

Le coût de production futur du nucléaire exploité au-delà de 40 ans

Étude synthétique comparant les coûts de production futurs de l'électricité nucléaire d'un réacteur exploité après rénovation au-delà de l'échéance de 40 ans et les coûts de production futurs de l'électricité d'origine renouvelable.

Greenpeace France, juin 2014

Sommaire

Résumé	3
1. Présentation de l'étude	5
2. Calcul du coût de production de l'électricité par un réacteur ancien après rénovation	7
3. Évaluation du coût de production de l'électricité produite par un nouveau réacteur de type EPR	9
4. Évaluation du coût de production de l'électricité produite par les énergies renouvelables solaires et éoliennes	10
5. Analyse et synthèse des résultats	13
Conclusions	19

Résumé

La présente analyse élaborée par Greenpeace expose de manière synthétique les coûts de production futurs de l'électricité issue de réacteurs nucléaires français qui seraient exploités au-delà de 40 ans, et les compare à ceux de l'électricité d'origine renouvelable dans les années à venir.

Elle repose sur les expertises indépendantes de Global Chance¹ et de Wise-Paris² et utilise la méthode du coût courant économique (proposée par la Cour des comptes) pour évaluer les coûts de production du nucléaire. Concernant ceux des renouvelables, les données utilisées sont celles fournies par différents acteurs institutionnels et industriels tels que l'AIE, Fraunhofer, l'IRENA, l'EWEA, l'EIA, la Cour des comptes ou encore l'ADEME.

Si investir afin de prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs nucléaires au-delà de 40 ans correspond à la stratégie industrielle d'EDF, rappelons toutefois que pour l'ASN, seule autorité habilitée à donner son accord sur la prolongation, « l'extension au-delà de 40 ans n'est pas acquise »³. Si un premier avis de l'Autorité est attendu pour 2015, sa décision finale ne sera donnée qu'en 2018-2019, et enfin un examen réacteur par réacteur sera mené.

¹ Global Chance est une association de scientifiques qui propose une expertise indépendante dans le domaine de l'énergie et de l'environnement. Son président est l'ingénieur et économiste Benjamin Dessus.

² Wise-Paris est une agence indépendante d'information, d'étude et de conseil sur le nucléaire et les politiques énergétiques. Elle est dirigée par Yves Marignac.

³ <http://www.asn.fr/Presse/Actualites-ASN/Des-enjeux-majeurs-pour-la-surete-nucleaire-et-la-radioprotection-en-2014>

Greenpeace constate que :

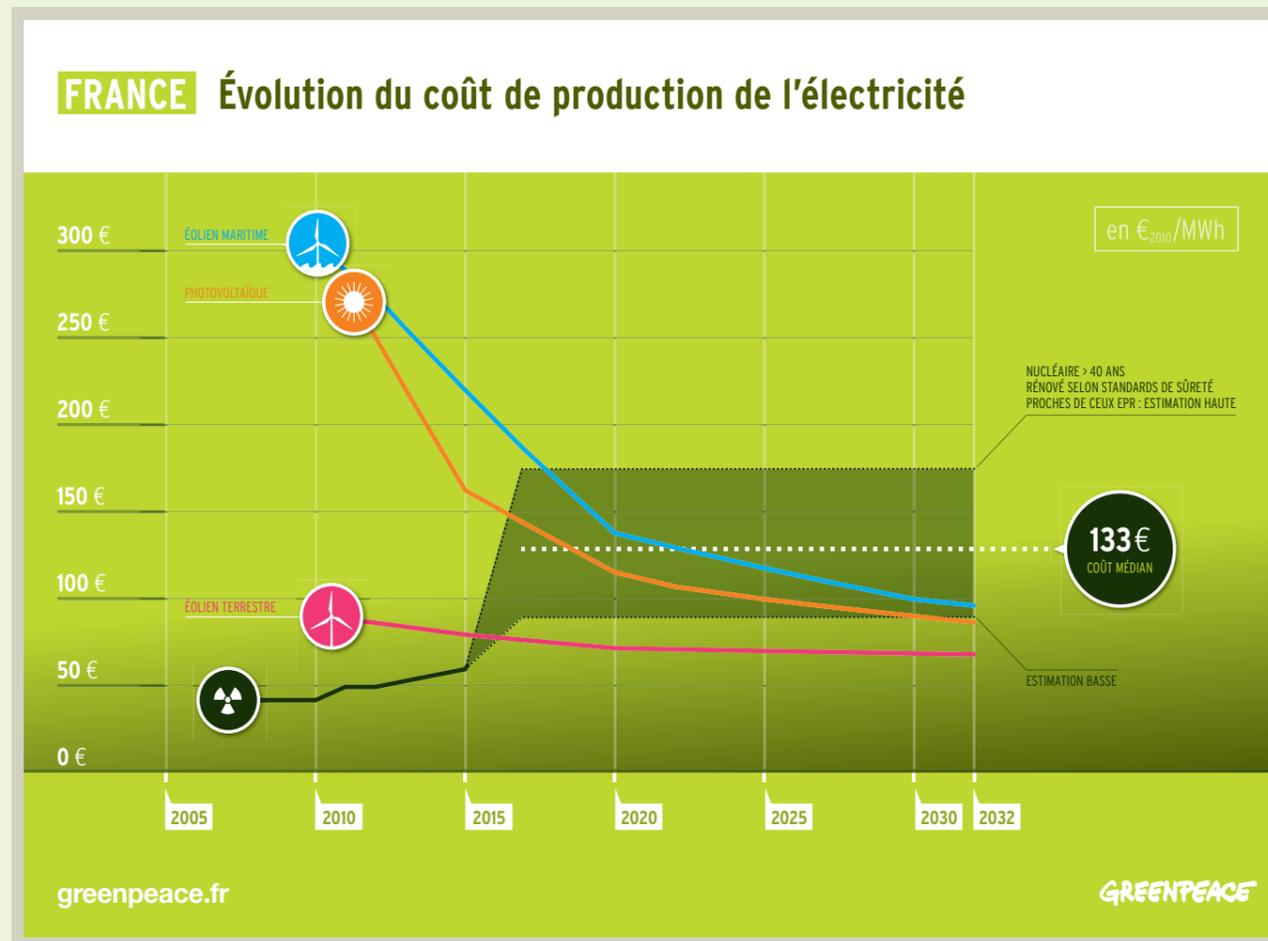
- Le coût courant économique de l'électricité produite par chaque réacteur rénové à un niveau de sûreté approchant des exigences de l'EPR atteindrait **133 €/MWh**. Cela correspond à un investissement de 4,4 Md€ par réacteur (rapport Wise).

- Le coût courant économique du nucléaire dépasserait, dans ces conditions, les coûts futurs de production des principales énergies renouvelables électriques. Ce dépassement serait effectif dès aujourd'hui pour l'éolien terrestre (coût compris entre 40 et 80 €/MWh), et le serait dès 2018 pour le solaire, et à partir de 2020 pour l'éolien maritime (cf. Figure 1).

- **Le choix d'une prolongation du parc nucléaire** qui limiterait la hausse des coûts de production de l'électricité nucléaire, et assurerait sa rentabilité face aux énergies renouvelables, **conduirait à un niveau d'investissement entraînant une dégradation du niveau de sûreté des réacteurs.**

- le remplacement du nucléaire ancien par des réacteurs nouveaux type EPR n'apporterait pas les mêmes avantages sur les coûts de production que les renouvelables.

Figure 1 Comparaison des coûts de production futurs du nucléaire, de l'éolien terrestre et maritime et du solaire photovoltaïque en €₂₀₁₀/MWh



1. Présentation de l'étude

Objectif

L'objectif de l'étude est d'évaluer les coûts de production au-delà de 40 ans d'exploitation des réacteurs nucléaires anciens après rénovation, dits « anciens-rénovés », et de les comparer aux alternatives à disposition, notamment éolien terrestre et maritime et énergie solaire.

Données et hypothèses

Les données et hypothèses utilisées dans la présente étude sont extraites :

- du rapport de l'agence Wise-Paris sur l'échéance des 40 ans pour le parc nucléaire français⁴,
- de l'analyse de Benjamin Dessus, économiste de Global Chance, concernant les coûts de production des réacteurs nucléaires après prolongation⁵,
- du rapport Greenpeace⁶ présentant le scénario de transition énergétique,
- des données fournies notamment par l'AIE, Fraunhofer, l'IRENA, l'EWEA, l'EIA, la Cour des comptes, l'ADEME... (L'ensemble des contributions utilisées sont visibles au chapitre 4).

Périmètre

Le périmètre de l'étude est celui du parc ancien nucléaire totalisant 63,2 GW pour 58 réacteurs. Ces réacteurs seront, à l'échéance de 40 ans d'exploitation, soit rénovés et prolongés, soit remplacés par des énergies renouvelables, soit remplacés par de nouveaux réacteurs nucléaires de type EPR.

L'étude compare les coûts courants économiques (CCE) du nucléaire ancien après rénovation avec les coûts complets (*Levelized Cost Of Electricity*) des moyens de productions renouvelables solaires et éoliens. Ces coûts de production seront comparés à ceux du nucléaire nouveau type EPR pour évaluer leur compétitivité relative. Si les deux méthodes de calcul ne sont pas tout à fait équivalentes, elles restent comparables dans leur ordre de grandeur, comme l'a noté la Cour des comptes dans son rapport sur le développement des énergies renouvelables en 2013⁷.

- 22 février 2014, Wise-Paris, Yves Maignac. *L'échéance des 40 ans pour le parc nucléaire français. Processus de décision, options de renforcement et coûts associés à une éventuelle prolongation d'exploitation au-delà de 40 ans des réacteurs d'EDF.*
- Juin 2014, Cahier Global Chance, *Autour de la transition énergétique : questions et débats d'actualité.* Étude de Benjamin Dessus, « Prolonger la vie du parc actuel : à quels coûts ? »
- Février 2013, Greenpeace, *Scénario de Transition Énergétique pour la France.*
- Rapport de la Cour des Comptes sur la Politique de développement des énergies Renouvelables, page 41. La méthode « repose sur la modélisation d'un coût courant économique couvrant, d'une part, un loyer économique constant pour les charges d'investissements et de démantèlement lissées sur la durée d'exploitation, et, d'autre part, les charges d'exploitation et de maintenance. Les résultats obtenus à partir de projets réels ont pu ainsi être comparés aux fourchettes théoriques obtenues par la méthode Levelized cost of electricity (LCOE) et aboutissent à des résultats voisins. »

La présente analyse ne prend pas en considération les coûts de l'efficacité énergétique et les coûts système (notamment d'évolution du réseau dans le cas de la prolongation de l'exploitation des réacteurs et dans celui du développement des énergies renouvelables).

Par ailleurs, les données exploitées pour le calcul du coût courant économique du nucléaire ne tiennent pas compte :

– des incertitudes liées aux coûts de gestion des déchets sur le long terme (projet CIGEO), des ajustements nécessaires au démantèlement, ni de l'augmentation des assurances en cas d'accident. Ces éléments sont soit déjà couverts, soit non nécessaires dans le cas des renouvelables, et par conséquent accentueraient la rentabilité des projets renouvelables sur le nucléaire ancien-rénové.

– des risques de fermetures prématurées de réacteurs en cas de défaut générique ou d'incident⁸.

En outre, il convient de préciser que les projections d'évolution des coûts relatives aux renouvelables présentées au chapitre 4 ne sont pas les plus optimistes fournies par les acteurs du secteur eux-mêmes ou les institutions.

Ne pouvant anticiper l'avis de l'ASN quant à l'autorisation d'exploiter un réacteur au-delà de 40 ans ni dans quelles conditions (durée et exigences de sûreté), nous retenons deux principes :

a. une prolongation de 10 ans, correspondant à la durée maximum d'autorisation délivrée par l'ASN suite aux réexamens périodiques de sûreté (visites décennales). Cela signifie que nous considérons une durée d'amortissement des investissements étalée sur 10 ans.

b. un niveau de sûreté élevé, correspondant au scénario dit « sûreté renforcée » du rapport Wise-Paris.

⁸ <http://www.asn.fr/Presse/Actualites-ASN/Des-enjeux-majeurs-pour-la-surete-nucleaire-et-la-radioprotection-en-2014>

2. Calcul du coût de production de l'électricité par un réacteur ancien après rénovation

Investissements nécessaires pour la rénovation des anciens réacteurs (Yves Marignac, Wise-Paris)

Les principales conclusions du rapport Wise-Paris sont les suivantes :

a. L'échéance des 40 ans de durée de vie des 58 réacteurs nucléaires d'EDF est une étape majeure qui n'a pas été suffisamment anticipée. Près des deux tiers des réacteurs français doivent atteindre l'âge de 40 ans d'ici à 2025. Face à ce retard, des décisions urgentes deviennent cruciales pour maîtriser la sûreté et les coûts.

b. L'étude présente les scénarios de renforcement auxquels pourraient conduire différents niveaux d'exigence de sûreté applicables au-delà de 40 ans.

L'étude montre que les investissements nécessaires à la prolongation de durée de vie pourraient être plus de quatre fois supérieurs à ce qu'envisage aujourd'hui EDF, si ces exigences devaient se rapprocher de celles de nouveaux réacteurs comme l'EPR.

c. Partie d'un plan d'environ 23 Md€, la prévision d'EDF a depuis été relevée pour atteindre, dans le plan de « grand carénage » programmé à partir de 2012, un total de 55 Md€ pour l'ensemble du parc. Malgré des incertitudes fortes sur les coûts, un scénario d'exigences élevées pourrait conduire, selon la décomposition des renforcements correspondants et de leur coût proposée dans cette étude, à un investissement moyen de 4,4 Md€ par réacteur.

d. La prolongation de l'exploitation des réacteurs suppose l'application d'exigences de sûreté beaucoup plus strictes qui s'imposent progressivement depuis Fukushima à des réacteurs non conçus pour ce genre de scénarios, et dont la vulnérabilité augmente en raison des dégradations liées au vieillissement. Il n'est pas certain que des solutions techniques existent pour concilier durablement ces contraintes.

e. Le facteur temps constitue, compte tenu du calendrier très tendu, un enjeu essentiel. Le phasage entre les décisions et les éventuels travaux doit éviter à la fois le risque de prolongations « forcées » par des investissements anticipés et celui d'investissements perdus par des refus tardifs.

Impact sur les coûts de production du parc ancien (Benjamin Dessus, Global Chance)

Sur la base des scénarios de sûreté et de coûts de l'étude Wise-Paris, l'économiste de Global Chance Benjamin Dessus a décrit l'évolution des coûts de production des réacteurs du parc ancien après rénovation, en utilisant la méthode du coût courant économique.

a. L'approche du coût courant économique, proposée par la Cour des comptes dans son rapport sur les coûts de la filière nucléaire⁹, consiste « à mesurer les coûts annuels de rémunération et de remboursement du capital permettant, à la fin de vie d'une installation de production ou d'énergie, de reconstituer en monnaie constante le montant de l'investissement initial, c'est-à-

⁹ 2012, Cour des comptes, *Rapport thématique sur les coûts de la filière nucléaire*.

dire le montant qui permettrait de reconstruire à l'identique l'installation à la fin de sa durée de vie », selon l'économiste. Cette méthode apparaît, selon la Cour des comptes, comme la plus pertinente lorsqu'il s'agit d'évaluer le coût de production du parc nucléaire ancien.

b. Les investissements spécifiques à long terme comme le démantèlement des installations sont actualisés et intégrés dans les charges de loyer économiques annuelles.

c. Des taux de charges des réacteurs du parc ancien-rénové sont pris à 70 % pour tenir compte de l'exigence d'une conduite prudente des réacteurs rénovés et des aléas liés à un parc ancien. Par soucis de cohérence avec les travaux de la Cour des comptes dans son rapport de 2012, le taux d'actualisation est pris à 5 %, inflation comprise, et le taux correspondant aux loyers économiques est de 7,8 %.

d. L'hypothèse est faite que l'investissement initial nécessaire à la construction et maintenance des réacteurs du parc actuel est totalement amorti au bout de 40 ans. Hypothèse conservatrice puisqu'elle minimise le coût courant économique d'un réacteur dont l'investissement initial n'aurait pas été amorti.

e. L'étude parue dans Global Chance propose d'analyser les coûts courants économiques en €/MWh associés à la prolongation du parc actuel de 10 ou 20 ans.

f. L'analyse se fonde sur la prise en compte des investissements identifiés dans l'étude de Wise-Paris et prend en compte des coûts par kW du « carénage » compris entre 1300 €/kW et 3900 €/kW. Ces montants correspondent à la fourchette de 1,4 Md€ à 4,4 Md€ par réacteur identifiée pour les médianes des scénarios « sûreté préservée » et « sûreté renforcée » du rapport Wise-Paris.

Scénarios de sûreté	« Préservé » médian			« Renforcé » médian	
investissement (€/kW)	1300	1950	2600	3250	3900
CCE pour prolongation de 10 ans (€/MWh)	65	82	98	114	131
CCE pour prolongation de 20 ans (€/MWh)	53	64	75	86	97

Un choix en faveur des niveaux de sûreté les plus élevés

Tel que décrit dans le chapitre 1, le choix de prendre en compte le scénario de sûreté dit « sûreté renforcée » du rapport Wise-Paris et une prolongation de durée d'exploitation maximum de 10 ans, revient à prendre en compte une fourchette d'investissement comprise entre 2300 €/kW et 5700 €/kW. La prise en compte de ces hypothèses dans l'étude de Benjamin Dessus conduit aux coûts de production du mégawattheure électrique suivants :

Scénario « sûreté renforcée »	Bas	Médian	Haut
investissement (€/kW)	2300	4000	5700
CCE pour prolongation de 10 ans (€/MWh)	91	133	176

Nous retiendrons par la suite le coût médian de 133 €/MWh pour les réacteurs anciens-rénovés.

3. Évaluation du coût de production de l'électricité produite par un nouveau réacteur de type EPR

Les coûts courants économiques (CCE) d'un nouveau réacteur de type EPR ont fait l'objet de nombreuses évaluations ces dernières années.

a. En 2012, dans son rapport thématique sur les coûts de la filière nucléaire¹⁰, **la Cour des comptes** considérait un CCE compris entre 70 et 90 €/MWh pour un investissement initial de près de 6 Md€ et une durée d'exploitation de 40 ans.

b. Fin 2012, EDF annonçait un nouveau retard dans la construction de l'EPR de Flamanville. Greenpeace avait alors actualisé le coût de production minimum d'un EPR à 100 €/MWh, qui correspondait à la valeur médiane d'une fourchette comprise entre 90 et 116 €/MWh. En 2013, le contrat proposé entre le Royaume-Uni et EDF pour les deux réacteurs d'Hinkley Point faisait état d'une garantie d'achat à 114 €/MWh sur 35 ans.

Cette aide d'Etat n'est pas stricto sensu représentative d'un coût courant économique de l'EPR car elle intègre notamment des marges opérationnelles et correspond à des coûts de travaux spécifiques au Royaume-Uni. Cependant elle vient confirmer un ordre de grandeur du coût de production du MWh d'un EPR.

c. En 2014, **Benjamin Dessus** dans son étude sur les coûts courants économiques du nucléaire évalue entre 77 et 93 €/MWh le coût d'un EPR sur une durée de vie de 60 ans pour des hypothèses de coûts comprises entre les 8,5 Md€ actuels de l'EPR de Flamanville et les 6,5Md€ espérés par EDF¹¹.

d. En 2014, **Nicolas Boccard, économiste du CERNA – Mines Paris Tech**¹², évaluait le coût de production de l'EPR entre 76 €/MWh et 117 €/MWh.

La présente analyse retiendra un coût courant économique de l'EPR compris dans la fourchette 70-116€/MWh, et utilisera une valeur médiane de **95 €/MWh**.

¹⁰ 2012, Cour des comptes, *Rapport thématique sur les coûts de la filière nucléaire*.

¹¹ 2014, audition de M. Machenaud, EDF, devant la commission d'enquête de l'Assemblée nationale relative aux coûts futurs du nucléaire. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/cr-cenucleaire/13-14/c1314024.asp>

¹² Étude de Nicolas Boccard, audition commission d'enquête sur les coûts du nucléaire. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/cr-cenucleaire/13-14/c1314053.asp>

4. Évaluation du coût de production de l'électricité produite par les énergies renouvelables solaires et éoliennes

Dans son scénario de transition énergétique pour la France, publié en 2013, Greenpeace a établi des courbes d'apprentissage¹³ traduisant les évolutions des investissements nécessaires à l'installation de chacun des moyens de production d'électricité et de chaleur renouvelable et non renouvelable. Ces courbes d'apprentissage ont été établies sur la base de courbes d'apprentissage existantes¹⁴, de perspectives d'améliorations technologiques identifiées dans le programme européen NEEDS¹⁵ ou des perspectives établies par l'AIE¹⁶ et l'EREC¹⁷.

Les coûts complets (LCOE – *Levelized Cost Of Electricity*) des moyens de production renouvelables et leurs évolutions dans les prochaines années ont été calculés sur la base des mesures historiques obtenues ces 10 dernières années, des courbes d'apprentissage liées aux investissements mais aussi des analyses d'évolution des coûts de raccordement au réseau, de démantèlement, d'exploitation et de maintenance.

Les graphiques ci-après présentent les perspectives de coûts de production d'électricité par éolien terrestre et maritime et panneaux solaires photovoltaïques (petites et grandes centrales) obtenues par Greenpeace et celles d'autres analyses nationales et internationales : France Energie Éolienne¹⁸, ADEME et Cour des comptes¹⁹, Bloomberg NEF²⁰, EIA²¹, Fraunhofer²², IEA²³, NEEDS²⁴, CERNA²⁵, The Crown Estate²⁶, IRENA²⁷.

Les courbes d'apprentissage utilisées par Greenpeace sont, de manière générale, prudentes vis-à-vis des autres projections existantes.

13 <http://www.greenpeace.org/france/PageFiles/300718/Scenario%20Transition%20Energetique%20Greenpeace%202013.pdf>

14 L.NeiJ, « cost development of future technologies for power generation – a study based on experience curves and complementary bottom-up assessments », ENERGY POLICY 36 (2008), 2200-2211.

15 NEEDS-PROJECT.ORG

16 IEA Energy Technology Perspectives 2008

17 RE-Thinking, April 2010

18 <http://fee.asso.fr/>

19 Rapport thématique sur la politique de développement des énergies renouvelables <http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/La-politique-de-developpement-des-energies-renouvelables>

20 <http://about.bnef.com/>

21 US Energy Information Administration

22 <http://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/study-levelized-cost-of-electricity-renewable-energies.pdf>

23 International Energy Agency

24 <http://www.needs-project.org/needswebdb/index.php>

25 Étude de Nicolas Bocard, audition commission d'enquête sur les coûts du nucléaire. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/cr-cenucleaire/13-14/c1314053.asp>

26 <http://www.thecrownestate.co.uk/media/305094/offshore-wind-cost-reduction-pathways-study.pdf>

27 http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf

Figure 2 Éolien Terrestre, LCOE en €₂₀₁₀/MWh

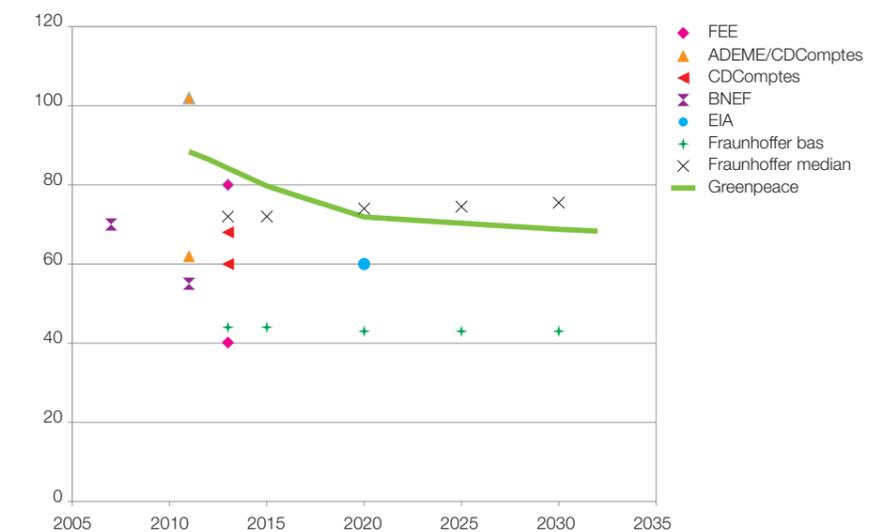


Figure 3 Solaire PV, LCOE en €₂₀₁₀/MWh

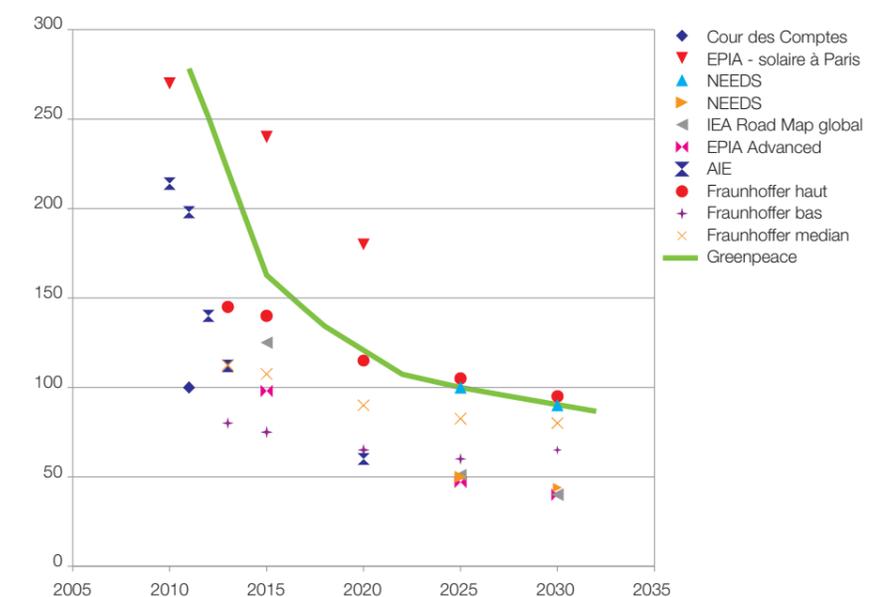
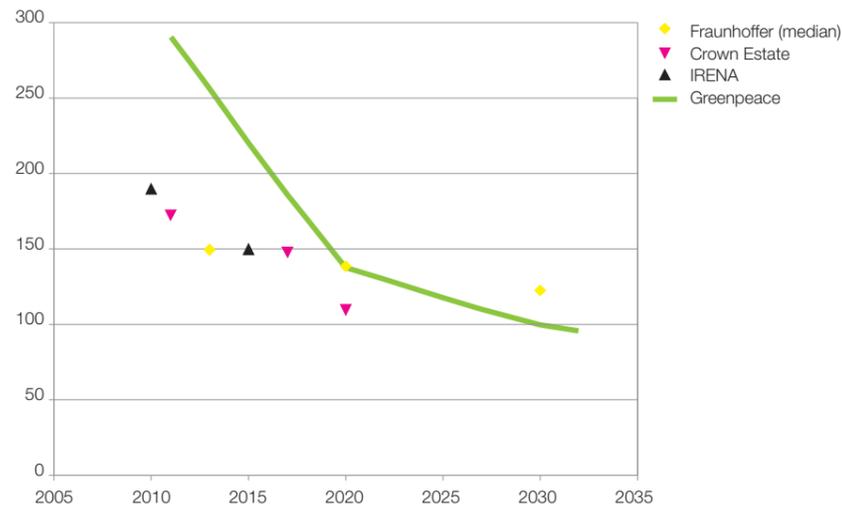


Figure 4 Éolien Maritime, LCOE en €₂₀₁₀/MWh



Les courbes d'apprentissages (en €/MWh) retenues par Greenpeace sont :

	2011	2012	2013	2015	2017	2018	2020	2022	2025	2027	2030	2032
Éolien Terrestre	88	86	84	80	77	75	72	71	70	70	69	68
Éolien Maritime	290	275	256	220	186	170	138	130	118	111	100	96
Solaire Photovoltaïque	278	251	221	163	143	134	116	107	100	96	90	87

5. Analyse et synthèse des résultats

Introduction

A partir de 2017, la France devrait voir ses premiers réacteurs nucléaires atteindre 40 ans d'exploitation²⁸. Pour chaque réacteur, et par anticipation, une décision devra être prise soit de fermeture du réacteur et de remplacement, soit de prolongation de durée de vie au-delà de 40 ans et d'imposants travaux.

Pour chacun des scénarios du rapport Wise-Paris « sûreté préservée » et « sûreté renforcée », nous avons comparé les projections de coûts de production des renouvelables aux coûts courants économiques d'un réacteur nucléaire ancien rénové pour des hypothèses de prolongation de 10 et 20 ans. Les résultats sont visibles dans les graphiques suivants.

Par soucis d'exhaustivité dans l'analyse des coûts futurs du nucléaire, nous avons intégré les coûts de production du nucléaire nouveau (type EPR) dans chacune des comparaisons.

Comparaison globale entre les coûts de production d'électricité nucléaire et renouvelable

La Figure 5 ci-après montre que dès 2020, l'ensemble des projections des coûts futurs de production d'électricité renouvelable est en dessous des plus hautes projections de coûts futurs du nucléaire. Cette compétitivité s'accroît pour l'ensemble des énergies renouvelables à partir de 2025 où les coûts du MWh renouvelable sont inférieurs à la valeur médiane des coûts du futur MWh nucléaire (soit 133 €/MWh).

La Figure 5 présente une comparaison des fourchettes d'évolution, d'une part des futurs coûts de production d'électricité (en €/MWh) issue de sources renouvelables éoliennes terrestres, éoliennes maritimes et solaires photovoltaïques, et d'autre part des futurs coûts de production d'électricité issue du nucléaire ancien-rénové ou nouveau (type EPR).

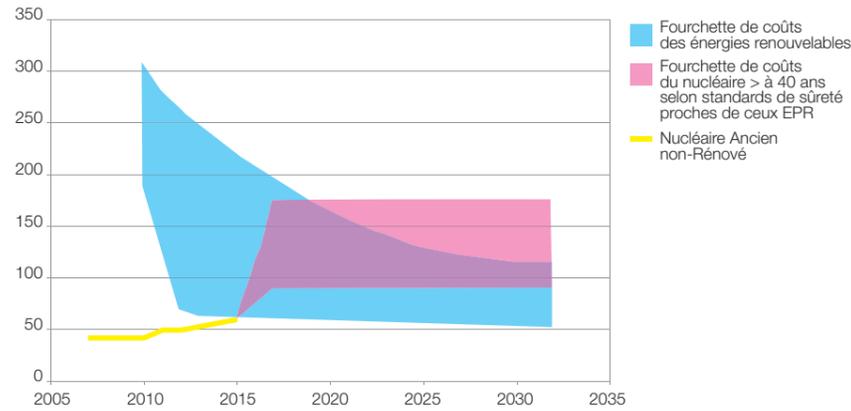
La fourchette de coûts (en €/MWh) des renouvelables, représentée par l'aire bleue sur la Figure 8, résulte de l'agglomération des différentes mesures et projections présentées plus haut pour les analyses des Figures 7, 8 et 9. Elles se résument ainsi :

	2010	2011	2012	2013	2015	2017	2018	2020	2022	2025	2027	2030	2032
Toutes EnR Maximum	309	282	266	250	222	197	186	166	149	130	122	116	116
Toutes EnR Minimum	190	123	71	63	62	60	60	59	57	57	56	55	54

La fourchette de coûts de production du nucléaire englobe les coûts de production du scénario « sûreté renforcée » de Wise-Paris, pour une exploitation sur 10 ans (c'est-à-dire qui n'anticipe pas l'autorisation par l'ASN d'une exploitation au-delà de 10 ans). Cela conduit à considérer une fourchette comprise entre 91 et 176 €/MWh qui inclut aussi les projections médianes et hautes pour le nucléaire nouveau de type EPR (voir chapitre 3).

28 Durée d'exploitation considérée à partir de la première divergence du réacteur.

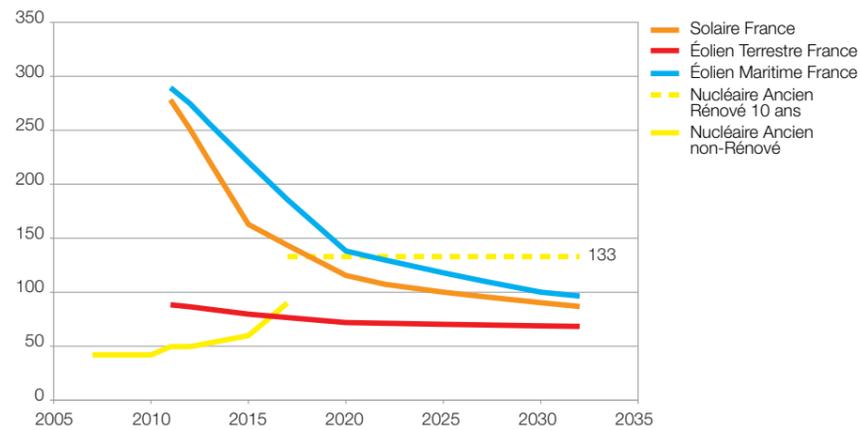
Figure 5 Comparaison des fourchettes des coûts de production futurs des Renouvelables et du Nucléaire en €/MWh



La Figure 6 ci-dessous permet de regarder plus spécifiquement les comparaisons entre chaque technologie renouvelable et le coût médian futur du nucléaire, après rénovation selon le scénario « sûreté renforcée » du rapport Wise-Paris et pour une durée d'exploitation de 10 ans qui n'anticipe pas les autorisations de l'ASN.

Le futur coût médian de production d'électricité d'origine nucléaire est de 133 €/MWh (voir la justification au chapitre 1) et les courbes d'évolution des coûts futurs d'origine renouvelable sont celles identifiées au chapitre 4.

Figure 6 Comparaison des coûts futurs de production d'origine éolienne terrestre, éolienne maritime, solaire photovoltaïque avec les coûts de production médians d'un réacteur ancien rénové selon standards de sûreté proches de ceux EPR en €/MWh



La Figure 6 montre que dès aujourd'hui l'éolien terrestre produit un MWh moins coûteux que celui qui serait produit par un réacteur selon le scénario « sûreté renforcée », que dès 2018 le solaire photovoltaïque et à horizon 2020 l'éolien maritime produiraient des MWh moins coûteux que des réacteurs nucléaires anciens rénovés.

Comparaison entre nucléaire et éolien terrestre

Les projections sur les coûts futurs sont en faveur de l'éolien terrestre. L'EPR (pointillés orange) et le nucléaire ancien-rénové exploité sur 10 ans (zone bleue) conduisent à des coûts de production plus élevés que l'éolien terrestre.

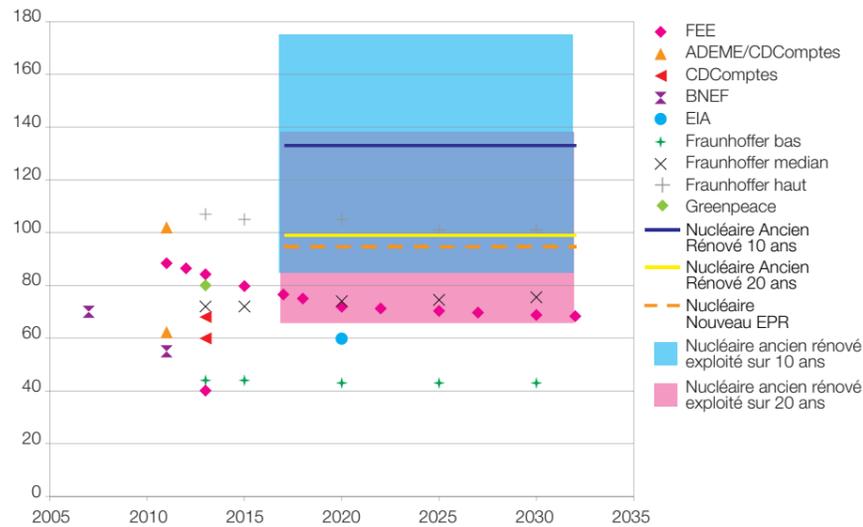
Le nucléaire ancien-rénové exploité sur 20 ans (zone rose), dans le cas des hypothèses basses du scénario de « sûreté renforcée », conduirait à un CCE similaire à l'éolien terrestre.

Nous constatons par ailleurs la compétitivité de l'éolien terrestre par rapport au nucléaire nouveau (type EPR).

Le tableau ci-dessous résume les données (en €/MWh) exploitées par la Figure 7.

		2007	2011	2012	2013	2015	2017	2018	2020	2020	2025	2027	2030	2032
Éolien Terrestre	FEE haut				80									
	FEE bas				40									
	ADEME/ CDComptes haut		102											
	ADEME/ CDComptes bas		62											
	CDComptes haut				68									
	CDComptes bas				60									
	BNEF	70	55											
	EIA								60					
	Fraunhofer haut				107	105			105		101		101	
	Fraunhofer bas				44	44			43		43		43	
	Fraunhofer median				76	75			74		72		72	
	Greenpeace		88	86	84	80	77	75	72	71	70	70	69	68

Figure 7 Comparaison entre CCE Nucléaire Ancien-Rénové, Nucléaire Nouveau et LCOE Éolien Terrestre, en €₂₀₁₀/MWh



Comparaison entre nucléaire et solaire photovoltaïque

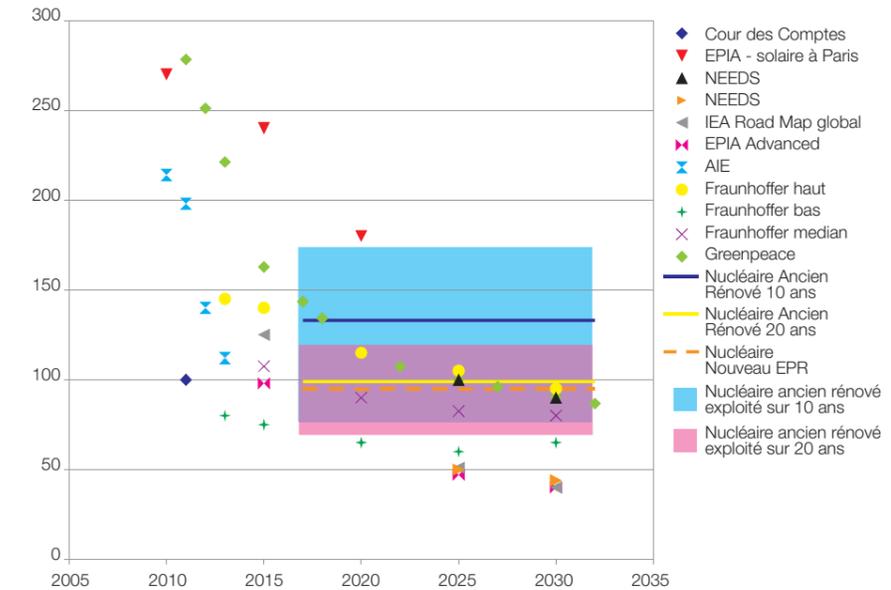
Dans le cas de l'énergie solaire en France il faut attendre 2018 pour que le solaire photovoltaïque soit, dans la majeure partie des cas, compétitif face à un réacteur nucléaire ancien-rénové pour une exploitation de 10 ans (zone bleue), et l'horizon 2025 pour que le solaire soit majoritairement compétitif face au nucléaire-rénové à 20 ans (zone rose) et au nucléaire nouveau (de type EPR).

Il est nécessaire de rester prudent car les données présentées pour le solaire sont des données concernant des zones géographiques différentes en France et en Europe.

Le tableau ci-dessous résume les données exploitées par la Figure 8.

		2010	2011	2012	2013	2015	2017	2018	2020	2022	2025	2027	2030	2032
Solaire	Cour des Comptes		100											
	EPIA - solaire à Paris	270				240			180					
	NEEDS haut										100		90	
	NEEDS bas										50		44	
	IEA Road Map global					125					51		40	
	EPIA Advanced					98					47		40	
	Fraunhofer haut				145	140			115		105		95	
	Fraunhofer bas				80	75			65		60		65	
	Fraunhofer median				113	108			90		82,5		80	
	AIE	214	198	140	112				60					
Greenpeace		278	251	221	163	143	134	116	107	100	96	90	87	

Figure 8 Comparaison entre CCE Nucléaire ancien-rénové, nucléaire nouveau et LCOE Solaire, en €₂₀₁₀/MWh



Comparaison entre nucléaire et éolien maritime

La compétitivité du parc éolien maritime face au nucléaire ancien-rénové dépend très fortement des hypothèses de rénovation du parc (sûreté préservée ou renforcée) et de la durée d'amortissement de l'investissement sur 10 ou 20 ans.

L'éolien maritime devient compétitif à partir de 2020 dans le cas du scénario de « sûreté renforcée », amorti sur une durée d'exploitation de 10 ans.

Par ailleurs, à partir de 2025, l'éolien maritime présente des niveaux de coût de production similaires à ceux du nucléaire ancien-rénové dans un scénario de « sûreté préservée » amorti sur 20 ans, et du nucléaire nouveau (type EPR : pointillés oranges).

Pour rappel, la durée d'amortissement sur 20 ans préempterait fortement la décision de l'ASN d'autoriser ou non l'exploitation des réacteurs au-delà d'une première prolongation de 10 ans²⁹.

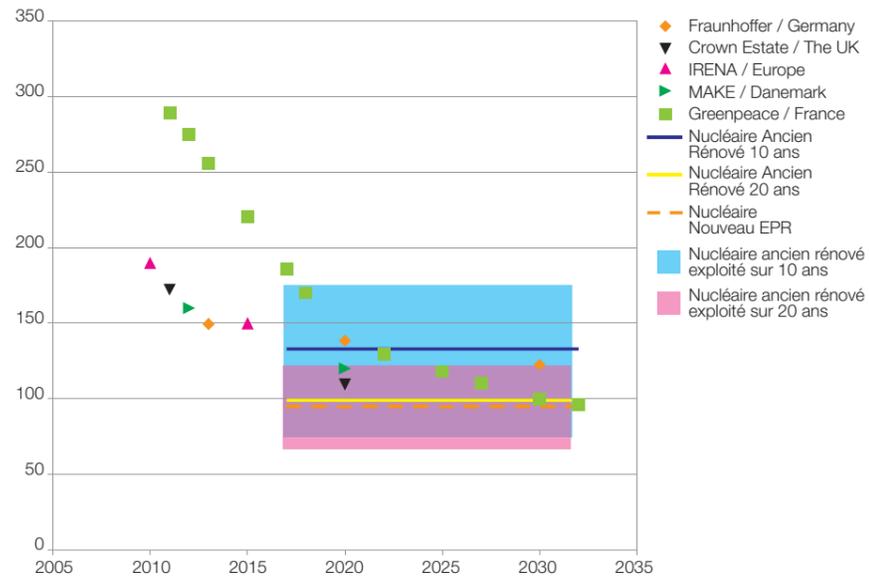
Enfin, il est important de noter que les retours d'expérience sur les projets éoliens maritimes sont à ce jour bien moins fournis que ceux des projets solaires et éoliens terrestres.

Le tableau ci-dessous résume les données exploitées par la Figure 9.

		2010	2011	2012	2013	2015	2017	2018	2020	2022	2025	2027	2030	2032
Éolien Maritime	Fraunhofer haut				185				170				150	
	Fraunhofer bas				114				107				95	
	Fraunhofer / Germany				150				139				123	
	Crown Estate / The UK		172				148		109					
	IRENA / Europe	190				150								
	MAKE / Danemark			160					120					
	Greenpeace / France		290	275	256	220	186	170	138	130	118	111	100	96

29 <http://www.asn.fr/Presse/Actualites-ASN/Des-enjeux-majeurs-pour-la-surete-nucleaire-et-la-radioprotection-en-2014>

Figure 9 Comparaison entre CCE Nucléaire Ancien-Rénové, Nucléaire Nouveau et LCOE Éolien Maritime en €2010/MWh



Conclusions

Greenpeace constate que :

- Le coût courant économique de l'électricité produite par chaque réacteur rénové à un niveau de sûreté approchant des exigences de l'EPR atteindrait **133 €/MWh**. Cela correspond à un investissement de près de 4,4 Md€ par réacteur (rapport Wise).
- Le coût courant économique du nucléaire dépasserait, dans ces conditions, les coûts futurs de production des principales énergies renouvelables électriques. Ce dépassement serait effectif dès aujourd'hui pour l'éolien terrestre (coût compris entre 40 et 80 €/MWh), dès 2018 pour le solaire et à partir de 2020 pour l'éolien maritime (cf. Figure 1).
- **Le choix d'une prolongation du parc nucléaire** qui limiterait la hausse des coûts de production de l'électricité nucléaire, et assurerait sa rentabilité face aux énergies renouvelables, **conduirait à un niveau d'investissement entraînant une dégradation du niveau de sûreté des réacteurs.**
- Le remplacement du nucléaire ancien par des réacteurs nouveaux type EPR n'apporterait pas les mêmes avantages sur les coûts de production que les renouvelables.

Greenpeace est une organisation indépendante des États, des pouvoirs politiques et économiques. Elle agit selon les principes de non-violence et de solidarité internationale, en réponse à des problématiques environnementales globales. Son but est de dénoncer les atteintes à l'environnement et d'apporter des solutions qui contribuent à la protection de la planète et à la promotion de la paix.

Contact : cyrille.cormier@greenpeace.org

Publié en juin 2014 par :

Greenpeace France
13, rue d'Enghien
75010 Paris, France
Tél : 01 80 96 96 96