

**QUELS COUTS COMPARATIFS POUR UNE SORTIE DU NUCLEAIRE EN 20 ANS
ET UN SCENARIO DE POURSUITE DU NUCLEAIRE
COMME LE SCENARIO DGEC¹?**

Benjamin Dessus – 8 décembre 2011

*

Sommaire

INTRODUCTION	2
1 - LA FACTURE ELECTRIQUE EN 2031	3
1.1 LES COUTS DE PRODUCTION D'ELECTRICITE.....	3
1.2 LES COUTS DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE.....	4
1.3 LE COUT DES ECONOMIES D'ELECTRICITE.....	4
2 - LA QUESTION DES INVESTISSEMENTS A CONSENTIR.....	6
2.1 LES INVESTISSEMENTS DE PRODUCTION ELECTRIQUE	6
2.2 LES INVESTISSEMENTS D'ECONOMIE D'ELECTRICITE	7
2.3 INVESTISSEMENTS DU RESEAU.....	7
3 - ELEMENTS DE CONCLUSION.....	8

¹ DGEC : Direction générale de l'énergie et du climat.

INTRODUCTION

Pour évaluer les coûts de cette sortie du nucléaire à 2031, il faut évidemment établir une comparaison avec un scénario de référence sans sortie du nucléaire.

Dans une première analyse, on se propose de comparer le scénario DGEC au scénario de sortie du nucléaire à l'allemande, décrit dans la note « Sortir du nucléaire à l'allemande » (voir global-chance.org). Tous les calculs de la présente note sont effectués avec un taux d'actualisation de 8%.

Tableau 1 : Productions d'électricité nécessaires en 2031 pour la consommation intérieure de la France des deux scénarios

TWh	DGEC	Sortie du Nucléaire
Thermique classique	27	70
Nucléaire	360	0
Hydraulique	66	70
Eolien terrestre	41	80
Eolien offshore	20	30
Photovoltaïque	0	50
Biomasse	9	40
TOTAL	523*	340

**Hors exportation d'électricité*

Méthodologie proposée

- Dans un premier temps, on fait l'hypothèse d'une même durée de vie des centrales nucléaires dans les deux scénarios (33 ans en moyenne). Dans le scénario DGEC on fait donc l'hypothèse d'un remplacement des centrales qu'on arrête par des EPR au fur et à mesure des besoins de remplacement.
- Comme l'exercice consiste à évaluer la différence de coût des deux scénarios, seuls les éléments différents des deux scénarios sont pris en compte. C'est ainsi par exemple que le démantèlement du parc existant, commun aux deux scénarios, n'est pas chiffré. Par contre les démantèlements des EPR supplémentaires sont pris en compte.
- L'exercice distingue nettement les coûts globaux de production, transport et distribution d'électricité à un horizon donné (2031) des deux scénarios, et les coûts d'investissement cumulés des mêmes scénarios (outils de production, investissements d'économie d'électricité, investissements de réseau, etc.)

1 - LA FACTURE ELECTRIQUE EN 2031

1.1 Les coûts de production d'électricité.

On se propose de chiffrer la facture globale d'électricité des besoins d'électricité de la France en 2031 dans les deux scénarios.

On indique ci-dessous, sous forme de tableau, les fourchettes de coût de production des différentes filières retenues.

Tableau 2 : Fourchettes de coûts retenus pour les différentes filières de production électrique en 2031

€/ MWh	2009	2031
Thermique classique	60	105 -150
Nucléaire	40	80 -105*
Hydraulique	30	30
Eolien terrestre	80	80
Eolien offshore	180	120 - 180
Photovoltaïque	300	100 - 150
Biomasse	150	80 - 100

* Ce coût comprend les coûts de démantèlement, les coûts d'assurance contre un risque d'accident majeur et les coûts de stockage des déchets de l'EPR.

Tableau 3 : Facture de production 2031 des deux scénarios

Millions d'euros	2009	2031 - DGEC		2031 - Sortie du nucléaire	
		Haute	Basse	Haute	Basse
<i>Hypothèses de coût</i>					
<i>Thermique classique</i>	4500	4050	2835	10500	7350
<i>Nucléaire</i>	14600	37800	28800	0	0
<i>Hydraulique</i>	1860	1980	1980	2100	2100
<i>Eolien terrestre</i>	640	3280	3280	6400	6400
<i>Eolien offshore</i>	0	3600	3000	5400	3600
<i>Photovoltaïque</i>	0	0	0	7500	5000
<i>Biomasse</i>	900	900	720	4000	3200
Total coût Production	22500	51610	40615	35900	27650
Prix moyen/MWh	43,6	99	78	106	81

Dans tous les cas, la facture de **production d'électricité** globale de la France augmente sensiblement par rapport à 2009 : de 95% à 140% dans le scénario DGEC, de 23% à 60% dans le scénario sortie du nucléaire.

La facture globale de production française d'électricité est nettement plus forte en 2031 pour le scénario DGEC que pour le scénario « Sortie du nucléaire » : + 47% pour le bas de la fourchette, + 43% pour le haut de la fourchette.

Par contre, le coût de production au MWh reste du même ordre de grandeur dans les deux scénarios, en augmentation d'un facteur de l'ordre de deux par rapport à 2009.

1.2 Les coûts de transport et de distribution de l'électricité

Pour comparer les coûts hors taxe pour l'utilisateur, il faut y ajouter les coûts de transport et de distribution d'électricité. Ils sont évalués par A. Grandjean à 42 €/MWh en 2009. Il propose d'adopter un coût futur de 52 €/MWh pour le scénario de poursuite du nucléaire et de 57 €/MWh pour le scénario « Sortie du nucléaire », cette différence étant justifiée par le renforcement nécessaire du réseau en cas de production décentralisée. On constate sur le tableau 4 que malgré le surcoût au MWh de 5€ adopté dans le scénario « Sortie du nucléaire », le coût total de transport et distribution est plus faible dans ce scénario que dans le scénario DGEC. On reviendra sur cette question plus loin dans le paragraphe consacré à l'investissement.

Si on adopte ces règles, on obtient les résultats suivants :

Tableau 4 : Facture hors taxe 2031 des deux scénarios pour l'ensemble des usagers

Milliards €	2009	2031	
		DGEC	Sorte du nucléaire
Production	22,500	40,6 - 51,6	27,6 - 35,9
Transport et distribution	21,672	27,2	19,380
Total	44,172	67,8- 78,8	47,0 - 55,3
€/ MWh hors taxes	92,8	130 - 151	162-186

Le coût du kWh (hors taxes) pour l'utilisateur moyen sera 20% plus élevé dans le scénario sortie du nucléaire que dans le scénario DGEC mais la facture annuelle de production est plus élevée de 50% dans le scénario DGEC que dans le scénario « Sortie du nucléaire ».

1.3 Le coût des économies d'électricité

Il faut être cependant conscient que le scénario « Sortie du nucléaire » suppose une politique ambitieuse d'économie d'électricité qui n'est évidemment pas gratuite.

Il est donc nécessaire d'évaluer le coût annuel, pour les usagers, de l'amortissement des investissements qu'ils seront amenés à consentir pour économiser 163 TWh d'électricité.

Pour approcher le coût d'investissement d'une réduction de consommation d'électricité de chauffage, il paraît judicieux, plutôt que d'estimer le coût de mesures d'isolation des logements, d'estimer le coût d'une pompe à chaleur de COP 2 à 3 en moyenne sur l'année qui réduit la consommation dans ces mêmes proportions la consommation d'électricité.

Sur la base d'un coût d'investissement de 3000 à 4000 euros/kW (installation comprise) on obtient un coût du kWh évité entre 10 et 15 ct€.

Mais le plus gros potentiel d'économies d'électricité se situe dans le domaine de l'électricité spécifique, la plupart du temps pour des coûts d'investissement par kWh économisé beaucoup plus faibles que pour les applications thermiques et qui conduisent à un remboursement de l'investissement par les économies d'électricité en 2 à 5 ans.

Donnons en deux exemples :

Si on prend des lampes économes de 20 watts, qui permettent d'économiser 80 Watts pendant 1000 heures par an et une durée de vie de 10 ans, l'économie actualisée d'électricité à 8% sur 10 ans est de 580 kWh pour un surinvestissement de l'ordre de 10 € et un coût de l'ordre de **1,5 ct€ le kWh évité** (sans même compter que les lampes à incandescence auront besoin d'être changées 5 à 10 fois pendant la même période de 10 ans.).

Pour le froid alimentaire, un surcoût d'investissement de 100 euros permet d'accéder à la catégorie A ++ des réfrigérateurs et d'économiser de l'ordre de 100 kWh/ an pendant 20 ans et un coût de l'ordre de 8 ct€/ par kWh.

En première analyse on peut donc chiffrer autour de 10 à 15ct€ les coûts au kWh évité dans les usages thermiques et à moins de 6ct€ les coûts au kWh évité dans les usages spécifiques de l'électricité pour le résidentiel tertiaire. Pour les applications industrielles l'imposition d'un temps de retour inférieur à 5 ans dans les conditions actuelles de coût hors taxe de l'électricité impose des coûts d'investissement inférieurs à 0,35 € d'investissement par kWh évité (coût actuel de 7ct€ par kWh pour l'industrie en moyenne) et des coûts évités de l'ordre de 5ct€ par kWh (7,2 kWh sur 10 ans à 8% de taux d'actualisation).

On trouvera une série d'autres exemples dans l'étude « Analyse prospective du bilan énergétique français, le potentiel de MDE » (ICE 2009).

Globalement on peut donc dresser le tableau suivant :

Tableau 5 : coûts annuels d'économie d'électricité du scénario « Sortie du nucléaire » en 2031

Potentiels d'économie	Résidentiel Tertiaire TWh	Coût unitaire ct/kWh	Total Res-tert G€	Industrie TWh	Coût unitaire ct/kWh	Total Indust G€	Total G€
Electricité thermique	70	12	8,4				8,4
Elec spécifique	65	6ct€	3,9	28	5ct€	1,45	5,35
TOTAL							13,8

Un coût de l'ordre de 14 milliards € par an qui s'ajoute à la facture globale du scénario « Sortie du nucléaire » et la porte à des valeurs de 55,1 à 63, 4 milliards € par an en 2030 (voir tableau ci-dessous).

Tableau 6 : Facture annuelle d'électricité globale des deux scénarios en 2031

Milliards €	2009	2031	
		DGEC	Sortie du nucléaire
Production	22,500	40,6 - 51,6	27,6 - 35,9
Transport et distribution	21,672	27,2	19,4
Economies d'électricité		0	13,8
Facture globale	44,172	67,8 - 78,8	60,8 - 69,1

La facture annuelle du scénario de sortie du nucléaire (61 à 69 G€) reste assez sensiblement inférieure à celle du scénario DGEC de 68 à 79 milliards €. Le gain financier pour l'utilisateur se situe encore autour de 12 à 14%.

Analyse de sensibilité aux hypothèses :

Si le coût du nucléaire tombait à **60 €/MWh** (démantèlement, stockage et assurance compris), la facture globale de DGEC tomberait à 63 Milliards €, dans la fourchette des valeurs du scénario sortie du nucléaire.

Il faudrait par contre que les économies d'énergie coûtent en moyenne 70% plus que prévu pour que la facture du scénario sortie atteigne le coût du scénario DGEC.

Nota. L'une des questions qui vient à l'esprit est celle d'un scénario « DGEC nucléaire » associé à un programme ambitieux d'économie d'électricité. Ce scénario est très invraisemblable car il mêle une politique hyper-centralisatrice (le nucléaire) fondée sur

l'existence d'un quasi-monopole avec une politique d'économies d'électricité entièrement fondée sur l'initiative locale avec des conséquences importantes sur l'architecture du réseau lui-même. Les 20 dernières années en France montrent d'ailleurs l'antinomie entre ces deux politiques. En supposant néanmoins qu'il soit possible de bâtir un scénario « DGEC nucléaire » à 350 TWh en 2030² (234 de nucléaire, 70 d'hydraulique, 10 d'éolien, 30 de thermique fossile, 6 de biomasse) l'évaluation économique conduit à une facture annuelle comprise entre 52,4 à 56,8 G€. Des chiffres à comparer à ceux de la Sortie du nucléaire, respectivement 55 et 63.

2 - LA QUESTION DES INVESTISSEMENTS A CONSENTIR

2.1 Les investissements de production électrique

Le tableau ci-dessous fournit les hypothèses de coût d'investissement et les facteurs de charge des filières retenues.

Tableau 7 : Hypothèses de facteurs de charge et de coût des filières de production en 2031

	Hyp haute		Hypbasse	
	TWh/GW	G€/GW	TWh/GW	G€/GW
Thermique classique	2,5	0,63	2,5	0,63
Nucléaire	6	5	6	4
Hydraulique	/	/	/	/
Eolien terrestre	2,6	1,35	2,6	1,35
Eolien offshore	3	3,5	3	2,3
Photovoltaïque	1,2	2	1,2	1,4
Biomasse	5,5	0,5	5,5	0,5

Tableau 8 : Dépenses d'investissements cumulées d'ici 2031 en milliards d'€ du scénario « Sortie du nucléaire » et du scénario DGEC

Milliards d'€	Hypothèse haute		Hypothèse basse	
	I DGEC	I SORTIE	I DGEC	I SORTIE
Thermique classique	6,8	17,6	6,8	17,6
Nucléaire	300,0	0,0	240,0	0,0
Hydraulique	52,8	56,0	39,6	42,0
Eolien terrestre	20,8	41,5	20,8	41,5
Eolien offshore	24,5	35,0	16,1	23,0
Photovoltaïque	0,0	83,3	0,0	58,3
Biomasse	0,8	3,6	0,8	3,6
TOTAL	405,7	237,1	324,1	186,1

² 10 TWh supplémentaires sont en effet nécessaires pour assurer la fabrication et la gestion du combustible nucléaire et l'autoconsommation des centrales

Dans tous les cas l'investissement de production cumulé du scénario DGEC est nettement plus élevé que celui à réaliser pour le scénario « Sortie du nucléaire ».³

Mais ce premier calcul ne comporte pas le cumul des investissements nécessaires aux économies d'électricité du scénario « Sortie du nucléaire ».

2.2 Les investissements d'économie d'électricité.

A partir des données précédentes on peut estimer les investissements cumulés d'économie d'électricité aux valeurs du tableau suivant :

Tableau 9 : Cumul en 2030 des investissements d'économie d'électricité du scénario « Sortir du nucléaire »

Potentiels d'économie	GWh	I par kWh	I total G€
Electricité thermique	70	1-1,4€ moyenne 1,2	84
Elec spécifique residtert	65	0,5€	32,5
Elec industrie	27	0,35€	9,45
Total milliards €			125,95

**ampoule basse consommation remplacée deux fois avant 2030*

Le cumul des investissements est donc de l'ordre de 126 G€ qu'il convient d'ajouter aux investissements de production du scénario « Sortie du nucléaire ».

2.3 Investissements du réseau

Quand on aborde la question des investissements des systèmes électriques, on oublie assez systématiquement d'aborder la question des investissements de réseau qui représentent pourtant une part importante de l'investissement du système électrique. En 2000 le rapport Charpin-Dessus-Pellat⁴ estimait l'investissement cumulé des 20 années précédentes à 80 milliards d'euros : 6 milliards pour le réseau haute tension, 12 milliards pour le réseau moyenne tension et 62 pour le réseau de distribution (entre 20kV et 400 volts). Un investissement moyen annuel de l'ordre de 4 milliards d'euros sur la période.

En 2010, RTE (réseau de transport) a investi environ 1 G€ et ERDF (répartition et distribution) 2,5 G€. Pour chacun la croissance des investissements est de l'ordre de 15 % par an : ERDF prévoit 3,75 G€ en 2012. Mais cette croissance correspond à un rattrapage après une période d'une dizaine d'années de sous-investissement. Mais cette prévision de croissance des investissements tient compte aussi des évolutions technologiques (smart grids) et des contraintes liées aux renouvelables. Ainsi, RTE dit *"Pour être en mesure d'intégrer 20 GW d'éolien, en 10 ans l'investissement supplémentaire serait de 1 milliard d'euros, donc 100 millions d'euros par an"*.

³On peut appréhender le coût d'une stratégie alternative où les réacteurs du parc existant ne sont globalement arrêtés qu'au bout de 43 ans par exemple en moyenne. Dans ce cas, il faut réaliser des investissements de jouvence pour l'ensemble des réacteurs existants, dont 45 GW seront néanmoins obsolètes en 2031 et investir 45 GW de réacteurs nucléaires EPR. Si on fait l'hypothèse d'un coût de 0,5 à 1 G euro/ GW, l'investissement de jouvence (33 ans à 43 ans) atteint 31 à 62 G€. Par contre on économisera l'investissement de 17 GW d'EPR, soit une économie de 68 à 85 G€. L'économie d'investissement se situe dans une fourchette de 37 à 23 G€ ce qui ne change pas l'ordre de mérite constaté dans le tableau 8.

⁴ « Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire » JM Charpin, B Dessus, R Pellat, Rapport au premier ministre, La documentation française 2000

Sur ces bases, on peut donner une première idée des coûts d'investissement cumulés des deux scénarios, l'investissement total ayant été de 3,5 G€ en 2010.

En supposant une croissance moyenne de 5% par an pendant 20 ans (ce qui sur le long terme est considérable puisqu'il conduit à une dépense de 9,3 G€) l'investissement total sur la période atteint 128 G€ pour un réseau capable de gérer la consommation d'électricité de 520 TWh du scénario DGEC. Avec l'hypothèse d'un surcoût de 10% sur le modèle proposé par RTE pour l'éolien, mais élargi au système complet de transport et de distribution, l'investissement cumulé du scénario « sortie du nucléaire » atteindrait 141 G€ (en faisant l'hypothèse conservatrice d'un coût d'investissement indépendant de la consommation d'électricité).

La récapitulation des dépenses d'investissement cumulé des deux scénarios en 2031 est résumée dans le tableau ci dessous.

Tableau 10 : Cumul des investissements des scénarios en 2031 (milliards d'€)

Milliards d'€ (G€)	Scénario Sortie du nucléaire	Scénario DGEC
Investissement de production	186- 237	324- 406
Investissement d'économie d'électricité	125	0
Investissement de réseau	141	128
Total investissement	451,5- 503	457-546

Le scénario sortie du nucléaire présente des investissements cumulés inférieurs à ceux du scénario DGEC.

3 - ELEMENTS DE CONCLUSION

Malgré le caractère grossier des évaluations ci-dessus on peut dégager quelques conclusions provisoires de l'exercice précédent :

1. Une sortie du nucléaire en 20 ans semble envisageable si elle est fondée sur un programme ambitieux et pérenne d'économie d'électricité et de promotion de l'électricité renouvelable. Elle impose un effort important de redistribution entre les français et des politiques incitatives fortes à la sobriété d'achat et de comportement en même temps qu'une politique industrielle centrée sur l'efficacité des outils et les énergies renouvelables.

Cette politique apparaît comme moins onéreuse pour la collectivité et les usagers. Elle se traduit par des coûts au kWh électrique plus importants de 20% dans un scénario de sortie du nucléaire, mais par une réduction d'au moins 10% de la facture annuelle des ménages et des entreprises.

Enfin les investissements à consentir sur la période 2010-2031 pour le scénario « sortie du nucléaire » sont inférieurs à ceux du scénario DGEC même en investissant assez massivement dans des centrales à gaz (30GW) pour assurer la sécurité de fourniture d'électricité en cas d'aléa climatique majeur⁵.

2. L'étude montre d'autre part la nécessité d'un approfondissement des questions d'économies d'électricité, dont le potentiel est généralement négligé et dont les coûts sont mal cernés, et des questions de réseau très généralement passées sous silence malgré leur poids, à la fois dans les prix au kWh (>30%) pour l'utilisateur et dans les coûts d'investissement collectif (de l'ordre de 20 à 30%).

⁵ Le cumul des puissances garanties des centrales thermiques, des centrales à biomasse et d'une partie de l'hydraulique est alors de 62 GW.