

**Coût du nucléaire existant et futur :**  
**critique de la note « Fiche sur les coûts du nucléaire actuel et futur »**  
**de Paul Lucchese au CNDTE**

**Benjamin Dessus**

10 mars 2013



[www.global-chance.org](http://www.global-chance.org)

## **Coût du nucléaire existant et futur: critique de la note « Fiche sur les coûts du nucléaire actuel et futur de Paul Lucchese au CNDTE**

Benjamin Dessus.

Paul Lucchese a transmis le 7/03 au groupe 4 du CNDTE une note intitulée « fiche sur les coûts du nucléaire et futur. A ma connaissance, cette note que l'ensemble des membres du Comité d'experts ne semble pas avoir reçue appelle un certain nombre de critiques et met en relief des problèmes de méthode de travail du groupe d'experts.

### **1- Le coût de production des réacteurs actuels.**

L'auteur reproduit le tableau présenté par la Cour qui indique un coût courant économique de 49,5€/MWh. Il propose d'y ajouter les frais d'investissement à engager pour la jeunesse et la mise aux normes post Fukushima des réacteurs, contribuant pour 4,7 € au coût /MWh soit au total 54,2€/MWh. Cette valeur est conforme aux calculs de la Cour.

A noter que ces calculs ne prennent pas en compte :

- les frais de recherche jusqu'en 2010 estimés par la Cour à 77 milliards € 2010 dont l'incidence sur le coût du MWh est de 14, 5 €,
- les coûts de gestion des déchets issus de l'extraction et du traitement du minerai d'uranium,
- les coûts de gestion de l'uranium appauvri et du plutonium aujourd'hui considérés comme des matières valorisables,
- la gestion et le stockage du Mox irradié qui n'est pas possible dans le stockage géologique avant plus de 100 ans vu le dégagement thermique du Mox.
- la prime d'assurance annuelle nécessaire pour constituer un fonds d'indemnisation des dégâts engendrés par un accident grave ou majeur.

*La seule inclusion de la recherche dans les coûts historiques du nucléaire actuel conduit à un coût de 68,7 €/MWh auquel il faudrait ajouter les coûts engendrés par les autres postes non pris en compte.*

*On peut donc considérer que la base de coût actuel à prendre en compte se situe au dessus de 70€/MWh.*

### **II- Le coût du MWh de Flamanville**

La Cour des comptes avait approché le coût du nucléaire EPR de Flamanville avec pour hypothèse un coût d'investissement « overnight »<sup>1</sup> de 6 milliards d'euros, en adoptant un taux de rémunération de loyer économique de 7,8%, un taux d'intérêt intercalaire de 4,5% pour les frais financiers et un taux d'actualisation de 5% pour les investissements de fin de vie du cycle nucléaire (démantèlement et stockage), un taux d'inflation de 2% par an (inclus dans le taux d'actualisation). Le coût du démantèlement y était choisi de même valeur que celle prise pour le parc actuel (360€/kW) et la date du démantèlement 9 ans après l'arrêt du réacteur, soit 69 ans après la mise en marche. En adoptant les coûts de maintenance de combustible et de provision pour stockage trouvés par la Cour pour le parc actuel, on peut reconstituer le tableau ci dessous du calcul effectué.

---

<sup>1</sup> Ce point important m'a été confirmé par Michèle Pappalardo. Le coût « overnight » est celui d'une construction en une « nuit ». Il faut donc y ajouter les frais financiers entraînés par la durée du chantier.

**Coût du MWh « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût overnight de 6 milliards d'€**

Taux de rémunération capital	7,8%	7,8%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	5%	5%
Délai des dépenses de fin de vie ( ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	3636,0	3636,0
Coût yc avance trésorerie	4531	4531
Dépenses fin de vie k€/MW	360,0	360,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	12,4	12,4
Investissement total k€/MW	4543,5	4543,5
Loyer économique	358,4	358,4
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	1,0	1,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh)	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	55,1	51,2
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,15	0,14
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
<b>Coût CCE (€/MWh)</b>	<b>80,4</b>	<b>75,2</b>

Le calcul donne des ordres de grandeur de coût comparables à ceux affichés par la Cour.

A noter :

- la très faible valeur apparente du démantèlement (de l'ordre de 2/1000 du coût du MWh). Cela tient à l'actualisation à 69 ans qui rabote complètement ce coût. On peut considérer qu'un taux réel d'actualisation hors inflation de 3% est très élevé alors que la croissance espérée à long terme est inférieure à 1,5%. Si on refait la calcul avec un taux de 3% (dont deux d'inflation) on obtient une participation de 0,56 euros de démantèlement au coût du MWh ce qui reste négligeable. Par contre il est fort probable que le coût indiqué par la Cour pour les réacteurs actuels soit très sous estimé notamment pour l'EPR. Avec un coût doublé et un taux d'actualisation de 3% la participation du démantèlement au coût du MWh n'atteint encore que un peu plus d'un euro<sup>2</sup>.

-l'absence de prise en compte d'un risque d'accident à travers une prime d'assurance. Ce point important peut augmenter le coût de 5 à 10 euros au minimum le coût du MWh.

Sans remettre en cause les autres hypothèses prises en compte par la Cour, on peut cependant calculer le coût du MWh pour le nouveau coût d'investissement de l'EPR, 8,5 milliards € overnight, soit 5150€/kW, toutes choses égales d'ailleurs.

<sup>2</sup> A ce propos l'important est de comprendre la signification de ce type de calcul. Il indique qu'il faut placer d'aujourd'hui à l'année 69 la somme « annuités fin de vie » du tableau au taux d'actualisation choisi (par exemple 5%) pour obtenir en bout de course le montant financier nécessaire à ce démantèlement. Bien évidemment ce type de placement de père de famille semble tout à fait improbable dans les conditions économiques actuelles en Europe où les taux de long terme ont du mal à excéder l'inflation.

**Coût du MWh « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût « overnight » de 8,5 milliards d'€.**

Taux de rémunération capital	7,8%	7,8%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	5%	5%
Délai des dépenses de fin de vie ( ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	5150,0	5150,0
Coût yc avance trésorerie	6418	6418
Dépenses fin de vie k€/MW	360,0	360,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	12,4	12,4
Investissement total k€/MW	6430,3	6430,3
Loyer économique	507,2	507,2
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	1,0	1,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh)	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	78,0	72,5
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,15	0,14
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
<b>Coût CCE (€/MWh)</b>	<b>103,3</b>	<b>96,5</b>

Dans ces conditions le coût du MWh EPR tourne autour 100 euros/MWh toujours sans assurance. A noter que si le chantier est rallongé d'un an ce coût est augmenté de deux euros environ par MWh.

Dans sa négociation avec le Royaume Uni, les calculs d'EDF semblent se fonder sur un taux de rémunération du capital **de 10% et non de 7,8% comme le fait la Cour**. Sur cette base et toujours avec les mêmes données on obtient le tableau ci dessous

**Coût du MWh EDF méthode « Cour des comptes » pour des durées de fonctionnement de 6500 et 7000 heures et sur la base d'un coût « overnight » de 8,5 milliards d'€. rémunération du capital 10%.**

Taux de rémunération capital	10,0%	10,0%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	5	5
Taux d'actualisation	5%	5%
Délai des dépenses de fin de vie ( ans)	69	69
Production annuelle	6500	7000
Facteur de charge	74,2%	79,9%
Rendement	35%	35%
Coût overnight (k€ /MW)	5150,0	5150,0
Coût yc avance trésorerie	6418	6418
Dépenses fin de vie k€/MW	360,0	360,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	12,4	12,4
Investissement total k€/MW	6430,3	6430,3
Loyer économique	645,0	645,0
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	1,0	1,0
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0	110,0
Combustible (€/MWh thermique)	1,8	1,8
Invt maintenance (k€/MW)	2,7	2,7
Provisions stockage (€/MWh	2,7	2,7
Annuités capital/MWh	99,2	92,1
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	0,15	0,14
Frais d'exploitation /MWh	16,9	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7	2,7
combustibles€/MWh	5,2	5,2
Coût CCE (€/MWh)	124,5	116,1

Le coût se situe alors autour de 120\$/MWh, toujours avec les mêmes hypothèses et sans assurance. On est dans les ordres de grandeur de la négociation EDF qui réclame 100 livres /MWh soit 115 €/MWh

**Le coût de l'EPR et l'effet de série**

L'auteur invoque l'effet de série pour justifier la baisse importante du coût du MWh EPR dans l'avenir.

Mais l'étude de la Cour des comptes montre à l'évidence que l'effet d'apprentissage constaté sur le parc actuel n'est pas et de loin, aussi favorable que l'indique Paul Lucchese.

Pour le premier palier de 900 MW la Cour donne un coût actualisé en 2010 (tableau page 22 et 23 du rapport) de 836 €/MW pour les deux tranches de Fessenheim et des coûts supérieurs pour les 34 autres tranches, jusqu'à 1253 €/kW pour Cruas 1 et 2 (+49%), à l'exception des tranches 3 et 4 de Tricastin qui ont coûté 2% de moins que Fessenheim. Le coût moyen du palier 900 ressort à 1048€/kW, soit 25% de plus que le prototype.

Pour le palier 1300 MW, l'effet d'apprentissage semble plus favorable : 1530€/kW pour Paluel 1 et 2, 1250 €/kW pour Golfech 1 et 2 qui sont le 19 ème et le vingtième exemplaire du palier , soit une diminution de 22%. Le coût moyen de ce palier est de 1200 €/kW (- 27%).

Les affirmations de Paul Lucchese sur la construction du parc actuel « *le coût de construction des derniers réacteurs d'une grande série (homogène et déployée avec un rythme de construction soutenu) est estimé à un niveau deux fois moins élevé que le premier, soit un gain de 50% par rapport à la tête de série* » sont donc gravement infirmées par l'étude de la Cour. A moins qu'il ne s'agisse dans l'esprit de l'auteur non pas de 20 ou 30 exemplaires ce qui est déjà considérable mais de plusieurs centaines d'exemplaires ?

Même en admettant les projections d'EDF d'une diminution du coût « overnight » de l'EPR de 25% dès le deuxième ou le troisième exemplaire EPR par rapport au premier, et à supposer qu'on soit en possession de devis définitif de celui-ci (on ne sait aujourd'hui ni si le devis ne dépassera pas largement les 8,5 milliards et ni si les derniers délais annoncés seront tenus), le coût d'investissement serait ramené à 6,8 milliards, une valeur 12% supérieure à celle des calculs initiaux de la Cour et donc à des coûts de l'ordre de 85€/MWh (toujours sans assurance) pour 7000 heures de fonctionnement par an (facteur de charge 80%).

*Les chiffres annoncés par Paul Lucchese (60-75 \$/MWh) semblent donc très irréalistes. L'optimisme affiché par l'auteur en ce qui concerne l'apprentissage industriel va à l'encontre des résultats trouvés par la Cour sur des séries pourtant importantes, respectivement 34 et 20 réacteurs construits en très peu d'années.*

*En effet, en affichant un coût de construction de 3000 €/kW et un coût d'investissement de 4,8 milliards € l'auteur semble annoncer une économie de 40% par rapport au coût d'investissement du prototype. Pourtant  $8,5 / 1,4 = 6,07$  et non pas 4,8, soit 3800 €/KW et non 3000 €/KW. L'auteur suppose donc en fait une réduction du coût d'investissement de 77% et non de 40% par rapport au prototype comme le tableau semble l'indiquer. Un écart de 26% dont le poids est considérable sur le résultat final puisque l'investissement initial représente de l'ordre de 70% du coût du MWh.*

Il est donc très improbable que, même s'il était construit en une série d'une vingtaine en un laps de temps assez court dans un seul pays, par exemple 2 ou 3 par an, les coûts puissent tomber au dessous de 85€/MWh pour un facteur de charge de l'ordre de 80% , supérieur au facteur de charge actuel, à la condition de faire l'impasse complète sur les conséquences financières d'un accident grave ou majeur dont la prise en compte se traduirait par une prime d'assurance qui pèserait lourd sur le coût du MWh.

***Plus généralement, la discussion précédente montre la nécessité d'une harmonisation des hypothèses technologiques et industrielles qui sous tendent les analyses de coût futur des différentes filières de production<sup>3</sup> et le choix d'une méthode unique de calcul des coûts. L'auteur suggère que l'on retienne la méthode développée par la Cour ( coût courant économique) en retenant pour des raisons d'homogénéité les mêmes paramètres de taux de rémunération du capital (7,8%), de taux de frais financiers (4,5%), de taux d'actualisation (5%) et d'inflation (2%), quitte à produire si nécessaire des études de sensibilité à des variantes de ces paramètres.***

---

<sup>3</sup> Si on appliquait par exemple l'hypothèse retenue par Paul Lucchese d'une réduction de 77% du coût d'investissement des éoliennes terrestres par apprentissage industriel le coût du MWh de celles ci tomberait en effet de 81 € à 45,5 €/MWh.