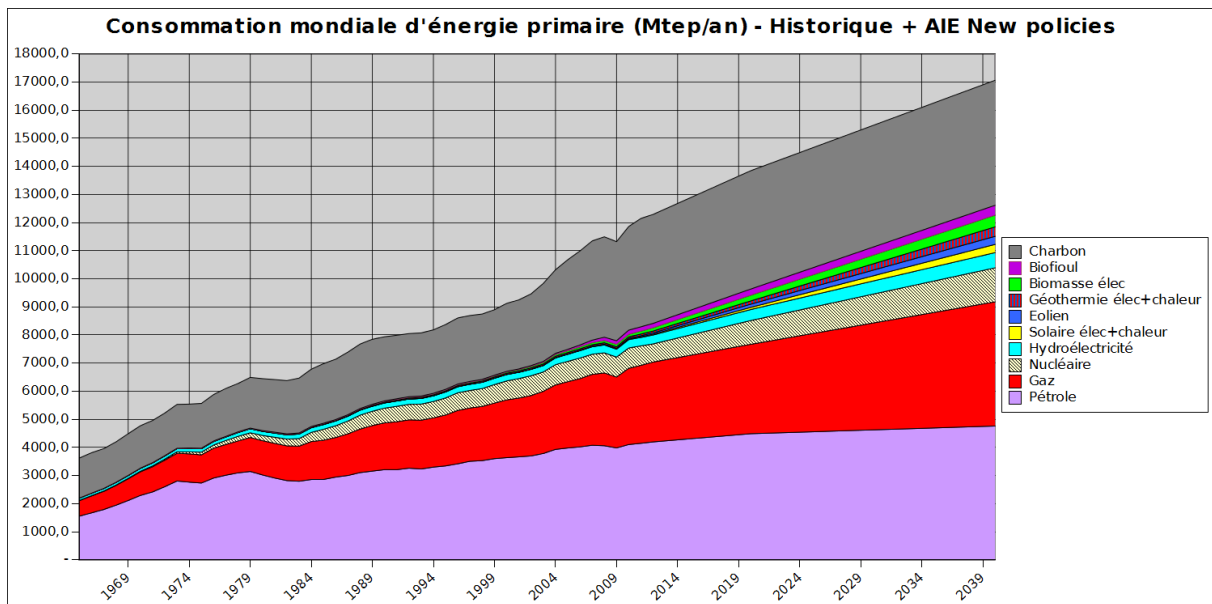
- Le scénario AIE-NP ("New policies" = "Nouvelle politique") 2012-2040 qui correspond aux orientations annoncées par avance (2014) par les nations dans la perspective de la COP 21. Ce scénario conduit à des émissions de GES nettement supérieures à celles qui permettraient de limiter le réchauffement climatique à 2°C, comme l'a d'ailleurs constaté la COP 21.
- Le scénario AIE-450 2012-2040 pour lequel les émissions de GES conduisent à un réchauffement climatique de 2°C.
- Le scénario Greenpeace-AER ("Advanced Energy Revolution") 2012-2050 qui s'inscrit dans le cadre de la limitation à 2°C du réchauffement climatique mais qui y adjoint d'autres objectifs: fin des combustibles fossiles en 2050, sortie du nucléaire, refus des hydrocarbures non conventionnels, de l'exploitation intensive de la biomasse, des installations de capture/stockage de CO2 et des grands projets hydrauliques.

Les trois scénarios, examinés sur la période commune 2012-2040, traitent de sujets multiples mais nous n'avons retenu que l'indicateur consommation en énergie primaire, très lié au devenir des combustibles fossiles et au niveau de vie. Il ont été amputés de l'énergie primaire biomasse utilisée en production de chaleur, dont il n'existe aucun historique crédible, dont les deux tiers sont très mal connus ("biomasse traditionnelle") et qui évolue de manière très semblable (et arbitraire?) dans les trois scénarios (écart de 0,1% sur la consommation totale en 2040). Les scénarios ont été raccordés aux données 1965-2012 (source BP) pour avoir une vision long terme (cf. graphiques page suivante) et correspondent à des évolutions nettement différentes en matière de consommation globale d'énergie primaire par habitant (cf. graphique ci-dessous établi sur la base du scénario médian de population de l'ONU).

Le scénario AIE-NP correspond à une augmentation de l'énergie primaire par tête au rythme observé dans les 30 dernières années du XX-ème siècle, mais très inférieur à celui qui a accompagné le développement des pays émergents au début du XXI-ème siècle.

Le scénario AIE-450 prévoit un retour en 2040 au niveau de consommation de 2002 et celui de Greenpeace un retour en 2040 au niveau de 1968.



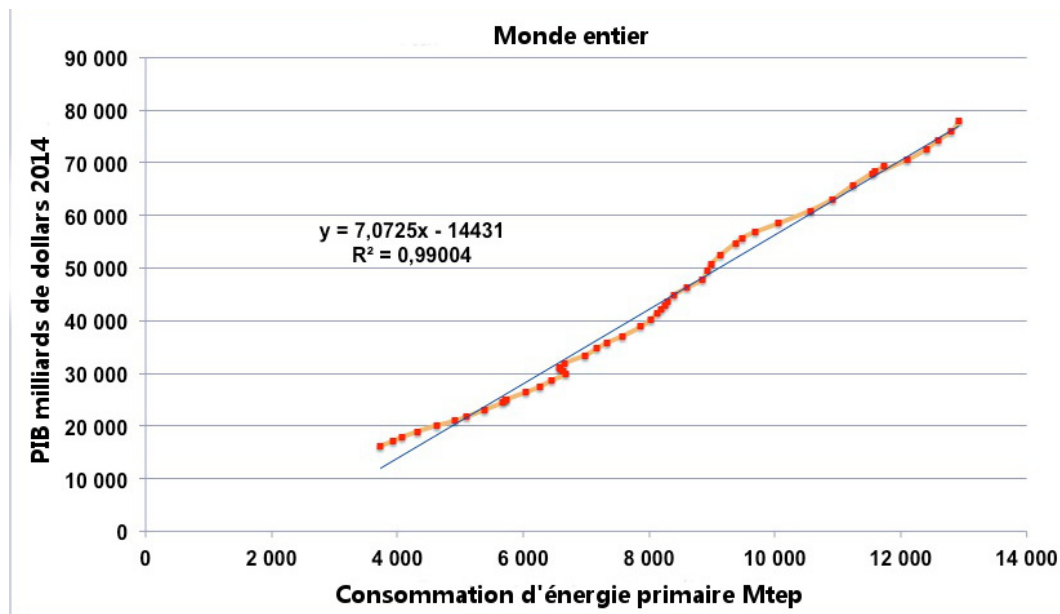




## Des scénarios de décroissance

Le scénario Greenpeace est un scénario de décroissance (bien qu'il s'en défende) qui postule un découplage entre niveau de vie et consommation d'énergie.

Le relatif découplage observé entre PIB et consommation d'énergie primaire dans de nombreux pays développés correspond en fait à l'externalisation des activités énergivores (comme l'industrie) vers les pays émergents, dont la consommation explose malgré des gains d'efficacité énergétique, en tirant la consommation mondiale vers le haut. Le lien historique au niveau mondial entre PIB et consommation d'énergie primaire est très fort, comme l'illustre le graphique ci-dessous, établi par J.M.Jancovici à partir de données BP et Banque mondiale, pour la période 1965-2014 (chacun de points rouges du graphique correspond à une année, 1965 en bas à gauche et 2014 en haut à droite).



Un retour en 25 ans aux consommations par tête de 1968 entraîne inéluctablement un retour à un PIB par tête du même ordre qu'en 1968, soit en gros une division par deux du niveau de vie. Cette division par deux au niveau mondial ne signifie pas une division par deux pays par pays car les pays en voie de développement et émergent, qui ont déjà progressé par rapport à 1968, ont clairement revendiqué à la COP21 leur droit à la croissance. Ces pays disposant pour certains, et pas des moindres, des ressources en énergie primaire nécessaires à leur croissance, on voit mal ce qui pourrait les convaincre d'y renoncer, a fortiori de régresser. Faudra-t-il choisir entre guerre mondiale et réchauffement climatique?

Le scénario AIE-450 qui correspond à une baisse de la consommation mondiale d'énergie primaire par tête de 9,8% d'ici 2040 pose un problème similaire, très sérieux malgré son acuité moindre: cette baisse prend elle la forme d'une décroissance de 9,8% régulièrement répartie sur l'ensemble des nations ou d'une croissance forte dans les pays en voie de développement et émergents au prix d'une décroissance importante dans les pays développés?

Le document EIA annual energy outlook 2015 apporte la réponse du gouvernement des USA en prévoyant d'ici 2040 une baisse de la consommation d'énergie primaire par tête aux USA de 9,2%, contre 9,8% pour l'ensemble du monde dans le scénario AIE-450.

## Capture et le stockage du CO2

Le scénario AIE-450 permet de limiter le réchauffement climatique à 2°C malgré une consommation de combustibles fossiles nettement plus importante que celle du scénario

Greenpeace-AER. L'explication est que ce scénario prévoit un développement le plus rapide possible (à partir de 2025 pour tenir compte des contraintes de développement technique) et à grande échelle de la capture et de la séquestration du CO2, pour les centrales à charbon mais aussi pour les cycles combinés à gaz et les industries les plus émettrices (acier, ciment, raffinage...).

### **Production et réserves de combustibles fossiles**

**Charbon:** aucun des scénarios ne conduit à un risque sur l'approvisionnement mais le rythme de décroissance de la production dans le scénario Greenpeace-AER (division par 3,7 en 28 ans) implique de lourdes conséquences sociales.

**Hydrocarbures:** le scénario Greenpeace-AER est sans risque sur l'approvisionnement en hydrocarbures, le scénario AIE-450 conduit à un risque très faible sur le gaz en fin de période, le scénario AIE-NP a un risque très faible sur le pétrole et faible sur le gaz (en fin de période). Le scénario AIE-NP correspond à un recours important aux hydrocarbures non conventionnels avec une augmentation prévisible des coûts de revient (sans commune mesure toutefois avec les "prix de crise" déjà observés).

### **Encore un coup des lobbies**

Greenpeace comme d'autres ONG environnementales dénoncent régulièrement l'action des lobbies des combustibles fossiles (cf. par exemple "Who's holding us back" Greenpeace 2011),

Le tableau ci-dessous donne quelques éléments sur l'activité des lobbys de l'énergie aux USA (1998-2015) et à Bruxelles (derniers 12 mois):

<b>Activité -&gt;</b>	<b>USA - sommes versée aux politiques 1998-2015 (M\$)</b>	<b>Bruxelles Nombre de rencontres avec des hauts responsables UE</b>	<b>Bruxelles Nombre de lobbyistes</b>	<b>Bruxelles Budget de lobbying (M€)</b>
<b>Lobby</b>				
<b>Pétrole et gaz</b>	1100	152	87	30,6
<b>Électricité et distribution gaz</b>	1100	260	134	13,5
<b>Renouvelables</b>	200	40	43	2
<b>Production charbon</b>	110	ε	ε	ε
<b>Nucléaire</b>	1,3 (1)	9	55	0,7
<b>ONG environnementales</b>	ND	285	240	10,6

(1) n'est pas identifié comme groupe d'intérêt significatif, le chiffre donné correspond à l'American Nuclear Society.

Greenpeace pour sa part ne dissimule pas son activité de lobbying au profit de l'industrie des renouvelables dans le document décrivant le scénario Greenpeace-AER, cf.extraits ci-après:

- Introduction: "*Greenpeace et ses partenaires de l'association des industries des énergies renouvelables élaborent et présentent depuis 2005 leurs scénarios "Energy Revolution"*
- § 2.3: "*Greenpeace et l'industrie des énergies renouvelables partagent des objectifs clairs en matière d'évolution des politiques publiques requises pour encourager la transition vers les énergies renouvelables. Les principales exigences sont:...fixer par la loi les objectifs en matière d'énergie renouvelable et cogénération...réformer les marchés de l'électricité pour*

*garantir la priorité d'accès au réseau des producteurs d'énergies renouvelables...assurer une rentabilité définie et stable aux investisseurs, par exemple par des tarifs d'achat garantis"*

En résumé, si le lobby du pétrole et du gaz écrase tous les autres lobbys des énergies primaires, celui des énergies renouvelables dispose de moyens supérieurs à celui du charbon (aux USA comme en Europe) et représente, avec l'appui actif de certaines ONG, une force avec qui compter.

Autour de la COP21, le lobby du pétrole et du gaz, comme celui des énergies renouvelables et les ONG environnementales, ont mené une campagne anti-charbon qui porte ses fruits en Europe et aux USA mais prend de front les pays de la zone Asie-Pacifique.

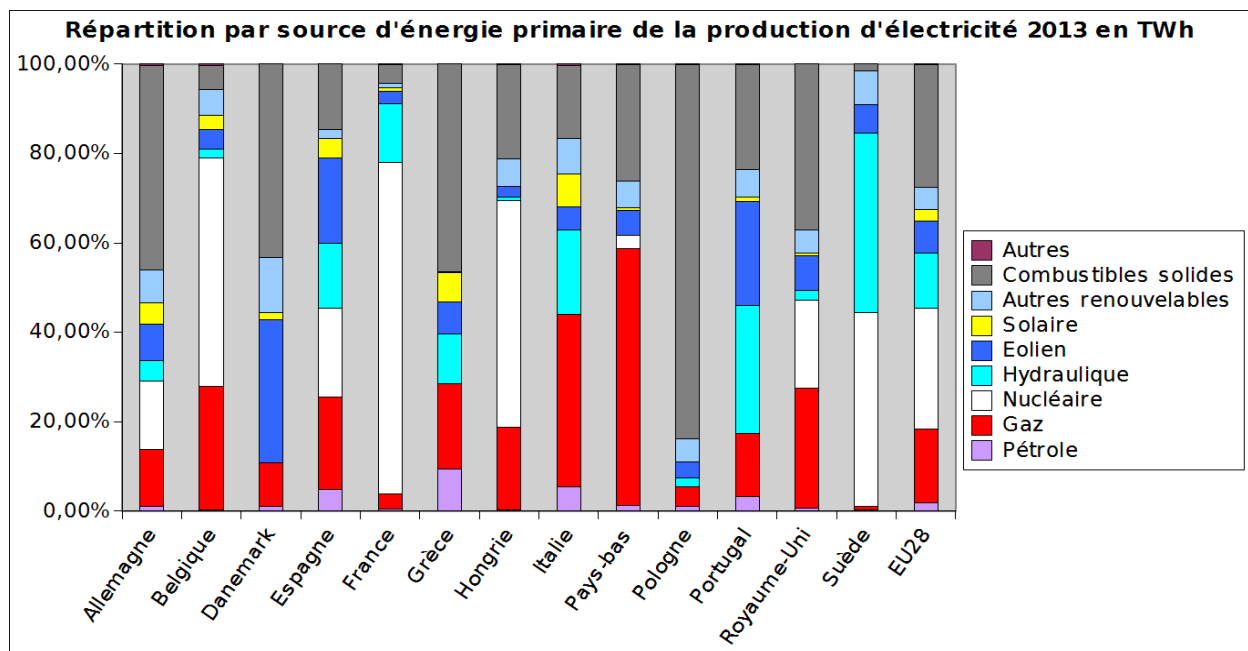
### **Conclusion sur les scénarios 2012-2040**

	<b>AIE-NP</b>	<b>AIE-450</b>	<b>Greenpeace-AER</b>
<b>Respect limite 2°C réchauffement climatique</b>	Non	Oui	Oui
<b>Indépendance</b>	l'AIE travaille pour les gouvernements des pays développés d'économie libérale, où le lobby du pétrole et du gaz est dominant.		Scénario élaboré en partenariat avec l'industrie des renouvelables
<b>Incidence négative sur le niveau de vie</b>	Non	Significative, le "partage" de la décroissance est problématique (cf. COP 21)	Drastique --> Au vu des positions actuelles des nations, ce scénario n'est pas crédible
<b>Combustibles fossiles</b>	Faible risque sur l'approvisionnement en hydrocarbures	Très faible risque sur l'approvisionnement en hydrocarbures	Risque social associé au laminage de l'industrie charbonnière
<b>Capture/stockage CO2</b>	Oui	Développement rapide et massif	Non
<b>Nucléaire</b>	Développement modéré	Développement important	Sortie du nucléaire
<b>Hydrocarbures non conventionnels</b>	Recours important	Oui	Non
<b>Renouvelables</b>	Développement très important	Développement massif	Passage de la marginalité à une position dominante

➔ **Pour ce qui concerne IED, le scénario AIE-NP est inacceptable du point de vue réchauffement climatique, comme celui de Greenpeace par son incidence sur le niveau de vie. Les solutions acceptables tournent autour du scénario AIE-450, qui entraîne néanmoins une incidence négative sur le niveau de vie, d'où le relatif blocage de la COP21.**

# L'utilisation des combustibles fossiles pour la production d'électricité en Europe

## Vue générale des parcs de production européens (principaux pays)



## Hors stockage d'électricité, pas de système électrique sans moyens pilotables

Les caractéristiques techniques des divers types de moyens de production sont résumées ci-après:

Performance technique Source primaire	Continuité source primaire	Adaptation aux variations de la demande
Combustibles fossiles	Bonne compte-tenu des stocks	Bonne à très bonne
Nucléaire	Très bonne car stocks très importants	Bonne mais problème de rentabilité si faible sollicitation moyenne
Hydraulique	D'intermittente (mini-hydraulique) à bonne (grands ouvrages grâce au stockage)	Mini-hydraulique -> nulle Grands ouvrages-> bonne/très bonne Pompage -> superlative
Eolien	Non: quasi-intermittence	Entraînerait une forte dégradation de la performance économique déjà problématique -> Pas réalisé en pratique
Solaire	Non: intermittence	
Autres renouvelables (biomasse, géothermie)	Variable/plutôt bonne	Mini-production -> nulle Production industrielle (rare) -> bonne mais problème de rentabilité si faible sollicitation moyenne

Pour satisfaire la demande, il faut disposer globalement d'une continuité acceptable de la source primaire et de moyens adaptables à la demande. Pour cette raison, la demande maximale est en général couverte par des moyens dits pilotables (combustibles fossiles, nucléaire, hydraulique) qui fournissent, sous nos latitudes, au minimum 70% mais en général plus de 80% de la production. Le tableau ci-après reprend les mêmes pays rangés dans le même ordre que sur le graphique précédent

et donne pour chacun d'eux la part de production assurée par les moyens pilotables:

DE	BE	DK	ES	FR	GR	HU	IT	NL	PL	PT	UK	SE	EU28
78%	85%	52%	74%	95%	86%	91%	79%	86%	91%	69%	86%	85%	84%

L'apparent contre-exemple du Danemark est en fait une confirmation de la règle: malgré une puissance installée de plus du double de la demande maximale, le petit système danois (1% de la production européenne) n'est viable que grâce aux apports en moyens pilotables de ses grands voisins scandinaves, allemand et néerlandais.

Les techniques de stockage d'électricité, qui pourraient autoriser un pourcentage plus faible de moyens pilotables, sont encore au stade de la R&D et aucun des scénarios mondiaux évoqués précédemment n'annonce de contribution chiffrée significative d'ici 2040.

### **Pourquoi autant de centrales THF (à combustible fossile) en Europe?**

La part d'électricité issue des combustibles fossiles dans l'Europe des 28 est de 45%, elle est supérieure à 50% dans 7 des 13 pays de graphique (Allemagne, Danemark, Grèce, Italie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni).

Outre des raisons historiques dont l'effet s'estompe progressivement, il y a une raison objective majeure: pour les pays dont les ressources hydrauliques naturelles sont faibles et qui refusent le nucléaire, c'est le seul moyen d'obtenir une proportion suffisante de moyens pilotables.

D'autres raisons économiques expliquent la situation:

- Le lignite est disponible dans de nombreux pays européens, notamment l'Allemagne et la Pologne, à un prix suffisamment bas pour que la production en base soit très compétitive, surtout lorsque l'option nucléaire est délibérément exclue.
- Le fonctionnement du système requiert des moyens pilotables faiblement sollicités, en l'occurrence des moyens THF. L'appel pour ce genre de service à des moyens dont les coûts fixes sont élevés, nucléaire ou hydraulique neuf, serait en effet une gabegie, d'autant plus que la faible sollicitation de ces moyens THF limite les émissions de CO<sub>2</sub>.

### **La fermeture des centrales THF en Europe**

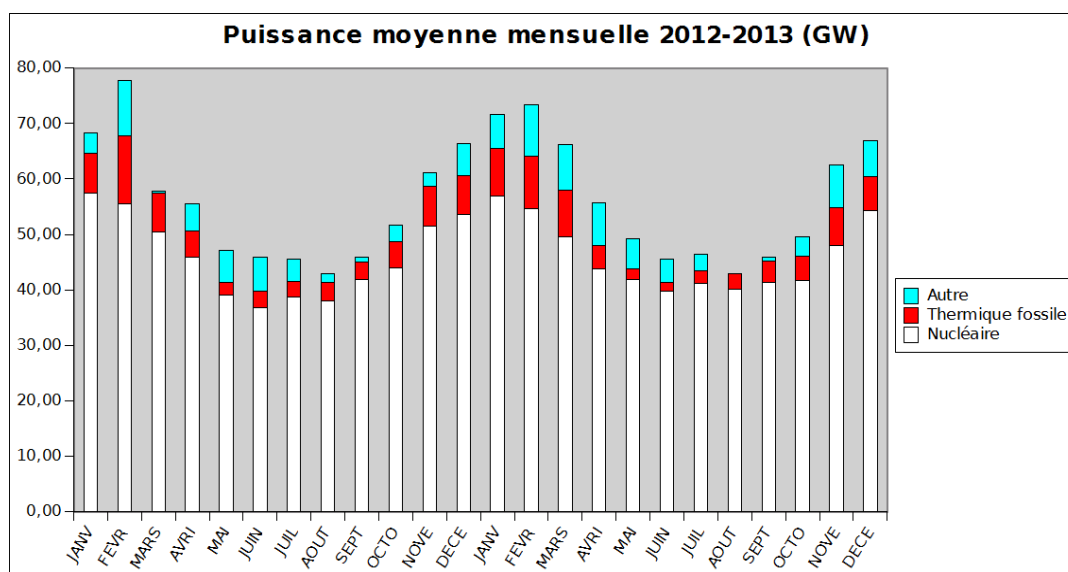
Le développement de l'éolien et du photovoltaïque, dopé par les subventions publiques, a conduit à une augmentation de l'offre d'énergie électrique plus rapide que celle de la demande. La baisse de sollicitation des centrales THF européennes a conduit successivement à la fermeture de centrales anciennes par défaut d'investissement, puis à la fermeture de moyens plus modernes, voire flambants neufs, dont les marges d'exploitation ne couvraient plus les frais fixes d'exploitation.

A partir de 2010 environ, constatant que cette évolution mettait en cause la sécurité d'approvisionnement électrique, les gouvernements nationaux qui assument en droit et en pratique la responsabilité de cette sécurité d'approvisionnement ont du offrir aux producteurs, qui ont pour unique obligation de rémunérer leurs actionnaires, des rémunérations complémentaires sous diverses formes: marché de capacité, prêts à taux réduit, prise en charge des frais fixes d'exploitation etc...

**→ La majorité des pays européens utilisent les centrales THF à combustibles fossiles pour la production massive d'énergie électrique. La volonté de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> a conduit à l'introduction subventionnée de moyens alternatifs (notamment éoliens et photovoltaïques) qui ont réduit la production de ces centrales mais aussi provoqué des fermetures en nombre. Ces fermetures mettant en cause la sécurité d'approvisionnement, les gouvernements nationaux ont du mettre en place des mesures permettant de conserver les centrales THF nécessaires en indemnisant leur baisse de sollicitation.**

# L'utilisation des combustibles fossiles pour la production d'électricité en France

Le graphique ci-après montre la place du parc THF dans la production d'électricité en France sur les années 2012-2013.



**Commentaire:** l'adaptation aux variations de la demande entre l'hiver et l'été est majoritairement assurée par le parc nucléaire. Le parc THF participe à cette adaptation hiver/été mais il est sollicité toute l'année pour s'adapter aux fluctuations de la demande sur une échelle de temps plus courte que cette adaptation hiver/été, dans la mesure où les autres moyens (en bleu, essentiellement le parc hydraulique) n'y suffisent pas. La production d'énergie des moyens THF est faible (8% de la production totale en 2013) car même les mois les plus chargés, ils tournent peu et émettent donc peu de CO<sub>2</sub>.

➡ **L'électricité française figure logiquement parmi les moins carbonées en Europe, performance remarquable compte-tenu de la relative modestie du potentiel hydraulique.**

## La sécurité d'approvisionnement en France\*

### Les acteurs de la sécurité d'approvisionnement en France

Le gouvernement est le responsable ultime de la sécurité d'approvisionnement. Il met en place la PPE (Programmation pluriannuelle de l'énergie) et prend les mesures incitatives visant au respect de cette programmation par les producteurs, après avis de la CRE (Commission de Régulation de l'Énergie). Il a décidé la mise en place d'un marché de capacité, opérationnel à partir de 2017.

RTE a une mission d'évaluation prospective de la sécurité d'approvisionnement, au regard du critère fixé par le décret 2006/1170.

Malgré une utilisation à 100% du parc de production en février 2012, les producteurs ont poursuivi les fermetures et retraits d'exploitation de centrales THF.

### La situation de la sécurité d'approvisionnement en France

Le niveau de sécurité d'approvisionnement électrique jugé "normal" en France est nettement inférieur à celui de pays comparables en niveau de développement.

Cette situation résulte de la prise en compte par RTE d'un cumul d'hypothèses non conservatives,

associé à un critère légal qui autorise une dégradation significative de la sécurité d'approvisionnement, alors que la justification économique de cette dégradation n'est plus d'actualité. Le cumul d'hypothèses non conservatives concerne:

- les scénarios météorologiques pris en compte qui sur-estiment la durée de retour des vagues de froid fortes à exceptionnelles et conduisent à une sous-estimation importante des durées moyennes de défaillance annuelle,
- la prise en compte d'un secours massif par les pays frontaliers, au delà de ce que prévoit le décret 2006/1170 et de ce qui résulte du foisonnement des aléas entre pays européens; en fait RTE considère comme acquis que l'environnement de notre pays va maintenir à ses frais et indéfiniment des capacités de secours dont la France s'abstiendrait par principe,
- la non prise en compte des problèmes d'approvisionnement gaz à l'échelle européenne en cas de vague de froid forte à exceptionnelle, alors que ces problèmes se sont déjà manifestés lors de la vague de froid de février 2012.

Le bas prix de l'électricité française a conduit à une généralisation importante de son utilisation et donc à un coût unitaire de défaillance dans la fourchette haute des pays développés. L'enterrement par RTE d'une étude au niveau européen, qu'il a pourtant cosignée et qui confirme les faiblesses de notre pays en matière de sécurité d'approvisionnement électrique, indique un refus de garantir un niveau de sécurité à la hauteur de ce coût de défaillance et conforte les producteurs dans les fermetures de centrales.

La sécurité d'approvisionnement a un coût, dans la situation actuelle le coût du maintien en exploitation de moyens THF dont la production et la rentabilité chutent compte-tenu de la priorité accordée aux moyens intermittents. Ce coût est toutefois bien plus modeste que le coût de construction de nouveaux moyens pilotables. Une sous-estimation du risque qui conduit à fermeture irréversible de moyens de production, suivie de construction de moyens neufs après incident, expose donc à des dépenses plus importantes qu'une bonne évaluation a priori, en sus du coût des incidents eux-mêmes.

## Conclusions d'ensemble

IED estime indispensable la limitation des émissions de GES (gaz à effet de serre) mais d'une manière qui préserve au maximum les possibilités de développement, car le sous-développement tue avec autant de cruauté et d'efficacité que le réchauffement climatique.

Le lien entre consommation d'énergie primaire et niveau de vie présente des variations d'un pays à l'autre, mais à l'échelle du globe et sur une période longue, l'évolution du niveau de vie suit étroitement celle de la consommation d'énergie primaire par tête.

Les réserves en combustible fossiles sont suffisantes dans tous les scénarios prospectifs visant à limiter les émissions de GES, même ceux qui ne respectent pas la limitation à 2°C du réchauffement climatique.

Dans les scénarios permettant de limiter le réchauffement climatique à 2°C:

- Le scénario Greenpeace satisfait à toutes les revendications des mouvements écologistes et de l'industrie des renouvelables. Il conduit en 2050 à l'abandon total des combustibles fossiles mais aussi d'ici 2040 à une très forte réduction de la consommation d'énergie primaire par tête. Cette réduction implique une division par deux du niveau de vie à l'échelle du globe, hypothèse suffisamment éloignée des aspirations des nations lors de la COP21 pour qu'on la considère comme totalement irréaliste.

- Le scénario de l'AIE dit "450" inclut des mesures moins populaires chez les écologistes (développement du nucléaire, de la capture et du stockage du CO<sub>2</sub>, recours au charbon et aux hydrocarbures non conventionnels) mais il conduit à une baisse du niveau de vie, certes incompatible avec les aspirations des nations lors de la COP 21, mais moins provocatrice que la proposition Greenpeace et pouvant servir de base à la discussion.

En Europe, la majorité des pays utilisent les centrales THF à combustibles fossiles pour la production massive d'énergie électrique. La volonté de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> a conduit à l'introduction de moyens alternatifs (notamment éoliens et photovoltaïques) qui ont réduit la production de ces centrales mais aussi provoqué des fermetures en nombre. Ces fermetures mettant en cause la sécurité d'approvisionnement, les gouvernements nationaux ont dû mettre en place des mesures permettant de conserver les centrales THF nécessaires en indemnisant leur baisse de sollicitation.

En France, les moyens THF ne sont pas utilisés pour la production en quantité, mais exclusivement pour répondre aux exigences de sécurité d'approvisionnement. L'électricité française figure donc parmi les moins carbonées en Europe, performance remarquable compte-tenu de la relative modestie du potentiel hydraulique.

Le niveau de sécurité d'approvisionnement électrique jugé "normal" en France est nettement inférieur à celui de pays comparables en niveau de développement. En effet, l'organisme (RTE) chargé de surveiller cette sécurité d'approvisionnement applique des hypothèses insuffisamment conservatives, surtout dans le cadre d'un critère légal déjà laxiste au regard du rôle de l'électricité dans nos sociétés modernes et du coût de défaillance associé.

L'enterrement par RTE d'une étude au niveau européen, qu'il a pourtant cosignée et qui confirme les faiblesses de notre pays en matière de sécurité d'approvisionnement électrique, indique un refus de garantir un niveau de sécurité à la hauteur de ce coût de défaillance et conforte les producteurs dans les fermetures de tranches.

La sécurité d'approvisionnement a un coût, dans la situation actuelle le coût du maintien en exploitation de moyens THF dont la production et la rentabilité chutent compte-tenu de la priorité accordée aux moyens intermittents. Ce coût est toutefois bien plus modeste que le coût de construction de nouveaux moyens pilotables. Une sous-estimation du risque qui conduit à fermeture irréversible de moyens de production, suivie de construction de moyens neufs après incident, expose donc à des dépenses plus importantes qu'une bonne évaluation a priori, en sus du coût des incidents eux-mêmes.