



Débat sur l'Energie et les  
Tensions Environnementales  
2b, rue Jules Ferry – 93 100 Montreuil

---

## « *EOLE ou PLUTON ?* » 2003 - RESUME -

---

Antoine **BONDUELLE** (*auteur principal*)  
et Mathias LEFEVRE

**Décembre 2003**

Rapport commandité par **GREENPEACE**<sup>®</sup>

## Introduction

La France, notamment à travers un débat national et le vote prochain d'une loi d'orientation sur les énergies, se pose ouvertement la question de la nécessité de construire prochainement un réacteur EPR (European Pressurized Reactor) de démonstration. Selon Mme Fontaine, Ministre Déléguée à l'Industrie, cette question n'intervient pas dans la perspective d'une relance immédiate du nucléaire, mais au contraire, dans l'optique « *de disposer du maximum d'options énergétiques ouvertes et de pouvoir ainsi réellement décider de remplacer ou non tout ou partie du parc par un nouveau parc nucléaire* » à l'horizon 2020-2025<sup>1</sup>.

Pour contribuer à ce débat, Greenpeace a demandé à l'association DETENTE de mettre à jour un calcul déjà diffusé par cette association en 1999, le rapport « Eole ou Pluton ? »<sup>2</sup>. L'idée est simple : si, au lieu de dépenser une somme considérable pour construire l'EPR, EDF investissait dans un programme éolien équivalent : Quelle serait alors la quantité d'électricité produite ? Et combien d'emplois pourrait-on espérer pour l'économie française ?

La production à grande échelle d'électricité à partir d'éoliennes terrestres ou maritimes n'est plus une vue de l'esprit. Depuis la première étude menée en 1999, on a pu constater de nombreux développements pour l'industrie éolienne, et notamment son taux de croissance annuel supérieur à 30% depuis dix ans. L'éolien aujourd'hui en France, c'est une puissance installée de plus 220 MW, pour une capacité de production de plus 300 GWh<sup>3</sup>. Ces valeurs sont néanmoins très en deçà de l'équipement des pays les plus avancés.

Le but du rapport n'est pas de mettre au point une stratégie globale de l'énergie. Ainsi, l'objectif n'est pas de proposer le « tout éolien » en substitution du « tout nucléaire » mais bien de fixer les ordres de grandeur sur les sommes mises en jeu dans un programme tel que l'EPR, et de montrer ce qu'il serait possible de réaliser, avec les mêmes moyens, en développant une filière propre sans déchets ni effet de serre. Cette exigence se reflète dans les attentes des clients d'EDF. Ceux-ci, lorsqu'ils furent interrogés par l'entreprise nationale en janvier 2002, ont massivement exprimés une forte priorité (85%) pour l'avenir de l'entreprise : « la mise au point de nouvelles techniques d'énergies renouvelables (hydraulique, éolienne, solaire, biomasse) »<sup>4</sup>.

Le présent rapport entend donc illustrer deux choix possibles pour l'électricien national. D'un côté, un conservatisme peu créateur d'emplois et générateur de risques financiers et commerciaux importants. De l'autre, une stratégie ambitieuse qui diversifie réellement les sources d'énergie. Une comparaison rigoureuse des coûts et des conséquences pour l'emploi pourra alimenter le débat et évaluer l'enjeu social pour le pays.

---

<sup>1</sup> Extrait du Livre Blanc sur l'énergie présenté par Mme Fontaine le 7 novembre 2003 : [www.industrie.gouv.fr](http://www.industrie.gouv.fr)

<sup>2</sup> « Eole ou Pluton ? », rapport rédigé par Olivier Finet et Alain Dorange (1999)

<sup>3</sup> Selon l'ADEME : <http://suivi-eolien.com>, au 19 mai 2003.

<sup>4</sup> Les études d'opinion les plus récentes sur la France sont compilées en annexe.

## **Méthodologie**

L'étude consiste à évaluer à dépenses égales le programme éolien que EDF pourrait réaliser par rapport à la construction d'un réacteur EPR. L'étude compare la production et les emplois créés pour les deux filières. Autour de son scénario central, l'étude se décline en trois variantes pour évaluer la sensibilité de différents critères.

Ce travail met l'investissement sur un pied d'égalité dans les deux formes d'énergie : dans les deux cas, EDF est considéré comme l'investisseur et le gestionnaire des centrales électriques. L'égalité des conditions économiques, par exemple pour les taux d'intérêts bancaires et l'accès à l'investissement, est nécessaire pour parvenir à une comparaison équitable.

### **Une estimation prudente des coûts**

Afin de donner plus de poids aux arguments du rapport, DETENTE a fait le choix de privilégier autant que possible les sources officielles ou gouvernementales, comme le Commissariat Général au Plan ou EDF, pour les discussions sur les coûts et les performances du nucléaire et de l'éolien. Cela n'empêche pas le texte de soupeser chaque donnée, et de faire référence aux doutes sur la crédibilité de certains chiffres, mais de manière générale, le choix privilégié est conservateur en faveur du nucléaire. Cette remarque vaut en particulier pour les autres lecteurs européens, habitués à plus de distance vis-à-vis de l'Etat ou des industriels du nucléaire, et qui jugent peu pertinentes les discussions franco-françaises sur le coût du nucléaire et la possible rentabilité de cette énergie. Ce choix peut donc surprendre, mais il s'agit d'une condition de départ pour débattre en France sur des prémices acceptables.

En résumé, les choix des hypothèses pour développer le scénario de cette étude et ces variantes, sont très conservateurs, sous-estimant globalement les coûts du nucléaire et surestimant ceux de l'éolien. Toutes les hypothèses sur l'économie et la productivité des sources d'énergie de la comparaison sont détaillées dans les parties 2 et 3 du rapport. (voir récapitulatif dans l'annexe 1 du résumé)

### **La méthode du calcul actualisé**

La comparaison du présent rapport porte sur des sources d'énergie très différentes dans leur réalisation, leur fonctionnement et leur durée de vie. La comparaison serait par conséquent faussée si la facture de départ était considéré comme unique base. On a ainsi fait appel à une méthode courante chez les économistes : l'actualisation. Cette notion consiste à considérer les sommes d'argent en perspective ; plus on s'éloigne dans le temps, moins on accorde de l'importance aux sommes en jeu. Une dépense réalisée dans cinquante ans a donc très peu de poids dans la comparaison, alors qu'une dépense de l'année est considérée... à sa pleine valeur de l'année. D'une année à l'autre, les dépenses à venir sont réduites en fonction d'un pourcentage appelé taux d'actualisation, dans le cas présent 8%, soit le taux utilisé officiellement en France pour la planification<sup>5</sup>

### **Un scénario central et trois variantes**

Dans le scénario central, EDF construit soit le réacteur démonstrateur EPR actuellement proposé, soit un programme d'éoliennes à partir du même budget et sur les mêmes bases économiques. Sont ensuite comparées les conséquences énergétiques et sociales des deux programmes. Ce scénario central représente les données les plus équilibrées de coût et de productivité des équipements.

Deux variantes d'hypothèses servent à comprendre la sensibilité des paramètres de coût. Elles se basent sur ce même scénario de construction d'un réacteur EPR. Mais ces deux jeux d'hypothèses, combinent respectivement les données favorables au nucléaire et défavorables à l'éolien pour la première, et à l'inverse, les données défavorables au nucléaire et favorables à l'éolien pour la seconde.

Enfin, la troisième variante examine la possibilité d'une construction d'autres réacteurs, souvent présentée comme pouvant abaisser les coûts de l'énergie nucléaire. Bien qu'un tel scénario soit fort peu probable, il nous est apparu pourtant intéressant d'étudier une telle variante pour analyser l'effet d'échelle. Dans celle-ci, un train de quatre réacteurs est construit une fois le prototype complété et après plusieurs années de fonctionnement.

Le présent résumé présente les résultats du scénario central. L'ensemble des résultats des trois variantes, sont présentés dans la partie 4 du rapport.

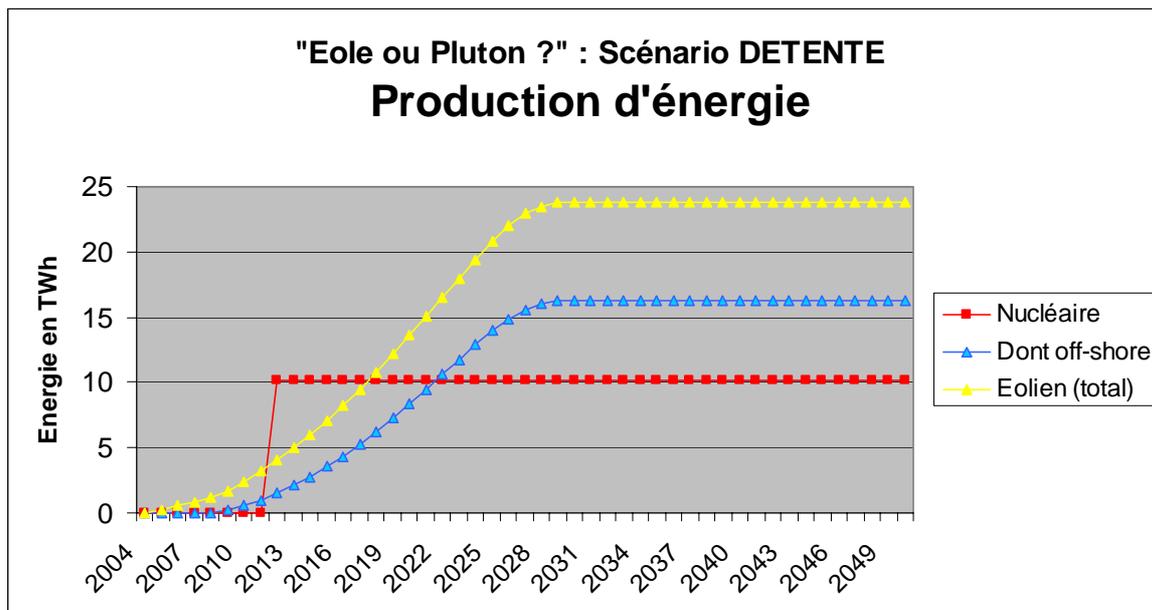
---

<sup>5</sup> Une critique est souvent portée sur le taux d'actualisation dans le cas d'investissements de très long terme comme le nucléaire, car cette technique aboutit à écraser fortement les dépenses de l'aval du cycle (démantèlement, gestion des déchets nucléaire). Pour un taux de 8%, les dépenses de l'avenir lointain sont en effet quasi-négligées.

## Principaux Résultats

Le scénario DETENTE « Eole ou Pluton ? » 2003 se basent sur les données les plus équilibrées pour les coûts et pour la productivité des équipements. Cette comparaison entre la construction d'un réacteur EPR et un programme éolien pour un même coût total, montre un net avantage pour l'éolien pour les deux calculs détaillés, c'est-à-dire l'électricité produite et le nombre d'emplois créés. Ceci est significatif dans les courbes ci-dessous.

### Production d'énergie

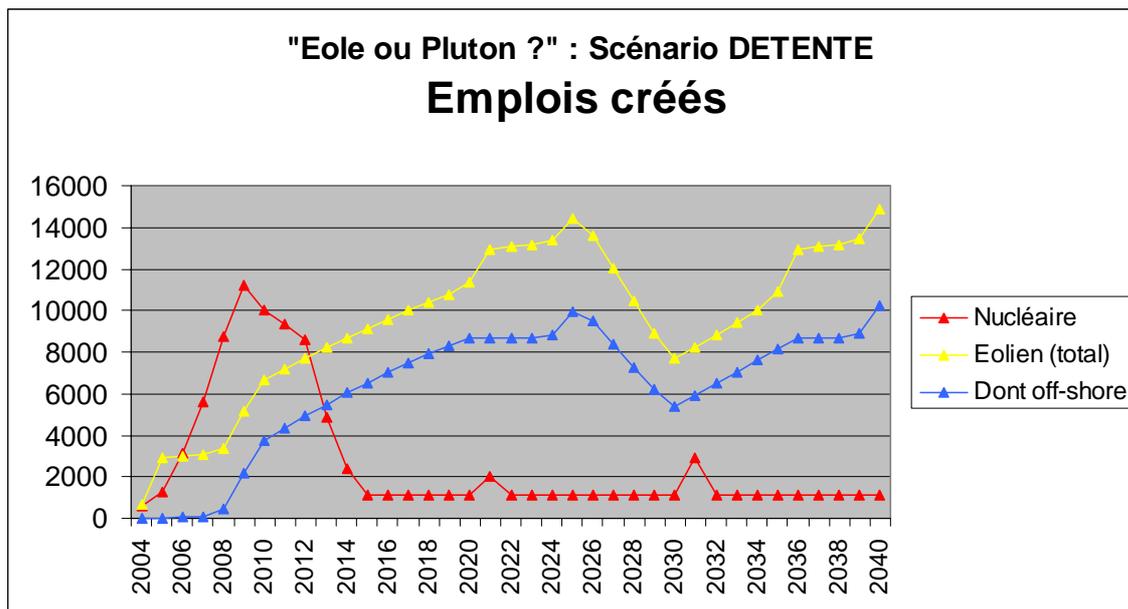


Un programme éolien de même coût total que la tête de série EPR produit clairement plus de courant à son apogée (2,3 fois plus), soit près de 24 TWh par an, contre 10 TWh pour le réacteur nucléaire.

Cette production annuelle, apparente sur la courbe, n'est pas nécessairement la même que la production actualisée, telle qu'utilisée dans tous les calculs économiques de l'étude. Les productions qui arrivent tôt dans la période sont en effet favorisées par l'actualisation. Ainsi, la production actualisée éolienne n'est « que » de 52% supérieure (111 TWh contre 73 TWh sur la durée de vie du projet) car celle-ci arrive plus tard que la production nucléaire.

En effet, dans le cas présent, l'éolien a une montée en puissance plus régulière que le nucléaire, cela représenter un avantage en termes de répartition de charge industrielle et de surcapacité. Les besoins en production électrique de la France seront en effet très importants vers 2030 (fin de vie du parc), alors que l'arrivée d'une centrale de base vers 2012 (comme ici pour l'EPR) sera plutôt un handicap commercial pour EDF. A cette époque en effet, les besoins se manifesteront le cas échéant en pointe. Nous voyons ainsi que le calcul actualisé favorise fortement la production la plus précoce alors que la valeur de cette dernière peut être limitée dans un pays comme la France.

## Emplois Créés



Le résultat en terme de création d'emplois est particulièrement spectaculaire.

Dans le cas du nucléaire, le chantier et la phase de construction en usine créent jusqu'à 8000 emplois éphémères<sup>6</sup>. Ce chantier se concentre essentiellement un peu avant la mise en service du réacteur en 2012. Mais ces quelques années de chantier sont rapidement épuisées et l'éolien, dont les chantiers sont mieux répartis dans le temps, prend rapidement le dessus.

Mais surtout, l'emploi permanent dans le nucléaire, qu'il s'agisse de maintenance ou de pilotage du réacteur, reste très limité, même en utilisant des ratios favorables au nouveau réacteur nucléaire<sup>7</sup>.

Seuls quelques chantiers et pièces de rechange liées à la « jouvence » (visibles sur la droite de la courbe d'emploi nucléaire) correspondent à des créations plus importantes d'activité liées au réacteur EPR. Pour l'éolien, la baisse de la courbe vers 2030 correspond au choix de ne pas construire de nouvelles éoliennes dans le cadre du scénario après 2030. La courbe d'emploi remonte ensuite avec le remplacement régulier des turbines.

La répartition des créations d'emploi dans le temps n'est pas la même entre les deux techniques concurrentes. On peut cependant les comparer sur la base des « emplois-années ». Ceci correspond en quelque sorte à la « surface » de la courbe montrée précédemment. On peut aussi considérer que la création d'emploi est un bien public que l'on peut considérer dans le temps en l'actualisant. En effet, l'emploi créé rapidement peut avoir une plus grande valeur pour un gouvernement ou des élus politiques. Ces deux termes sont donnés dans le tableau suivant, en utilisant le taux de 8% utilisé jusqu'à récemment par les pouvoirs publics français<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Ce chiffre est supérieur à celui de 5000 emplois des constructeurs, cité par Le Point du 27/07/2003 (« les fissures de l'EPR », par Marc Nexon)

<sup>7</sup> Les ratios d'emploi permanent dans le nucléaire sont issus des chiffres de la SFEN (Société Française d'Énergie Nucléaire), soit 20 000 emplois à l'EDF et 20 000 chez les sous-traitants du parc nucléaire. On a considéré que les emplois créés par le nouveau réacteur s'ajoutent à ceux existants dans les anciens réacteurs, sans transfert entre les sites. Il s'agit d'une hypothèse nettement favorable au nucléaire.

<sup>8</sup> Ce terme décrit l'utilisation « obligatoire » de ce taux dans tous les travaux officiels jusqu'aux derniers exercices de planification des Pouvoirs Publics. Ceci n'est plus le cas semble-t-il mais aucun autre chiffre n'a remplacé le taux de 8%. C'est pourquoi on a testé un autre taux (3%) à titre de sensibilité, qui donne un résultat encore plus favorable à l'éolien.

Emplois dans le scénario DETENTE « Eole ou Pluton? »						
	Emplois.années			Emplois.années actualisés		
	EPR	Eolien	Ratio	EPR	Eolien	Ratio
DETENTE	133 477	630 339	4,7	50 051	98 502	2,0

En données brutes sur la durée de vie du programme (soit 60 ans pour la durée officielle du réacteur EPR), le nombre d'emplois.année est près de cinq fois plus élevé pour l'éolien que pour le réacteur EPR. En données actualisées, qui marquent une préférence pour le présent, ce ratio descend à 2, ce qui reste particulièrement important pour deux programmes d'importance identique. Il s'agit à chaque fois d'une différence majeure du point de vue des effets sociaux du programme.

## **Influence des variantes**

Dans tous les cas de variantes, la production annuelle de l'éolien dépasse celle du nucléaire à la fin de la période de construction. Même dans la variante où une série de quatre réacteurs est construite à la suite du prototype, la production reste nettement plus élevée en éolien, à hauteur de 30% (65 TWh/an contre 50 TWh/an), pour une dépense identique.

Concernant la création d'emploi, elle reste dans l'ensemble des cas, largement en faveur de l'éolien. Les ratios emplois.années étant, même pour une série de construction de 1 + 4 EPR, près de 3 fois plus faible pour le nucléaire (ce ratio est de 1,6 en données actualisées).

L'ensemble des résultats sous forme graphique est donné en annexe 2.

## **Conclusion**

L'étude comparée de deux programmes de taille identique que peut mener EDF montre tout d'abord que le nouveau réacteur nucléaire représenterait une dépense considérable vis-à-vis d'autres choix. Le lancement d'un tel projet constituerait un camouflet pour les citoyens et consommateurs français qui souhaitent en grande majorité un « rééquilibrage » en faveur des énergies renouvelables.

Le rapport DETENTE « Eole ou Pluton ? » montre que les mêmes sommes d'argent bloquées par le projet EPR auraient un impact majeur si cette somme était investie dans un grand programme éolien géré par EDF.

**Tout d'abord, l'énergie produite par le vent serait bien supérieure, plus de deux fois plus importante à terme.**

**Mais, surtout l'impact sur l'emploi serait nettement plus propice, dans une proportion jusqu'à cinq fois supérieure aux emplois créés par le nucléaire.**

Ce sont de tels calculs – et l'observation des faits en Allemagne - qui ont favorisé les prises de positions des syndicats tels que le DGB en faveur des énergies renouvelables. Cette position est même partagée par les représentants de l'énergie du grand syndicat allemand.

## Annexe 1 :

### Résumé des hypothèses de coût et de productivité des équipements

#### Tableau récapitulatif des variantes :

Variante	Caractéristiques
<b>DETENTE « Eole ou Pluton ? »</b>	1 EPR, Hypothèses médiantes sur les coûts
Variante EoP-H	1 EPR, Hypothèses favorables au nucléaire et défavorables à l'éolien
Variante EoP-B	1 EPR, Hypothèses défavorables au nucléaire et favorables à l'éolien
Variante 1+4 EPR	1, puis 4 EPR, Hypothèses médiantes sur les coûts

#### Résumé des hypothèses de l'EPR

Résumé des hypothèses sur l'EPR				
	Unités	Scénario DETENTE	Variante EoP-H	Variante EoP-B
Durée de vie économique	Années	60 ans	60 ans	50 ans
Durée de chantier	Années	8	6	12
Facteur de production	%	75	90	71
Investissement brut* (série de dix)	Par réacteur	1550	1472	1705
Intérêts intercalaires	€kWe	527	380	728
Fonctionnement	€MWh	10,46	4,8	12,55
Démantèlement	€kWe	15% sur coût DIGEC	15% sur coût DIGEC	50% sur coût DIGEC
Provisions supplémentaires	€MWh	0,61	0	3
Combustible	€MWh	8,4	6,9	8,4
Retraitement et/ou stockage	€MWh	4,12	2,74	16
Assurance	€MWh	0,22	0,22	13,72
Recherche	€MWh	1,14	0,76	2,29
Coûts externes	€MWh	4,95	2,5	7,4

\* Hors intérêts intercalaires et démantèlement - DETENTE 2003

#### Résumé des hypothèses de l'éolien

Résumé des hypothèses sur l'EPR				
	Unités	Scénario DETENTE	Variante EoP-H	Variante EoP-B
Durée de vie économique	Années	15 ans	60 ans	50 ans
Durée de chantier	Années	4	4	4
Facteur de production (à terre)	Heures/an	2800	2500	3020
Facteur de production (en mer)	Heures/an	3300	3100	3500
Investissement terrestre	€kWe base 2001	Base 962 €kWe puis baisse	Idem	Idem
Investissement off-shore	€kWe base 2001	Base 1995 €kWh puis baisse	Idem	Idem
Intérêts intercalaires (8% d'actualisation)	%	3,8% de l'investissement		
Intérêts intercalaires (3%)	%	2,3% de l'investissement		
Fonctionnement	€MWh	Voir tableau		
Démantèlement	€kWe	20% de l'investissement initial	Idem	Idem
Combustible	€MWh	Pas lieu	Pas lieu	Pas lieu
Retraitement et/ou stockage	€MWh	Pas lieu	Pas lieu	Pas lieu
Assurance risque nucléaire	€MWh	Pas lieu	Pas lieu	Pas lieu
Coûts externes	€MWh	2,24	3,65	0,84

\* Hors intérêts intercalaires et démantèlement - DETENTE 2003



