

**Le scénario de production d'électricité sûr et économe
comparé à un scénario « 50% nucléaire »**

Avec les hypothèses retenues ici (un coût de l'éolien et du photovoltaïque plutôt bas, des dépenses post Fukushima plutôt hautes), le scénario « sûr et économe » conduit à dépenser chaque année huit milliards de moins que les scénario « 50% nucléaire ».

Toutes les hypothèses et tous les résultats sont donnés en annexe à cette note, et je mets à disposition les moyens permettant à chacun de vérifier l'exactitude du raisonnement et des calculs.

- On ne peut raisonner qu'en comparant.
- Pour bien raisonner, il faut donc avoir les moyens de comparer
- Pour débattre avec quelqu'un, il vaut mieux connaître et comprendre les moyens qu'il utilise.

C'est pourquoi j'ai rédigé ce « point de vue ».

Je propose ici un scénario qui est sûr et économe. Je le compare à un scénario qui limite le nucléaire à 50% de la consommation.

Et je mets à la disposition générale tous les moyens de me dire où je me serais trompé : sur le site du débat sur la PPE, le « point de vue » N°9 donne accès à l'article paru dans la Revue de l'énergie où je décris le modèle de simulation publié sur internet pour permettre à chacun de faire son propre scénario en introduisant ses propres hypothèses de capacité, d'efficacité et de coût des différents moyens de production et de stockage d'électricité.

Par exemple ce modèle de simulation réplique bien les scénarios de RTE, Volt, Ampère et les autres, et permet de répondre à des questions telles que celles-ci : et si éolien et photovoltaïque coûtent plus cher ? Et si la consommation d'électricité augmente au lieu de diminuer (comme le suppose RTE) ? Et si les exportations ne sont pas valorisées à 80 €/MWh (comme le suppose RTE) ? Et si la capacité des interconnexions est inférieure à ce que dit RTE ? Et si on ne pouvait pas importer 10 ou 20 GW en cas de grand froid sans vent ni soleil ? Et si on mettait plus de nucléaire et moins d'éoliennes que dans ces scénarios ? Etc.

Ici je compare deux scénarios : dans les deux, la consommation augmente de 10 % et la production à partir d'énergie fossile est de 24 TWh/an. Dans un cas, on limite la consommation d'électricité nucléaire à 50% ; dans l'autre on n'arrête aucun réacteur nucléaire tant qu'il est en bon état de marche : c'est le scénario « sûr et économe ». De plus, répondant à la ferme invitation de l'Autorité de sûreté nucléaire, on prévoit de pouvoir réagir si, pour une raison ou une autre, il faut mettre à l'arrêt dix réacteurs nucléaires.

Le scénario « sûr et économe »

Ce scénario est sûr :

- il se prépare à une hausse possible de la consommation d'électricité de 10 %. Si la hausse de la consommation est moindre, le parc de production français pourra exporter car l'électricité produite sera moins coûteuse que celle qui sera encore produite par des énergies fossiles ;
- la capacité de production garantie pourra répondre à la pointe de consommation, qui, historiquement, fut de 102 GW, même s'il n'y a ni vent ni soleil ;
- le scénario pare le risque de l'arrêt simultané et non programmé de 10 réacteurs nucléaires.

Ce scénario est économe

- Il tire pleinement parti des installations de production existantes aussi longtemps qu'elles sont en bon état de marche ; les éoliennes et le photovoltaïque existant nous coûtent cher, mais maintenant qu'ils sont installés, on ne va pas les arrêter.
- Il évite les redondances de capacités de production, qui sont nécessaires si l'on développe éolien et photovoltaïque.

Le scénario 50 % nucléaire

Il ressemble au scénario Volt de RTE avec quelques différences significatives, sur la consommation d'électricité et sur la capacité de production à partir de gaz.

La consommation d'électricité : tous les scénarios de RTE ont été bâtis avec l'hypothèse que la consommation d'électricité diminuera et avec une variante où elle resterait constante. Cela suppose dans le bâtiment une très forte baisse de consommation qui ne répond pas à une justification économique.

La capacité de production à partir de gaz : Volt prévoit seulement 9 GW. Or pour passer une pointe de consommation comme celle que l'on a connue en 2012 (102 GW) en l'absence de vent et de soleil, sans effacement de consommation même en supposant une baisse de consommation il faudrait 26 GW de capacité de production à partir de gaz. Il semblerait que RTE compte beaucoup trop sur les effacements de consommation et qu'il estime qu'il serait extrêmement improbable qu'il n'y ait ni vent ni soleil lorsqu'il fait très froid, tellement improbable qu'il est inutile de l'envisager. Et RTE ne dit pas comment réagir à l'arrêt non programmé de dix réacteurs nucléaires.

Les hypothèses et les résultats

Toutes les hypothèses sont données dans les tableaux en annexe. Voici les principales.

Les capacités de production :

Hypothèses communes aux deux scénarios : consommation finale : 506 TWh/an ; hydraulique : 60 TWh/an ; thermique renouvelable : 10 TWh/an ; production à partir de gaz en cogénération : 11 TWh./an. La capacité des Steps est comme aujourd'hui de 90 GWh. Pas de déplacement de consommation ni de batteries (il pourrait y en avoir, mais cela ne changerait pas la différence de dépenses entre les deux scénarios). La capacité des « interconnexions », qui permettent l'exportation, est de 20 GW.

Scénario « sûr et économe » : nucléaire : 65 GW ; éolien : 20 GW ; solaire : 10 GW (dont 70% sur toiture). Capacité de production à partir de gaz : 39,3 GW.

Scénario « 50% nucléaire » : nucléaire 53 GW ; éolien : 55 GW (seulement sur terre ; s'il y en a en mer le scénario sera plus coûteux) ; solaire : 55 GW (dont 70% sur toiture). Capacité de production à partir de gaz : 49,8 GW ; il faut en effet 10 GW de plus que dans le scénario « sûr et économe » pour remplacer les 12 GW nucléaires en moins pour les moments sans vent ni soleil.

Les coûts

Nous avons supposé que les coûts de l'éolien et du photovoltaïque seraient plutôt bas : pour l'éolien 63,3 €/MWh ; pour le photovoltaïque 109,5 €/MWh en toiture et 59 €/MWh au sol.

Pour prolonger les réacteurs existants jusqu'à 50 ou 60 ans : les dépenses à venir sont de 1500 €/kW, soit 100 milliards d'euros pour l'ensemble du parc. Ce montant n'inclut pas le coût du démantèlement puisque l'on veut comparer les dépenses des deux scénarios et que le démantèlement devra être fait de toute façon. Le coût de production ainsi calculé est de 42 €/MWh.

Les quantités produites, consommées, disponibles pour autre chose

		Scénario sûr et économe	« 50% nucléaire »
Possibilité de production nucléaire	TWh/an	455	371
Consommation d'électricité nucléaire	TWh/an	390	268
Possibilité de production éolienne et PV	TWh/an	56	187
Consommation éolienne et PV	TWh/an	56	176
Possibilité d'exportation	TWh/an	52	85

Les dépenses

Les dépenses d'investissement sont comptées en équivalents annuels avec un taux d'actualisation de 5 %.

Dans le scénario « 50% nucléaire », les dépenses de production nucléaire sont inférieures de 3,9 milliards par an à celles du scénario « sûr et économe ». Les dépenses en éolienne et photovoltaïque sont supérieures de 10 milliards d'euros par an et celles de production à partir de gaz de 0,9 milliard d'euros par an.

Au total *les dépenses de production* sont supérieures de 7 milliards d'euros par an.

Avec le scénario « 50 % nucléaire », la production intermittente (120 TWh de plus que dans le scénario « sûr et économe ») augmente *les dépenses de réseau* : il faut renforcer les lignes, les compléter et ajouter des équipements. Il est difficile de connaître ces dépenses. Nous retenons ici un coût de 10 €/MWh soit, dans le scénario « 50% nucléaire », 1,2 milliard d'euros par an de plus que dans le scénario « sûr et économe ».

Au total les dépenses annuelles du scénario « 50% nucléaire » seraient supérieures de 8,2 milliards d'euros à celles du scénario « sûr et économe ».

L'on n'a vu ici que les dépenses. Il y a d'autres effets. Le scénario 50% nucléaire demande que soient implantés 18 000 éoliennes et 700 kilomètres carré de panneaux photovoltaïques, qui seront les unes et les autres importés.

Addendum : Qu'en sera-t-il avec les réacteurs qui remplaceront les réacteurs existants ?

Il est sûr que les futurs EPR coûteront moins cher que celui de Flamanville ; de combien ? Des délais moins longs éviteront des frais financiers, les dépenses d'ingénierie sont déjà faites, l'industrie s'est organisée, deux réacteurs sur un même site coûtent moins que deux réacteurs isolés. Une baisse des coûts de 30% est vraisemblable.

Alors le scénario « sûr et économe » coûterait 6 milliards d'euros par an de moins que le « 50% nucléaire ».

Annexe : le détail des performances, des coûts et des dépenses.

Annexe

Le scénario « sûr et économe » et un scénario « 50 % nucléaire »

Deux jeux d'hypothèses de parc de production : les capacités de production, les dépenses

La consommation augmente en 20 ans de 10 % - soit moins de 0,5% par an ; elle sera de 506 TWh.

Hypothèse A : des travaux permettent de prolonger la durée de vie des réacteurs existants de 10 ou 20 ans. Ils pourront presque tous fonctionner au-delà de 2040.

Hypothèse B : la production à partir d'énergie nucléaire est limitée à 50 % de la consommation.

Dans les deux hypothèses, la production à partir d'énergie fossile est la même : 24 TWh.

		65 GW nucléaire	50% nucléaire
Consommation	TWh/an	506	506
pertes en ligne	%	7%	7%
conso y/c pertes en ligne	TWh/an	0	0
production à partir de fossile	TWh/an	23,6	24,1
pourcentage de nucléaire dans la consommation.		72%	49%
pourcentage d'EnR dans la consommation.		24%	46%
La production			
capacité nucléaire	GW	65,00	53,00
coefficient de disponibilité moyen		0,80	0,80
Coefficient de disponibilité maximum		0,9	0,9
Eolien : capacité seulement sur terre	GW	20	55
Facteur de charge, en nombre d'heures par an	h/an	2200	2200
Photovoltaïque : capacité	GW	10	55
Facteur de charge, en nombre d'heures par an	h/an	1200	1200
pourcentage sur toiture	%	70%	70%
Hydraulique – heure par heure comme en 2013			
fleuves : production par an	TWh/an	42	42
hydraulique de montagne	TWh/an	18	18
capacité garantie par les lacs	GW	5	5
Sources thermiques renouvelables	TWh/an	10	10
dont production de base	TWh/an	6	6
Production en cogénération, ex fossile			
quantités	TWh/an	11	11
puissance minimum	GW	0,5	0,5
Egaliser fourniture et consommation			
Steps Gwh	Gwh	90	90
rendement		0,7	0,7
temps de charge et décharge	nbre h	18	18
Batteries et déplacements de consommation	GWh	0	0
Marge de précaution – au-dessus de max 2013	GW	10	10
Capacité des interconnexions	GW	20	20

Résultats en quantité

production à partir de fossile ou importation	TWh/an	23,6	24,1
éolien et PV consommés directement	TWh/an	56,0	176,8
nucléaire consommé directement		389,8	267,4
autres usages ou non valorisés	TWh/an	63,0	109,9
Pouvant être exporté		51,7	85,5
Production nucléaire	TWh/an	454	349
Taux de charge du nucléaire		0,797	0,752
Capacité de production à partir de gaz ou de fioul	GW	39,3	49,8

Les investissements

Nucléaire : dépenses futures pour prolongation	€/kW	1500	1500
Durée d'amortissement	années	20	20
éolien sur terre	€/kW	1400	1400
PV sur sol	€/kW	650	650
PV sur toiture	€/kW	1500	1500
CCG gaz	€/kW	1100	1100
TAC et groupes électrogènes	€/kW	500	500
Dépenses de gaz par MWh élec	€/MWh	40	40

Les dépenses taux d'actualisation

valorisation des excédents. €/MWh	€/MWh	5%	5%
sans CO2 ni valorisation des exportations 20 €/MWh	M€/an	20	20
sans CO2, avec valorisation des exportations.	M€/an	27550	34481
		26877	33472

Les dépenses par moyen de production

Nucléaire – réacteurs existants	G€/an	18,51	14,62
Nucléaire - réacteurs nouveaux	G€/an	27,85	22,24
Eolien et photovoltaïque	G€/an	3,92	13,90
A partir d'énergies thermiques renouvelables	G€/an	1,13	1,13
Déplacement de consommation, batteries, Steps	G€/an	0,00	0,00
Electrolyse et méthanation	G€/an	0,00	0,00
Production à partir de gaz et de fioul	G€/an	3,99	4,83
Total – hors production hydraulique	G€/an	27,55	34,48
Coût au MWh consommé (hors hydraulique)	G€/an	61,8	77,3
Différence de dépenses de production	G€/an		6,9
Différ. de dépenses de réseau – 10€/MWh éol.et PV	G€/an		1,2
Différence de dépenses de production et réseau	G€/an		8,1

Les capacités garanties

nucléaire	GW	58,5	47,7
éolienne	GW	0,2	0,6
fleuves	GW	2,8	2,8
lacs	GW	5,0	5,0
thermiques renouvelables	GW	1,0	1,0
Steps	GW	4,5	4,5
Total	GW	72,0	61,6