

LE MENSUEL DE LA FONDATION iFRAP

SOCIÉTÉ ■ CIVILE

Enquêter pour réformer N° 172

**12 travaux
pour 2017**

10

REFONDER **La transition** **énergétique** **sans oublier** **la croissance !**



FONDATION POUR LA RECHERCHE
SUR LES ADMINISTRATIONS ET
LES POLITIQUES PUBLIQUES

Octobre 2016 - 8 €

10 REFONDER la transition énergétique

Avec le Grenelle de l'environnement, le Paquet Énergie-Climat européen, la loi sur la transition énergétique, la COP21, les gouvernements et une majorité de Français ont donné leur accord à la lutte contre le risque de réchauffement climatique. Mais si l'avenir de la planète est un sujet prioritaire, les conséquences de la loi sur la transition énergétique doivent être étudiées rationnellement. D'autant plus que ses quatre impératifs vont au-delà des engagements pris à la COP21 :

1. Réduire les émissions de CO₂ de 40 % en 2030 et 75 % en 2050, par rapport à 1990 ;
2. Réduire la consommation finale d'énergie de 20 % en 2030, 50 % en 2050 ;
3. Porter la part des énergies renouvelables à 23 % en 2020, 32 % en 2030 ;
4. Réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité de 33 % d'ici 2025.

Un plan qui n'aurait pas dû négliger deux objectifs essentiels :

5. Minimiser les prix de l'énergie pour les consommateurs ;
6. Maximiser l'indépendance énergétique de la France.

Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES, principalement le CO₂) est un objectif clair, mais les méthodes imposées pour y parvenir soulèvent de sérieux doutes. La faisabilité de la baisse de la consommation d'énergie est peu crédible. Elle n'est pas effective malgré dix ans de crise économique, d'investissements dans les économies d'énergie et de campagnes massives de communication. De son côté, le coût brut des nouvelles énergies renouvelables, de deux à huit fois supérieur au niveau du marché de gros en ce qui concerne l'électricité, est insupportable pour les ménages et les entreprises. Quant à la baisse d'un tiers de la part du nucléaire d'ici 2025, elle est contradictoire avec l'objectif CO₂ et irréaliste.

La consommation française d'énergie est modérée par rapport aux autres pays industrialisés, et ses émissions de gaz à effet de serre sont très faibles. Avec 1 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, notre pays ne peut pas sacrifier seul son économie.

Conclusion

Définir un scénario de transition énergétique techniquement et économiquement réaliste :

- Tenir compte du faible niveau français d'émission de gaz à effet de serre ;
- Développer l'utilisation de l'énergie du futur dans les transports et le bâtiment : l'électricité ;
- Capitaliser sur l'atout français en énergie décarbonée : le nucléaire ;
- Favoriser le remplacement du charbon et du pétrole par l'énergie de transition : le gaz ;
 - Évaluer et exploiter le potentiel français en gaz et pétrole de schiste ;
- Accentuer la recherche sur les énergies ayant un fort potentiel d'amélioration ;
 - Photovoltaïque, nucléaire, biomasse de seconde et troisième générations ;
- Supprimer les aides au déploiement des énergies renouvelables.

Les 5 idées fausses du plan actuel de

1 Invraisemblable : « La part du nucléaire passera de 75 % en 2015 à 50 % en 2025 »

Le bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité de juin 2016 estime que la baisse de consommation d'électricité ne pourra pas se manifester avant 2021 : « L'influence grandissante de l'efficacité énergétique conduit pour la première fois à esquisser des perspectives de réduction de la consommation électrique d'ici cinq ans. » Une formulation extrêmement prudente qui traduit les doutes des auteurs sur le scénario imposé par les responsables politiques.

En 2025, la consommation d'électricité étant

encore proche de 540 TWh, la baisse de la part du nucléaire de 75 à 50 % supposerait l'arrêt en dix ans de 23 des 58 réacteurs nucléaires existants. Une décision administrative faisable, catastrophique financièrement pour EDF et les consommateurs. Mais ce qui est invraisemblable, c'est la croissance des nouvelles énergies renouvelables et intermittentes nécessaire pour compenser ces fermetures : passer des 5 % actuels à 15 % en 9 ans est irréaliste pour la production et pour le réseau.

Production nette d'électricité (2014 en TWh par an)

Nucléaire	Thermique	Hydraulique	Éolien	Photo V	Autre renouvelable	Autre	Total
416	27	68	17	6	5	2	540

2 Fondamentale : « La consommation d'énergie diminuera de 50 % d'ici 2050 »

L'objectif fixé par le gouvernement vise une baisse de la consommation d'énergie de 2 % par an. Mais depuis 2003 et malgré la crise, elle n'a baissé que de 0,06 % par an alors que la croissance du PIB par personne n'était que de 0,6 % par an.

Deux facteurs poussent à l'augmentation de la consommation d'énergie : la croissance de la population prévue à 0,45 % par an par l'Ined, et celle du PIB. Les propositions de la Fondation iFRAP visent une progression

du PIB par personne de 2 % par an. Dans tous les secteurs, certains facteurs technologiques et sociologiques agissent à la baisse de la consommation d'énergie, d'autres à la hausse. Au total, elle est quasi stable depuis treize ans, et pourrait légèrement augmenter en 2016 si l'objectif gouvernemental de croissance du PIB de 1,5 % est atteint. L'hypothèse fondamentale du plan, une baisse de 50 % d'ici 2050, est intenable.

Évolution passée de la consommation finale d'énergie

En Mtep	Transport	Résidentiel tertiaire	Industrie Energie	Agriculture	Total
1990	40,8	56,4	38	4	139,2
2003	49,5	65,6	30,7	4,5	150,4
2013	48,5	67,8	29,6	4,6	150,6
2014	48,9	66,8	29,1	4,5	149,3
2015	49,4	67	28,4	4,5	149,2

Source : Etalab, Énergie bilan 2015, données corrigées des variations climatiques

transition énergétique

3 Trompeuse : « Les nouvelles énergies renouvelables sont presque compétitives »

Les coûts de production des nouvelles énergies renouvelables sont très supérieurs à ceux des existantes. Les fournisseurs ne les achètent, aux prix fixés par l'État, que contraints par la loi, mais reportent leurs surcoûts sur les consommateurs. En 2016, l'éolien terrestre est la technique la moins éloignée des prix du marché mais avec peu de perspectives de réduction des coûts. Son prix d'achat n'a d'ailleurs pas baissé depuis dix ans, mais a augmenté. Le coût du solaire photovoltaïque baisse, bénéficiant de celui des cellules importées. Mais elles ne représentent que moins de la moitié des coûts. Les prix de l'éolien marin français sont extrêmement élevés. Le développement de la géothermie est strictement lié au niveau des subventions. La biomasse de première géné-

ration est limitée par la ressource disponible, les coûts élevés de collecte, et la concurrence avec la production alimentaire.

Au total, aucune des nouvelles énergies renouvelables n'est compétitive. Et les prix affichés par les producteurs ne tiennent pas compte de trois facteurs : 1) l'obligation d'acheter la production de ces sources intermittentes et aléatoires même quand les fournisseurs n'en ont pas besoin ; 2) la nécessaire adaptation du réseau électrique ; 3) les capacités de production nécessaires en *stand-by*. Tant que le problème du stockage de l'électricité n'est pas résolu, le coût « brut » de ces énergies doit être multiplié par 2 pour connaître leur coût « net ». En France, le véritable coût du MWh éolien terrestre n'est pas de 90 mais de 180 euros.

Tarif obligatoire d'achat, comparé aux prix du marché, en euros par MWh

Prix du marché	Éolien terrestre	Solaire photovoltaïque	Biomasse	Solaire concentration	Éolien marin	Géothermie
40-60	90	105-350	112-170	200-400	200-250	200-280

4 Fausse : « La croissance verte actuelle accroît le nombre d'emplois »

Les artisans qui posent des panneaux photovoltaïques ou montent des éoliennes occupent effectivement de nouveaux emplois. Mais les dix milliards de surcoûts annuels payés par les consommateurs manquent ailleurs, éliminant d'autres emplois disséminés, donc invisibles. Un résultat négatif, d'autant plus

qu'une grande partie de ces milliards a été dépensée en importations (ex. : éoliennes, panneaux photovoltaïques, méthaniseurs). Des méthodes de production moins efficaces que les précédentes n'ont jamais amélioré la performance économique d'un pays ni réduit le chômage.

5 Excessive : « La France doit réduire les émissions de CO₂ de 75 % en 2050 »

La France produit beaucoup moins de CO₂ par unité de PIB et par habitant que les autres pays. Sa responsabilité est de se situer dans

la moyenne des pays industrialisés, pas d'handicaper son économie par des engagements inconsidérés.

Émissions de CO₂ (tonnes métriques par habitant - source AIE)

France	Italie	Royaume-Uni	Russie	Danemark	Autriche	Pologne	Allemagne	Japon	Pays-Bas	Canada	États-Unis	Australie
5,1	6,2	7,2	7,2	7,2	7,8	8,3	9,2	9,6	10,1	15	16,1	16,5

I. Scénario iFRAP de politique énergétique

12

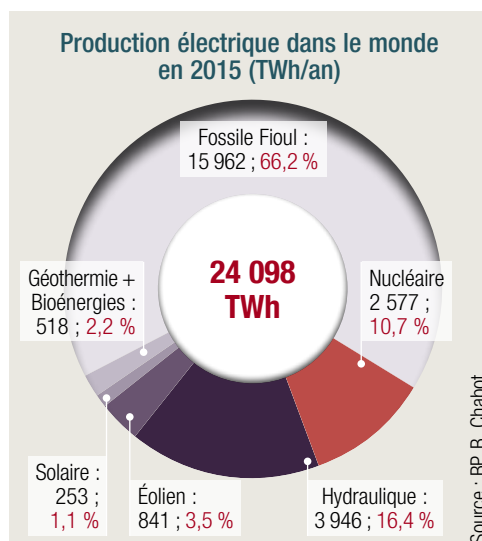
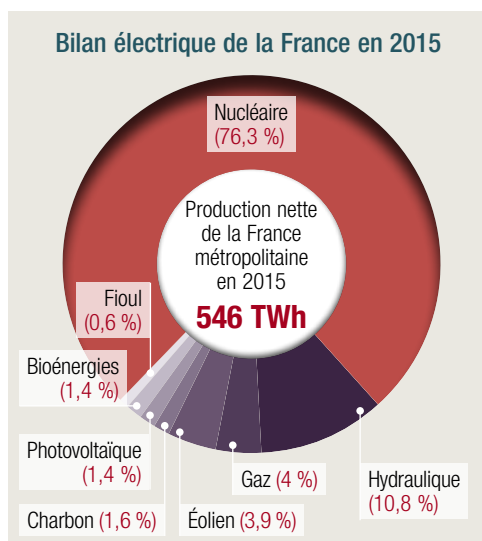
Compte tenu de sa situation économique et sociale fragile, la politique énergétique de la France doit prendre en compte ses besoins, ses atouts et ses possibilités, sans surenchère par rapport aux autres pays industrialisés.

Consommation d'énergie

Consommation d'énergie finale en tonnes équivalent pétrole (tep) par habitant (2013)

Espagne	Italie	Grande-Bretagne	France	Japon	Allemagne	Russie	Corée	États-Unis	Canada
1,75	2	2,01	2,39	2,45	2,74	3,04	3,34	4,72	5,66

Notre pays se situe parmi les pays les plus sobres en énergie et sa structure de production d'électricité est originale avec une production à 75 % d'origine nucléaire et à 10 % hydroélectrique.



Source : BP, B. Chabot.

Émission de CO₂

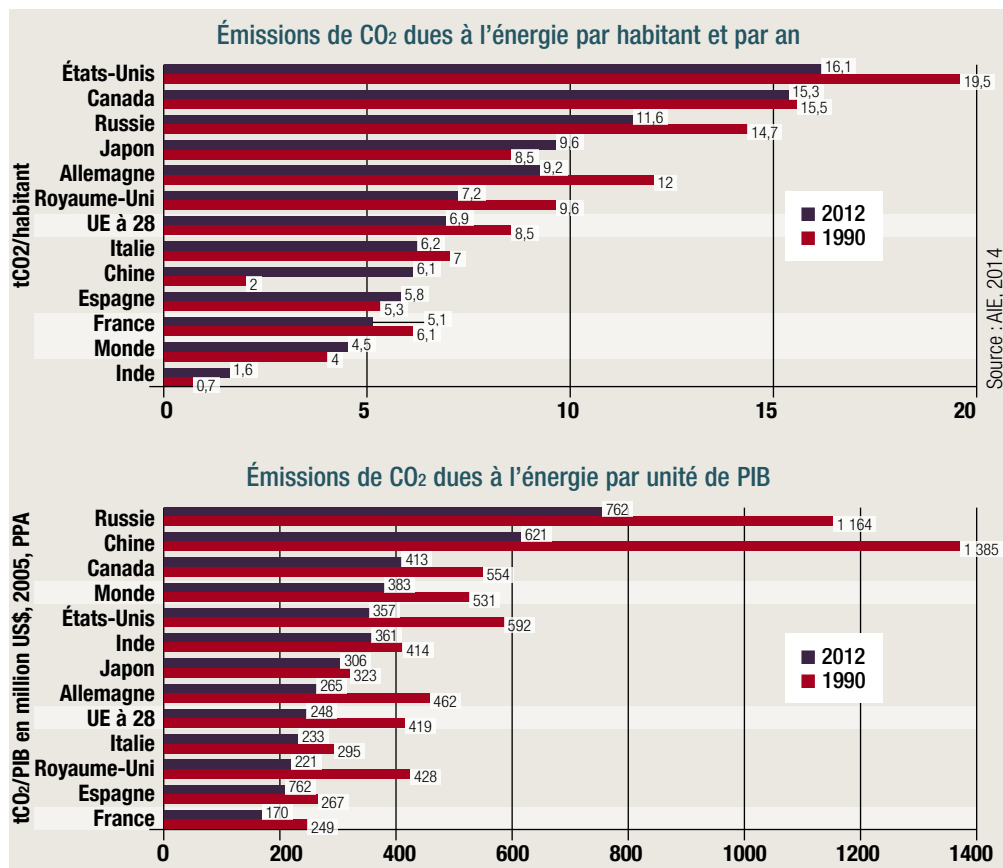
De 1990 à 2014, la baisse des émissions de CO₂ est principalement due à l'effondrement de la production industrielle française et à la crise économique.

Évolution des émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie en millions de tonnes

En MT	Transport	Résidentiel tertiaire	Industrie Energie	Agriculture	Total
1990	122	95	146	11	374
2014	136	84	84	11	315
Évolution	+ 12 %	- 12 %	- 42 %	0 %	- 16 %

Sources : CGDD, Références Juillet 2015 « Bilan énergétique de la France pour 2014 », p. 99.

La France produit peu de CO₂ par habitant, mais aussi par unité de PIB, ce qui souligne la difficulté de fortement améliorer cette performance.



L'objectif d'émission de CO₂ que la France a proposé (- 75 % en 2050) aurait dû tenir compte de cette situation et des efforts déjà réalisés par notre pays. Il devrait donc être 1) techniquement, socialement et économiquement atteignable et 2) comparable aux niveaux atteints par les pays similaires. D'autant plus que le coût des investissements nécessaires pour réduire sa consommation et ses émissions de CO₂ augmente de façon exponentielle quand on s'approche des niveaux très faibles. Les deux diagrammes ci-contre soulignent la situation très particulière de notre pays où 75 % de l'électricité est produite par le nucléaire contre 66 % à partir des énergies fossiles dans le reste du monde.

D'autres pays ont choisi des critères favorables à leur situation. Exemples : la Chine en s'enga-

geant seulement sur un pic d'émission en 2030 ; les États-Unis en prenant comme référence 2005, leur année record d'émission ; d'autres pays en fixant leur objectif « par rapport à la tendance passée ». Un objectif de réduction en pourcentage (40 % en 2030, 75 % en 2050) n'est donc pas équitable vis-à-vis de la France, c'est un objectif de niveau d'émission en valeur absolue qu'il faut fixer. Tant que les autres pays n'ont pas atteint notre niveau d'émission de CO₂, il est légitime de limiter nos efforts. En réduisant de 30 % ses émissions en 2050 par rapport à 1990, la France restera parmi les pays industrialisés polluant et ayant pollué le moins l'atmosphère, sans même tenir compte du CO₂ stocké dans le doublement de la surface de sa forêt depuis le début de l'ère industrielle.

Besoins en énergie

Les besoins constituent la donnée fondamentale de la politique énergétique. D'après la Fondation iFRAP (voir annexe C) la demande continuera à progresser pendant les décen-

nies à venir, en moyenne de 0,45 % par an. Contrairement à l'objectif officiel de réduction de 50 % de la consommation d'énergie d'ici 2050, l'iFRAP prévoit une augmentation de 17 %.

Évolution de la consommation finale d'énergie par an

	Transport	Résidentiel	Industrie	Tertiaire	Agriculture	Total
2015, en Mtep	49,4	45	28,4	22	4,5	149,3
De 2016 à 2050	0 %	0 %	+ 1,2 %	+ 0,9 %	0 %	+ 0,45 %

Prévision de consommation finale d'énergie

En Mtep	2015	2020	2030	2040	2050
Scénario loi transition	150	-	120	-	75
Scénario iFRAP	150	152	159	166	175

Sources disponibles

Les besoins en énergie sont connus, les énergies sont largement substituables et on connaît les sources d'énergie disponibles. Le scénario iFRAP d'énergie pour la France consiste à prévoir comment satisfaire les besoins tout en respectant l'objectif de réduction des émissions de CO₂, minimiser le coût pour les consommateurs, et maximiser notre indépendance vis-à-vis de l'étranger. Pour parvenir à l'objectif fixé, la France dispose de deux outils :

■ remplacer les énergies fossiles qui produisent beaucoup de CO₂ par celles qui en produisent moins (le gaz 50 % de moins que le charbon, le pétrole 25 % de moins que le charbon) ;

■ accroître la production d'énergie sans CO₂ actuellement la moins coûteuse et la plus favorable à notre indépendance (nucléaire).

Si des perspectives crédibles d'amélioration de la compétitivité des nouvelles énergies renouvelables se profilaient, le scénario devrait être réévalué¹.

■ Les États-Unis ont fortement ralenti le développement du nucléaire après l'arrivée massive des gaz et pétroles de schiste.

Scénario iFRAP de consommation par type d'énergie

Mtep/an	Pétrole	Électricité	Gaz	ENR	Charbon	Total	% baisse émission CO ₂ vs 2014	% baisse émission CO ₂ vs 1990
1990	71	26	23	11	10	141	-	-
2014	61	36	31	16	6	150	0	15
2020	56	38	35	17	6	152	2	17
2030	45	45	45	19	5	159	7	22
2040	40	52	51	21	2	166	12	27
2050	32	60	59	23	1	175	15	30

Ce scénario « allégé » suppose une réduction drastique de la consommation de pétrole, compensée par une augmentation équivalente de celle du gaz. Des scénarios moins extrêmes devront sans doute être envisagés.

Scénario iFRAP d'évolution des parts de marché par type d'énergie

	Pétrole	Électricité	Gaz	ENR	Charbon	Total
2014	41 %	24 %	21 %	11 %	4 %	100 %
2050	18 %	34 %	34 %	13 %	1 %	100 %

II. Mise en œuvre du scénario

Nucléaire

La réduction de l'utilisation des énergies fossiles alors que la demande totale augmente, conduit à un fort besoin de production d'énergie, et en pratique d'électricité, soit d'origine nucléaire soit de nouveaux renouvelables. Les données publiées par EDF sur le coût de leurs achats d'électricité en 2017 montrent que pour des raisons de coût, l'option nucléaire est actuellement incontournable.

Prix d'achat par EDF² en euros par MWh

Prix marché	Éolien	Photovoltaïque
30-60	90,2	356,9

Les projections à plus long terme (20 ans) confirment ce choix.

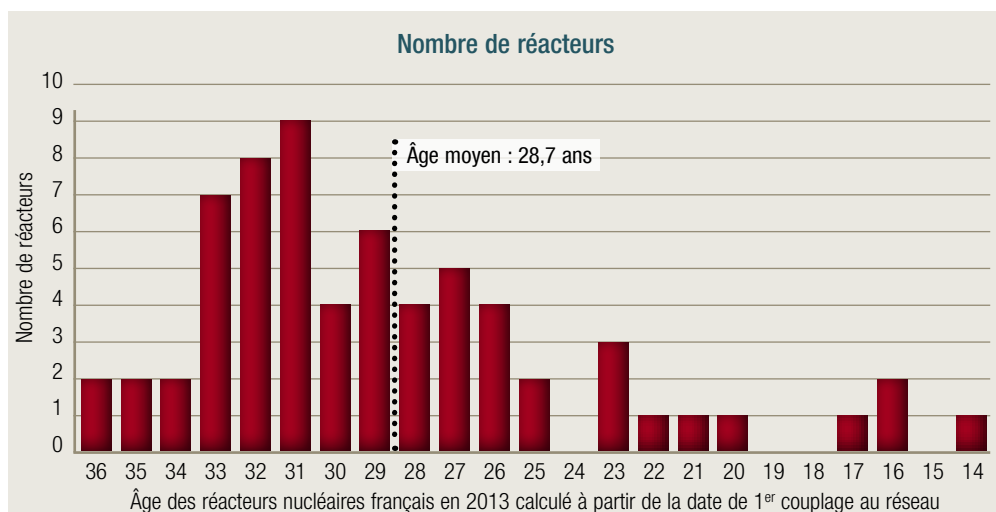
Coût en euros par MWh - estimation EDF

	Existant	Recarénié	Nouveau
Nucléaire	35 à 45	60 à 70	80 à 90

Les tarifs pour les nouveaux renouvelables se situent entre 90 et 300 euros par MWh, mais entre 180 et 600 en tenant compte de leur intermittence. Ce scénario implique qu'une quarantaine de réacteurs équivalents EPR

soient opérationnels en 2050. Notre hypothèse est que la durée de production des 58 réacteurs actuellement en service en France sera prolongée jusqu'à 50 ans. Il semble même probable que la plupart (versions améliorées de la licence initiale Westinghouse) le seront jusqu'à 60 ans comme les réacteurs similaires aux États-Unis, ce qui reculerait de dix ans la nécessité de remplacer les existants et serait très favorable pour les consommateurs.

Un tel programme, nécessaire pour remplacer les réacteurs existants, répondre à l'augmentation de la consommation d'électricité et se substituer aux énergies fossiles, est réaliste sur 34 ans. Le parc nucléaire actuel de 58 réacteurs a été construit en 24 ans à partir de 1978 avec plus de cinq réacteurs mis en service certaines années, et alors que de nombreuses technologies étaient moins performantes. L'engagement du Royaume-Uni pour la construction de deux réacteurs EPR d'EDF à Hinkley Point, et les négociations pour un AP100 de Toshiba-Westinghouse, montrent que chaque pays doit soigneusement préparer le remplacement de ses centrales nucléaires pour ne pas se trouver dans une situation de pénurie.



² CRE – Annexe 1 : Charges de service public de l'énergie prévisionnelles au titre de l'année 2017.

France : nombre moyen de réacteurs à mettre en production par an

	2017-2027	2028-2050
Remplacement des réacteurs existants	-	1,5
Accroissement de la consommation et déplacement des énergies fossiles	1	1,5
Total	1	3

Note : La production annuelle des réacteurs de type EPR est en moyenne deux fois supérieure à celle des réacteurs existants

France : évolution du parc des réacteurs nucléaires sur la période

	2017	2025	2030	2040	2050
Existants	58	48	24	2	-
Carénés	-	10	30	24	2
Nouveaux	-	2	8	25	40
Total	58	60	62	51	42

Note : Avec un grand carénage après 40 ans et une durée de production de 50 ans, le premier grand carénage aura lieu vers 2017 et le dernier vers 2042. Le premier réacteur existant sera arrêté définitivement vers 2027, le dernier vers 2052.

Investissement

Mis à part l'éolien marin, les montants des investissements initiaux par MW moyen sont relativement proches³. L'écart devient très important quand on prend en compte la durée de vie des équipements. Mais le critère le plus pertinent est le prix du MWh produit demandé par les producteurs, qui intègre à la fois les coûts de construction, la durée de vie

des centrales et les coûts de combustible et d'exploitation.

En 2016, de très nombreux investisseurs (fonds de pension, fonds souverains...) cherchent à investir dans des infrastructures rentables comme les centrales électriques. Certaines entreprises proposent d'ailleurs d'investir, construire et gérer des centrales éoliennes, solaires ou nucléaires sur de longues périodes.

Montant de l'investissement par MW moyen et par MWh produit

	Nucléaire (EPR)	Éolien terrestre	Eolien offshore	PhotoV au sol (Cestas)
Puissance nominale (par unité)	1 600	2	6	12
Nombre d'unités	1	50	100	25
Puissance nominale globale (MW)	1 600	100	600	300
Facteur de charge (%)	90	23	30	13
« Puissance moyenne » (MW)	1 440	23	180	39
Coût de construction (M€)	8 000	150	2 700	300
Investissement/« MW moyen » (€/MW)	6	7	15	8
Durée de vie (années)	50	20	20	20
Productible total (TWh)	631	4	32	7
Investissement par MWh produit (€/MWh)	13	37	86	44

Note de lecture :

- l'investissement nécessaire pour disposer d'une puissance moyenne de 1 MW va de 6 M€ pour le nucléaire à 15 M € pour l'éolien marin ;
- l'investissement nécessaire pour produire 1 MWh sur la durée de vie des équipements va de 13 € pour le nucléaire à 86 € pour l'éolien marin.

■ 3 La production en série des EPR devrait ramener l'investissement à 5 milliards d'euros.

Énergies fossiles

La décline du charbon se poursuivant, le défi consiste à transférer d'ici 2050 la moitié de la consommation de pétrole sur le gaz et sur l'électricité dont les consommations doivent doubler.

Les chiffres ci-dessous confirment que, pour réduire les émissions de CO₂, c'est surtout dans le secteur du transport que les efforts doivent porter, en développant les véhicules à gaz naturel et électriques. La moitié devrait être au gaz ou à l'électricité dans 35 ans, soit, en France, une montée progressive pour atteindre un million de nouvelles voitures de ce type par an à partir de 2035 (un tiers au gaz, deux tiers électriques). Dans ce contexte, la recherche puis l'exploitation du gaz de schiste en France est nécessaire pour améliorer 1) notre indépen-

dance énergétique, 2) notre balance commerciale et 3) notre expertise technologique. Malgré la chute du prix des hydrocarbures, notre commerce extérieur est toujours déficitaire de 50 milliards d'euros par an.

Nouvelles énergies renouvelables

La stratégie française doit être d'accentuer la recherche pour rendre compétitives les nouvelles énergies renouvelables, y compris le stockage de l'électricité. Il est aussi nécessaire de rester en veille sur leurs modes de production actuelle, pour être en position de les utiliser si des circonstances exceptionnelles (ex. : crise pétrolière) nous contraignaient à mettre en œuvre des modes de production peu efficaces mais faciles à industrialiser rapidement (ex. : éoliennes).

Utilisation des principales énergies finales en France en 2015 et 2050

En Mtep	Pétrole		Électricité		Gaz		Autres		Total	
	2015	2050	2015	2050	2015	2050	2015	2050	2015	2050
Transport	43	19	1	13	0	12	2	2	46	46
Résidentiel	7	3	14	18	11	16	11	11	43	48
Tertiaire	5	3	10	16	10	16	1	2	26	37
Industrie	3	5	10	12	10	15	7	8	30	40
Agriculture	3	2	1	1	0	0	1	1	5	4
Total	61	32	36	60	31	59	22	24	150	175

Source : Repères février 2016 et projection iFRAP.

III. Conclusion

La France est performante pour le niveau de consommation d'énergie par habitant, et un champion en termes d'émission de CO₂. Faute d'avoir pris en compte ce point de départ, nos gouvernements ont fait des promesses inconsidérées et conduisent notre politique énergétique dans une impasse. Comme souvent, l'objectif de prestige de l'organisateur, « Le succès de la COP21 », l'a emporté sur la défense légitime des intérêts de son pays. Depuis dix ans, la consommation d'énergie ne baisse pratiquement pas, alors que les pre-

miers gains sont les plus faciles à réaliser et que la France a subi une désindustrialisation très importante du fait des délocalisations. Un signal clair de l'ampleur des besoins de base (logement, travail, chauffage, loisirs) légitimes mais non satisfaits d'une grande partie de la population française. Ces promesses doivent être abandonnées, à moins d'accepter un « état d'urgence climatique », avec limitation de la surface des logements par personne, distribution de tickets de rationnement pour l'essence, attribution de bons

de kilomètres-voyages en avion, interdiction des climatiseurs et police de surveillance des températures dans les logements et bureaux. Certains en rêvent. Nous le refusons.

Un objectif de réduction de 30 % des émissions de CO₂ par rapport à 1990 nous mettra à égalité avec les principaux pays industrialisés. Il est déjà très ambitieux et implique un remplacement massif du charbon et du pétrole par le gaz, gaz de schiste produit en France de préférence, et un développement du nucléaire. Il suppose le maintien des investissements d'amélioration de l'efficacité énergétique, et une forte progression de l'utilisation de l'électricité et du gaz dans le transport, dans les logements et les bureaux⁴. En parallèle, la recherche sur des méthodes de production et de stockage de l'énergie et sur les réseaux digitalisés et décentralisés, doit être renforcée. Le déploiement de productions actuellement trop coûteuses (ex. : éolien marin) doit être gelé tant que la recherche n'a pas abouti à des progrès permettant de vendre leur production sans subvention ni obligation d'achat, et que les

moyens de stocker l'électricité n'ont pas atteint un stade industriel compétitif.

La plupart de ces nouvelles énergies ne requièrent pas de sauts technologiques extraordinaires dont seul l'État pourrait assumer les risques. Dans de nombreux secteurs, les entreprises investissent couramment des centaines de millions ou des milliards d'euros dans des projets auxquels elles croient vraiment (film, téléphone, console et jeux, voiture automobile, médicament...). Les tarifs garantis et les subventions massives conduisent à douter de la confiance des industriels qui développent ces nouvelles filières de l'énergie. Obéissent-ils simplement aux injonctions du gouvernement ou cherchent-ils juste à profiter de subventions ? La situation économique, sociale et financière de la France est très difficile. Comment accepter que des dizaines de milliards d'euros soient engloutis chaque année dans des technologies moins efficaces que les précédentes ? Le plan de transition énergétique de notre pays doit être entièrement repensé.

Propositions

Stratégie énergétique

- Fixer les objectifs de réduction d'émissions de CO₂ par personne en tenant compte du niveau actuel d'émission des pays ;
- Plafonner les prélèvements sur l'énergie au niveau de 2010 ;
- Être proactif face aux révolutions technologiques (ex. : stockage électricité) ;
- Favoriser le remplacement du charbon et du pétrole par le gaz ;
- Évaluer le potentiel français en gaz et pétrole de schiste. Expérimenter, exploiter.

Tactique énergétique

- Développer l'utilisation de l'électricité ;
- Renforcer le signal prix (mécanisme d'efface-

ment, compteur intelligent) ;

- Favoriser le chauffage individuel⁵.

Nucléaire

- Ouvrir le marché du nucléaire en France à de nouveaux constructeurs ;
- Mettre en production un réacteur équivalent EPR par an (puis trois à partir de 2028).

Nouvelles énergies renouvelables

- Publier les coûts complets de ces énergies ;
- Accentuer les recherches sur le photovoltaïque, l'hydrogène, la biomasse de seconde et troisième générations, le stockage, le nucléaire ;
- Supprimer les subventions et les tarifs d'achat garantis aux énergies renouvelables.

■ 4 Stratégie opposée à la quasi-interdiction actuelle du chauffage électrique et des cumulus.

■ 5 Les compteurs obligatoires par radiateur de chauffage central sont une solution coûteuse, peu précise, peu motivante, et source de conflits.

■ 6 France, portrait social, édition 2015, Insee.

Annexe A / Taxe carbone vs coût du plan français de transition

Valérie Rabault, députée socialiste, rapporteure générale à l'Assemblée nationale, a présenté en juillet 2016 *Le rapport d'information sur l'application des mesures fiscales* : en 2015, les ménages ont supporté 47,6 milliards d'euros de fiscalité écologique (les entreprises 14,5 milliards).

Évolution de la taxation écologique sur les ménages en Md € et en %

2007	2012	2015	Évolution taxation écologique 2007-2015	Évolution du pouvoir d'achat 2007-2015 ⁶
36	40,9	47,6	+ 32 %	- 1,4 %

Cette tendance s'accroît en 2016 (augmentation des taxes sur les carburants, poursuite du développement des énergies renouvelables) et s'aggrave fortement quand les centrales éoliennes marines seront en production. Contrairement à ce qui avait été annoncé (*pas d'écologie punitive !*), ces nouveaux prélèvements ne sont pas compensés par des baisses mais accroissent les revenus de l'État et des collectivités locales. Les TICPE/TICGN sur les carburants et le gaz vont rapporter 29,2 milliards d'euros en 2016, soit 4,78 milliards de plus qu'en 2014. La TICFE sur l'électricité (ex-CSPE) a rapporté 7,2 milliards d'euros en 2015.

Ce rapport traite des taxes effectivement perçues, mais pas des contraintes. Les entreprises pétrolières sont par exemple tenues d'intégrer 7 % d'agrocultures dans l'essence et le diesel. Ces produits plus coûteux et moins énergétiques que le pétrole entraînent un surcoût d'un milliard d'euros par an pour les automobilistes. D'autres mesures « climatiques » (ampoule basse consommation, réglementation thermique des logements, utilisation de sacs biodégradables, restrictions de circulation des véhicules de plus de 15 ans...) peuvent être souhaitables mais toutes réduisent le pouvoir d'achat des consommateurs. Valérie Rabault note que le montant total de ces prélèvements « climatiques » est voisin de celui de l'impôt sur le revenu (62,1 vs 69,3 milliards d'euros) ! Certaines de ces taxes sont masquées par la chute du prix du pétrole et du gaz, mais handicapent la France dans la compétition internationale, et conduiraient à une impasse si les prix de ces énergies revenaient à la hausse. La France s'impose donc déjà une taxe carbone multiforme considérable. Dans ce contexte, le projet d'alourdissement de la taxe carbone officielle (ou contribution énergie-climat) passée de 14,50 euros la tonne en 2015 à 22 euros en 2016, 56 euros en 2020 et 100 euros en 2030 n'est pas supportable.

Annexe B / Situation à l'étranger

Les prix payés par les consommateurs varient d'un pays à l'autre, surtout en fonction du niveau des taxes pour les combustibles fossiles et des modes de production pour l'électricité. Le faible coût de l'électricité en France et sa production avec des technologies nationales sont des atouts qu'il est essentiel de conserver. D'autres pays (Norvège, États-Unis, Canada, Pays du Golfe, Russie) possèdent des atouts naturels leur permettant de disposer d'énergie à des coûts très inférieurs aux nôtres, et sont donc très attractifs pour l'industrie, notamment chimique ou électro-intensive.

Politiques énergétiques des pays européens

L'Allemagne a entrepris en 2011 une transition énergétique radicale en s'engageant dans l'abandon du nucléaire et le développement des énergies renouvelables. Après cinq ans, les émissions de CO₂ stagnent, la production des centrales nucléaires arrêtées étant remplacée pour partie par celle des centrales à lignite et charbon produisant 42 % de l'électricité. Les centrales éoliennes, photovoltaïques et de biomasse remplaçant l'autre partie du nucléaire ont des coûts deux à quatre fois plus élevés que la production classique. Ce

Prix du litre d'essence en USD (2014)

	États-Unis	France	Allemagne	Suède	Royaume-Uni	Norvège
Particulier	0,76	1,79	1,80	1,82	1,92	2,27

Source : donnees.banquemondiale.org

Prix du MWh en USD

	Norvège	États-Unis	Suède	France	Royaume-Uni	Allemagne
Particulier	127	125	214	207	256	395
Industrie	55	70	80	126	157	179

Source: rapport IEA, Key world energy statistics 2015, p. 43.

Évolution de la consommation d'énergie d'ici 2040 (OCDE)

Afrique	Moyen-Orient	Asie	Amérique latine	Europe	États-Unis/Canada
+ 104 %	+ 95 %	+ 73 %	+ 53 %	+ 17 %	+ 14 %

■ 7 Une étude de l'Institut, Der deutschen Wirtschaft, effectuée pour le quotidien économique Handelsblatt montre que la transition énergétique coûte chaque année plus de 28 milliards d'euros aux consommateurs allemands.

■ 8 L'Espagne suspend ses aides aux énergies renouvelables, www.greenerivers.com

■ 9 Danemark : quand l'énergie renouvelable devient trop coûteuse, www.francetvinfo.fr

■ 10 Les évolutions du modèle énergétique britannique face aux enjeux géopolitiques internes, vertigo.revues.org

surcoût est estimé à 28 milliards d'euros par an pour les consommateurs⁷. L'adaptation du réseau de transport électrique nécessite des investissements en milliards d'euros par an. Enfin, la baisse de capitalisation des équivalents d'EDF (ex. EON, RWE) constitue déjà une destruction de valeur d'une cinquantaine de milliards d'euros.

L'Espagne⁸ a décidé dès 2012 de mettre un terme au déploiement massif de centrales éoliennes et solaires. Le Danemark⁹, qui possède deux des leaders mondiaux dans l'éolien, a annoncé ne plus construire de centrales éoliennes marines tant que les coûts de production sont prohibitifs. Pour les consommateurs, le prix de l'électricité y est 2,5 fois plus élevé qu'en France et les émissions de CO₂ par personne sont encore de 25 % supérieures à celles de notre pays. Le Royaume-Uni¹⁰ a une stratégie diversifiée : gaz, programme éolien important, et centrales nucléaires soutenues par les politiques et la population.

Désordre énergétique en Europe

L'interconnexion des systèmes électriques européens, très positive en général, entraîne des répercussions erratiques entre pays. En cas de surproduction par exemple en Allemagne ou en Espagne, les fournisseurs de ces pays, contraints d'acheter les MWh correspondants même s'ils n'en ont pas besoin, les revendent à des prix bradés, voire négatifs, par exemple en France. Un cas classique de *dumping* rendu possible par des subventions publiques élevées en amont. Résultat : baisse d'utilisation des centrales « de fond » françaises et fermeture des centrales « de pointe », souvent modernes et nécessaires pour compenser la production intermittente des nouvelles centrales. La solution ? D'autres subventions aux producteurs qui accepteront de conserver des capacités inutilisées mais prêtes à démarrer. Pour ces raisons, la Suisse, carrefour des échanges d'électricité, a renoncé à s'intégrer totalement dans le marché européen correspondant.

Annexe C / Consommation d'énergie

Industrie

La baisse de consommation d'énergie constatée dans l'industrie dans les années 1970 s'explique par les efforts d'économies réalisées à partir des chocs pétroliers. La baisse récente est due aux

délocalisations massives et à la chute de la production industrielle. À l'avenir, les gains seront de plus en plus coûteux à réaliser.

Un des buts des réformes proposées par l'iFRAP étant une réindustrialisation de la France, la

consommation d'énergie de ce secteur ré-augmentera de 1,2 % par an.

Transport

Depuis 2002, la consommation du secteur transport a baissé de 0,2 % par an malgré l'accroissement du nombre de véhicules particuliers. Une baisse qui s'explique par la crise économique, l'amélioration des performances techniques des véhicules, la hausse des prix des carburants et la forte augmentation de la part du diesel dans le parc : les voitures diesels consomment 15 % de moins que leurs équivalents à essence, et roulent en moyenne plus. Les voitures électriques consomment aussi de l'énergie mais leur rendement est meilleur. Le développement des transports en commun ou individuels légers ne réduit pas l'aspiration légitime à la mobilité individuelle dont bénéficient déjà les ménages aisés. Au total, l'abandon du diesel, la baisse du prix des carburants, l'augmentation du nombre de véhicules, les choix résidentiels des Français, l'amélioration du pouvoir d'achat et le plafonnement des progrès techniques conduiront au mieux à stabiliser la consommation de carburant.

Résidentiel

Le nombre de logements a augmenté de 24 millions en 1984 à 34 millions en 2014, soit une augmentation de 1,2 % par an. De son côté, la surface moyenne par personne des logements est passée de 31 m² en 1984 à 40 en 2010, avec 1,8 pièce par personne

contre 1,4 trente ans plus tôt. La construction prévue de 400 000 logements par an indique que cette tendance se poursuit.

La rénovation d'anciens logements privés entraîne une baisse moyenne de consommation de 10 % pour une dépense de 8 000 euros. Des organismes HLM investissent de 28 000 à 50 000 euros par logement : si la facture de 1 000 euros par an est réduite d'un tiers, il faudrait souvent plus d'un siècle pour « rentabiliser » ces travaux. Les propriétaires n'investiront donc pas massivement dans ces travaux. Chaque année, les économies d'énergie réalisées dans les 300 000 anciens compenseront difficilement la consommation des 400 000 nouveaux logements. Il est étonnant de proposer de contourner ces surcoûts soit par la contrainte soit par des subventions publiques massives : dans tous les cas ces dépenses resteraient souvent de mauvais placements. La stabilité de la consommation d'énergie du secteur résidentiel suppose déjà des efforts considérables.

Tertiaire

La situation dans le tertiaire est particulière avec une croissance des surfaces utilisées variant de 1,1 à 2,1 % par an de 1980 à 2010. La croissance économique et la tertiarisation de l'économie conduiront à une augmentation du nombre de personnes employées dans ce secteur de trois à quatre millions d'ici 2050. La consommation du tertiaire augmentera moins rapidement que sur la période précédente, mais de 0,9 % par an.

Annexe D / Sources d'énergie

Sur le plan de l'indépendance énergétique, la situation de la France est relativement bonne pour un pays qui n'exploite plus d'énergie fossile.

Hydraulique

L'électricité produite par les barrages présente tous les avantages : capacité de stockage, flexibilité, absence d'émission de CO₂, faible coût du MWh, production en France... En

2015, l'hydraulique a fourni 10 % de l'énergie électrique produite soit deux fois plus que l'éolien et le photovoltaïque réunis. Les sites favorables étant déjà largement équipés, l'augmentation de la production se fera surtout en optimisant leur performance. L'ouverture de la gestion des barrages à la concurrence permettrait de relancer les initiatives dans ce domaine.

Taux d'indépendance énergétique

Production d'énergie primaire, en France, en Mtep, non corrigée des variations climatiques					
	1973	1990	2002	2012	2014
Production primaire totale en mtep	43,5	111,2	135,5	136,1	139,1
Électricité primaire	8	86,8	119,6	118	121,6
Nucléaire	3,8	81,7	113,8	110,9	113,7
Hydraulique, éolien, PV	4,1	5	5,7	7,1	7,8
Énergie renouvelable thermique et déchets	9,8	10,7	10,9	16,3	16,3
Pétrole	2,2	3,5	2,4	1,2	1,2
Gaz naturel	6,3	2,5	1,4	0,5	0
Charbon	17,3	7,7	1,2	0,1	0,1
Taux d'indépendance en % (axe de droite)	23,9	49,5	50,8	52,6	55,8

Source : Calculs SoeS, bilan énergétique de la France pour 2014.

Nucléaire

Le nucléaire fournit 75 % de l'électricité consommée en France, tout en étant produite dans notre pays à des coûts faibles. Le débat sur cette technologie étant récurrent, il est justifié d'examiner quel est son avenir, dans le monde et en France.

Depuis le pic des années 70 lié aux chocs pétroliers, le nombre de réacteurs mis en chantier dans le monde a fortement chuté. À partir de 2000, de nouvelles centrales ont été mises en chantier, principalement dans les nouveaux pays industrialisés. En 2016, 437 réacteurs sont en production et 68 en construction. D'après l'Agence internationale de l'Énergie atomique (AIEA), 41 pays se sont déclarés « intéressés » par l'énergie nucléaire, un statut très variable suivant les cas.

Dans le monde, cinq à huit entreprises¹¹, de six pays industrialisés sont reconnues capables de développer et de construire des centrales nucléaires performantes.

En France, malgré une performance remarquable pendant 40 ans, la situation de monopole d'EDF sur le nucléaire a entretenu la méfiance sur son véritable coût et sur les données de sécurité. Un problème inévitable quand ni les citoyens ni des action-

naires diversifiés ne disposent de moyens de comparaison entre plusieurs offres. Sur le plan technique, ne disposer que d'une seule famille de réacteurs augmente le risque que poserait un problème commun à toutes les centrales. Le Royaume-Uni a fait le choix de la diversité.

Les délais et le coût des EPR de Flamanville et de Finlande¹² ont jeté la suspicion sur l'EPR et sur EDF. Quatre explications sont possibles : 1) perte de compétence liée à l'absence de construction de réacteur pendant 10 ans, 2) complexité du design du réacteur EPR réalisé conjointement par Areva et Siemens, 3) nominations politiques de dirigeants d'EDF, 4) autosatisfaction complaisante des personnels.

Il est par contre exclu que la France n'ait pas la capacité de construire à nouveau des réacteurs de façon industrielle.

Développements futurs

Les recherches sur le nucléaire sont actives dans une vingtaine de pays. Les améliorations sur les réacteurs existants ou en construction portent majoritairement sur la sécurité, mais aussi sur la flexibilité de leur niveau de production. Plusieurs pays travaillent sur les réacteurs à neutrons rapides (ou surgénérateurs) : un réacteur de ce type

■ 11 EDF/Areva - Kepco/KHNP - Rosatom - Westinghouse/ Toshiba, Candu, Mitsubishi, SNPTC.

■ 12 La construction des deux EPR chinois se déroule comme prévu jusqu'à présent.

Parc nucléaire mondial (production d'électricité)

	USA	France	Japon	Russie	Chine	Corée	Inde	Canada
Existants	99	58	48	16	20	23	21	19
En construction	5	1	4	9	25	4	6	0

Source : Connaissance des énergies, Nuclear energy, technology round-up, NEA – IEA, 2015.

est en production en Russie et en Inde. Des études sont poursuivies en France avec de très nombreux partenaires étrangers (réacteur Astrid). Ce type de réacteur ne semble pas devoir être exploité industriellement avant une cinquantaine d'années.

À plus long terme, un consortium international (35 nations) développe à Cadarache un modèle de centrale nucléaire à fusion (Iter), technologie qui rendrait l'énergie inépuisable si elle était maîtrisée à des coûts acceptables. Malgré les quinze à vingt milliards d'euros de ce projet, il ne s'agit encore que d'un préprototype, qui pourrait commencer à être testé après 2025, et ne pourra pas déboucher sur une application industrielle avant un siècle.

Des recherches sont menées, souvent financées par les investisseurs privés, pour développer de « petites centrales nucléaires » à fission ou à fusion. On ne peut que se réjouir de voir de nouvelles équipes, tenter de « prendre le problème autrement ». Cette démarche a réussi dans le décryptage du génome ou le lancement de fusées spatiales. Le stockage ou la destruction des déchets radioactifs est un des problèmes qui handicapent l'énergie nucléaire. Le stockage sous terre, dans des couches très profondes, appliqué en Finlande, Suède et bientôt de façon réversible en France, semble une solution coûteuse mais acceptable. La réduction de la radioactivité de ces sous-produits ou leur réutilisation dans des centrales à neutrons rapides sont des pistes complémentaires qui devraient pouvoir réduire sensiblement le volume des déchets restants. Le coût de ce stockage (4 euros par MWh produit) ou retraitement, comme celui du démantèlement des centrales nucléaires en

fin de vie, est très élevé mais relativement bien compris et de haute valeur ajoutée pour les emplois français. Il doit être comparé aux surcoûts des autres énergies, moins frappants parce que répartis en de nombreux points du territoire et payés chaque année par les consommateurs.

Éolien

L'éolien terrestre est une technologie mature où aucun progrès technologique majeur n'est attendu. Dans des mers peu profondes (5-15 mètres) l'éolien marin s'apparente à l'éolien terrestre, mis à part les problèmes de corrosion. Dans des mers profondes (30-50 mètres) les problèmes d'ancrage au sol et de maintenance sont beaucoup plus complexes. Le Danemark, le Royaume-Uni et l'Allemagne ont déjà installé de nombreuses éoliennes marines mais surtout dans des mers peu profondes. En France les éoliennes prévues sont situées loin des côtes, et les prix d'achat acceptés par les gouvernements pour 20 ans sont de 200-220 euros par MWh. Les éoliennes flottantes, qui limiteraient le problème de leur ancrage au sol, semblaient une piste à explorer. Mais pour les contrats attribués par le gouvernement, non seulement le prix d'achat de leur production est de 200 à 250 euros par MWh, mais complété par une subvention d'au moins 150 millions d'euros.

Hydrolien, houlomotrice, autres

L'exploitation de l'énergie des courants ou des vagues est dans une phase encore plus préliminaire. Il serait raisonnable de ne pas lancer des projets de grande ampleur tant qu'aucun retour d'expérience positif n'est disponible.

Solaire

Deux technologies sont en compétition, le photovoltaïque et les miroirs. Avec la chute du coût des cellules la première technologie a beaucoup amélioré sa performance, mais cette partie électronique représente moins de la moitié du coût des centrales. Le reste des installations (terrains, supports, équipements électriques, main-d'œuvre) reste au contraire stable ou en augmentation¹³. La seconde technologie à concentration a peut-être des débouchés dans des pays en voie de développement. Mais l'espagnol Abengoa leader du secteur a fait faillite, et Areva a fermé sa branche spécialisée après 300 millions de pertes.

Biomasse : combustible, méthanisation, agrocarburant

L'énergie produite par la transformation de déchets urbains ou agricoles en gaz ou électricité doit être achetée au prix de 112 à 170 euros par MWh. Cette source d'énergie a l'avantage de traiter des déchets et de ne pas être intermittente. Le rendement des méthaniseurs installés en France est généralement très inférieur aux prévisions. La plupart des nombreux méthaniseurs allemands fonctionnent en fait largement avec du maïs et d'autres céréales. Une politique qui s'apparente à un système de subventions aux agriculteurs.

La biomasse combustible, notamment à travers le bois de chauffage, représente depuis longtemps la seconde source d'énergie renouvelable. Le prix d'achat est fixé de 120 à 170 euros par MWh.

Les doutes sur la valeur écologique des agrocarburants produits à partir de céréales, de colza ou de betteraves qui occupent 400 000 hectares en France, ont conduit à limiter leur taux d'inclusion. Des recherches sont menées pour ceux de seconde génération produisant des carburants à partir des déchets agricoles (ex. : paille) et non plus à partir des graines. Ceux de troisième génération utiliseraient des micro-algues. Ces recherches ne devraient pas aboutir à des produits rentables avant 20 et 50 ans.

Géothermie

Le tarif pour la chaleur produite par géothermie est fixé entre 200 et 280 euros le MWh. Après une forte baisse de la production de 1990 à 2010, ce niveau de subvention a relancé cette énergie.

Énergies fossiles

Des réserves de charbon, pétrole et gaz ne sont pas infinies mais ces énergies largement interchangeables pourront être produites au niveau actuel pendant au moins cent à deux cents ans. Selon Enerdata, la part des énergies fossiles dans le monde passerait de 80 à 70 % du mix énergétique en 2040.

Aux États-Unis le gaz de schiste représente la moitié de la production de gaz naturel du pays, et, d'après l'US Energy information administration, sa production devrait doubler d'ici 2040. En 2016, le Canada et la Chine produisent aussi du gaz de schiste, ce dernier pays disposant de réserves très importantes. Le Royaume-Uni et l'Allemagne ont autorisé au moins des travaux d'évaluation de leur potentiel. L'Argentine, l'Algérie et le Mexique ont des plans de production. En France, ne pas vouloir savoir les ressources que renferme notre sous-sol est une attitude stupéfiante pour le pays qui, il y a 50 ans, réussissait à exploiter un gaz de Lacq bien plus difficile à extraire.

Stockage de l'électricité

La question du stockage de l'électricité produite est critique. De nombreuses techniques existent déjà (eau remontée en altitude, batteries, rotor, hydrogène, air comprimé, sels fondus...) et de nombreuses autres sont imaginées. Seule la première (Step - Stations de transfert d'énergie par pompage) est performante à grande échelle, mais les sites favorables sont déjà utilisés. Les recherches sur les batteries sont massives dans le monde pour les voitures électriques et les progrès réels, mais aucun saut technologique décisif n'est en vue dans cette technologie chimique. La filière électricité-hydrogène-pile à combustible-électricité, est prometteuse mais les coûts actuels sont prohibitifs.

■ 13 Les coûts de production sont beaucoup plus faibles dans certains sites étrangers disposant à la fois de terrains et de soleil abondants (Chili, Sahara, Dubaï, Nevada...) : 29,10 €/MWh au Chili pour 2021.