

**Photovoltaïque et éolien : Energies d'avenir ... ou pas**

**1. INTRODUCTION**

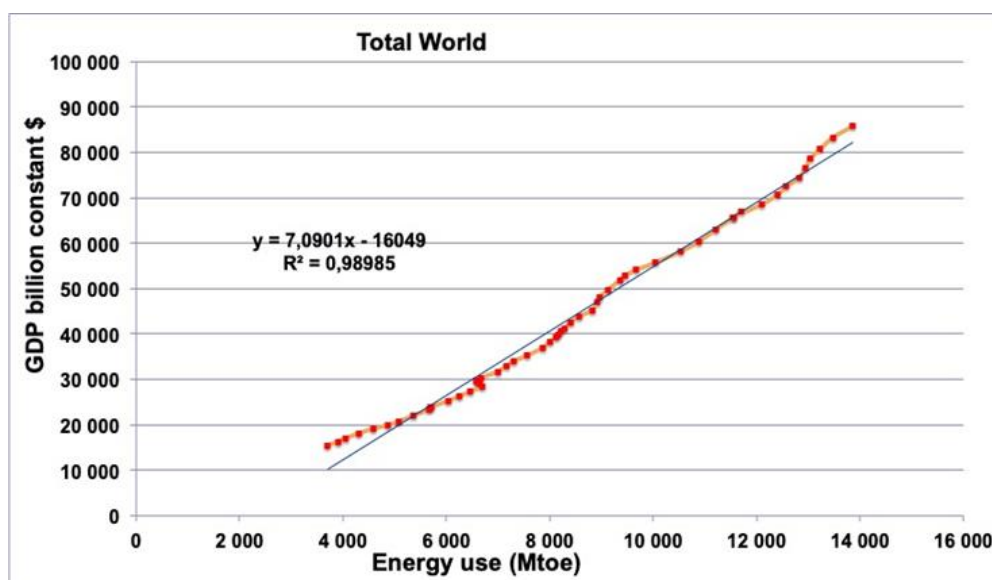
Pendant de nombreuses années la classe politique française a dénigré le nucléaire. Le sénat vient de revenir sur la loi de transition énergétique qui voulait limiter le nucléaire à 50 % de la production électrique avec les conséquences sur la fermeture de centrales (Fessenheim), l'arrêt des programmes de recherche (Astrid), et la perte de compétence (retard et surcoût de l'EPR).

La motivation de cette transition énergétique était de limiter le réchauffement climatique en s'appuyant sur le modèle allemand qui a développé à outrance l'énergie éolienne et photovoltaïque. Ce qu'on oublie de dire dans l'argumentation c'est que la France a une intensité carbone de 83 g/kWh grâce au nucléaire alors que l'Allemagne est à 508 g/kWh ceci à cause de l'exploitation d'énergies complémentaires fossiles, nécessaires pour compenser l'intermittence des énergies éoliennes et photovoltaïques [Réf. 1]<sup>1</sup>.

L'énergie est le moteur de notre univers et à notre petite échelle sur terre on est soumis aux mêmes lois. Notre souci actuel est bien le réchauffement climatique lié aux millions de tonnes de CO2 que nous relâchons dans l'atmosphère, conjointement liés au besoin d'énergie. La nature, pour nous faire un environnement confortable, a stocké, depuis des centaines de millions d'année le surplus de carbone dans les entrailles de la terre.

Pour des besoins d'énergie nous réactivons actuellement tout ce carbone ce qui risque de nous ramener à l'époque du carbonifère avec une température moyenne de 16° C. Le premier réflexe est de dire « *limitons notre consommation d'énergie* ». Mais est-ce possible ?

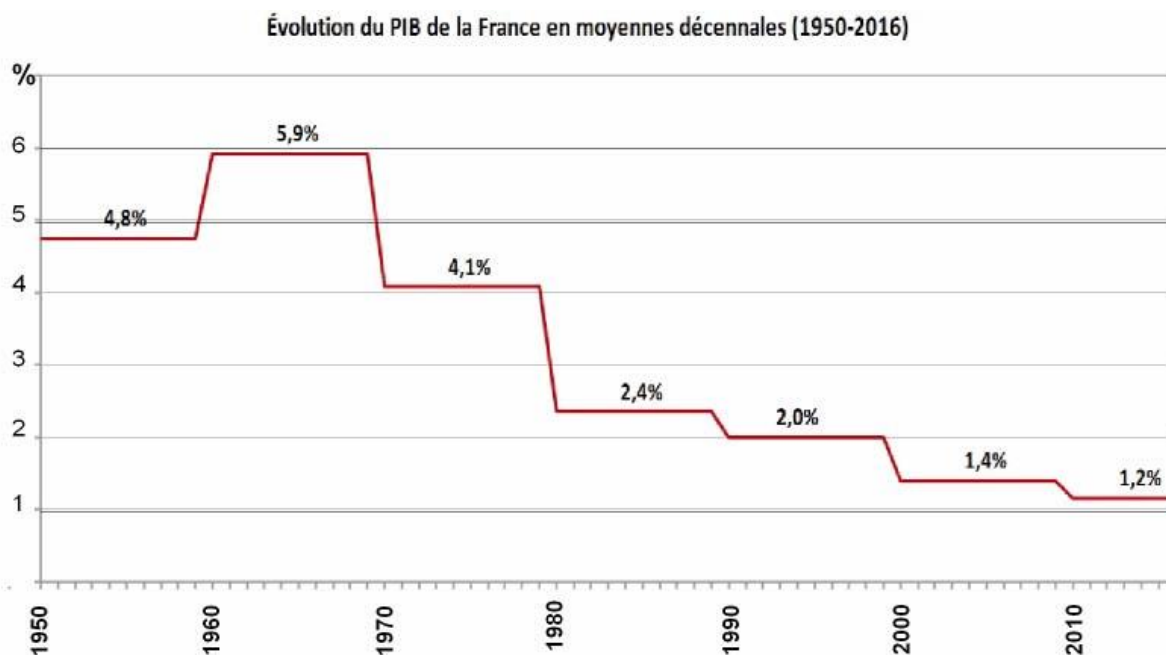
Dans la société actuelle le niveau de vie se mesure en PIB. Or le PIB est parfaitement corrélé à la consommation d'énergie comme le montre la figure 1 ci-dessous.



**Figure 1 : Relation entre le PIB et la consommation d'énergie**

La figure 2 ci-après donne l'évolution du PIB par pas de 10 ans depuis 1950. Voir [fiche d'actualité GAENA n°22](#) [voir Réf. 2]. « *Analyse de la faisabilité du projet RTE – AIE dans le cadre de la stratégie bas carbone* »

<sup>1</sup> *European Scientist : Electricité française Vs energiewende allemande du 02 janvier 2023.*



**Figure 2 : Evolution du PIB par pas de 10 ans**

Lors de la période faste des années 70 l'évolution moyenne du PIB était de 6 %. L'évolution se stabilise depuis 10 ans à une valeur moyenne de 1,1 %, valeur moyenne sur 10 ans, ce qui semble raisonnable pour maintenir notre niveau de vie actuel avec son évolution normale et l'augmentation de la population, toute valeur négative marquerait une période de récession comme cela s'est produit début 2020.

Cela signifie qu'il faut continuer à consommer raisonnablement de l'énergie et qu'il est donc nécessaire de transférer toutes les utilisations d'énergie fossile vers des sources moins polluantes via l'électricité. Dans la [fiche d'actualité GAENA n° 9](#) [Réf. 3] on avait déjà identifié certains domaines potentiellement adaptables. Besoin en énergie électrique pour répondre à cette nécessité d'évolution

Mis à part l'hydraulique, dont l'augmentation de la capacité est limitée, les trois grandes sources disponibles et bien connues sont l'éolien, le photovoltaïque et le nucléaire. **Mais dans quelle proportion pour avoir un bon équilibre ?**

## 2. BESOIN EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE POUR RÉPONDRE À CETTE NÉCESSITÉ D'ÉVOLUTION

Avant d'élaborer une quelconque solution il est impératif de dimensionner le besoin futur. Dans les années 2000/2010 la consommation d'électricité augmentait de 0,6 % par an. Mais avec les objectifs sur la transition énergétique, ce taux de progression devrait fortement augmenter comme le laisse entendre les hypothèses du rapport RTE<sup>2</sup> [voir Réf. 4] sur la transition énergétique.

La projection 2050, avec une première étape en 2030/35, nécessite de définir un modèle d'évolution avec les données de départ. Nous reprendrons le modèle<sup>3</sup> qui a été défini dans la [fiche argumentaire GAENA n° 4](#) [voir Réf. 5] et qui recalait bien les prévisions de l'ODCE.

$$C^{2050} = C^{2020} (1+p)^a$$

$C^{2050}$  = consommation évaluée pour 2050

$C^{2020}$  = consommation réalisée en 2020

P = facteur de progression annuel

a = nombre d'années concernées

Le paramètre dimensionnant dans ce modèle est le facteur de progression p.

Le tableau 1 ci-après donne une estimation de la consommation supposée pour les années 2035 et 2050 en fonction du taux de progression et en prenant le bilan de production d'électricité pour l'année 2019 publiée par RTE et disponible sur le [site énergétique du GAENA](#), rubrique [Statistique de production d'électricité](#).

<sup>2</sup> RTE Bilan prévisionnel long terme « Futurs énergétiques 2050 ».

<sup>3</sup> Un modèle permet de fixer des étapes intermédiaires.

Taux de progression annuel %	Consommation 2035 (TWh)	Consommation 2050 (TWh)	Commentaires
0,06			Taux années 2000
0,1	545	630	Projection RTE
0,12	562	672	Doublément du facteur de progression par rapport 2000
0,14	572	713	Proposition conseil scientifique
0,16	576	756	

**Tableau 1: Evaluation du besoin électrique en 2035/2050**

Ces évaluations recalent bien les estimations que l'on trouve dans différentes études.

**Attention** : Ce sont les valeurs de consommation et non la production réelle qui ont été prises ici. Avant 2020 il y avait un surplus de production de l'ordre de **60 TWh** qui permettait à la France d'être exportatrice et de couvrir d'éventuellement aléas.

Le Rapport RTE de 2021 intègre déjà l'évolution de la consommation liée à la transition énergétique. Mais l'analyse faite par le GAENA montre que dans de nombreux domaines l'évolution a été largement sous-estimée en matière de besoins électriques pour les transports, pour la production d'hydrogène, pour les usages domestiques... (Voir [fiche d'actualité GAENA n° 24](#)) [Réf. 6].

### 3. PRODUCTION DE CO2 LIÉE À LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE. Hypothèses d'évaluation

Avec l'objectif zéro carbone il ne faut pas avoir recours à des énergies de substitution encore trop pourvoyeuses en CO2, tout en étant conscient qu'il faut diversifier les sources de production.

Pour évaluer le bilan carbone de la production électrique sur la période 2020-2050 on a pris les hypothèses suivantes :

- Taux de progression de l'électricité de 0,14 %
- Production d'énergie hydraulique 60 TWh. Invariable sachant que les possibilités sont quasiment toutes exploitées
- Le gaz de substitution produit 450 kg de CO2 / MWh
- Facteur de charge moyen 22 %

Le tableau 2 ci-dessous donne la production de CO2 correspondante pour les deux hypothèses 50 % de 70 % de nucléaire.

Besoin électrique (TWh)	% de nucléaire	Nucléaire TWh	Hydraulique (TWh)	Intermittentes + complément (TWh)	Part du gaz complément <sup>4</sup> (TWh)	Production CO2 (10 <sup>6</sup> tonnes)
713	50	356,5	60	293	253	114
713	70	500	60	153	135	61

**Tableau 2: Evaluation du taux de production de CO2 en 2035/2050**

Ce tableau montre que le fait de ramener la part du nucléaire de 70 à 50 % revient pratiquement à doubler les émissions de CO2 générées par les appels aux gaz pour couvrir le besoin électrique.

### 4. QUE CONCLURE DE CE CONSTAT ?

Avec l'objectif zéro carbone il ne faut pas avoir recours à des énergies de substitution encore trop pourvoyeuses en CO2, tout en étant conscient qu'il faut diversifier les sources de production.

Pour les pays, dont la production électrique repose pour une grande part sur l'énergie fossile, les énergies intermittentes éoliennes et photovoltaïques sont certainement une bonne solution puisque la production de CO2 passera de 900

<sup>4</sup> Ne connaissant pas la part respective de l'éolien et du photovoltaïque on a pris la répartition donnée par le projet R0 du rapport de RTE donnée en énergie (1/4 pour la part photovoltaïque et 3/4 pour la part éolien). A partir du facteur de charge respectif de l'éolien 24,4 % et 15 % du photovoltaïque on en déduit le facteur de charge moyen des énergies intermittentes, soit 22 %.

kg/MWh (charbon) à moins de 450 kg/MWh (gaz). Ce n'est pas le cas pour la France qui repose sur un socle à 6 g/MWh avec le nucléaire.

En se basant sur les hypothèses faites précédemment et avec l'objectif zéro carbone il est évident qu'il faut garder une part conséquente de nucléaire comme énergie de fond sur une base de 70 %, fondée sur 40 ans d'expérience. Pour répondre au besoin croissant d'énergie le reste sera assuré par des énergies renouvelables et du gaz, complément nécessaire aux énergies intermittentes. **Mais là on n'est pas du tout dans l'objectif affiché de zéro carbone.**

Alors comment réduire cette part si l'on ne veut pas réduire la consommation d'énergie ? La solution n'est plus simplement technique, elle est pour une grande part sociétale. Nous sommes dans une société du « tout, tout de suite ». Autrefois quand il n'y avait pas de vent, le meunier réorganisait son travail et reportait la production de farine à une période ventée. Dans nos sociétés avancées basées sur la communication, n'est-il pas possible de se rapprocher de ce modèle ?

La transition énergétique devra se faire par un transfert massif d'activités à partir d'énergie fossile vers les énergies renouvelables ces dernières étant de préférence utilisées lorsqu'elles ne feront pas appel au complément fossile.

Dans certain domaine ceci est facilement réalisable. Pour la production d'hydrogène, par exemple, on peut facilement envisager les champs photovoltaïques dédiés. Pour le reste de l'activité humaine le problème est certainement plus difficile à gérer mais le principe de gestion de l'électricité existe déjà (compteur jour/nuit, tarif dégressif sur certaines périodes, décalage de l'activité comme le font déjà certains boulangers...).

Les progrès techniques tel que le principe du compteur Linky, la précision des données météorologiques et la facilité des communications par SMS, devraient aider à une meilleure gestion de l'électricité, par des tarifs incitatifs ; par exemple la recharge des véhicules électriques à des tarifs moins chers quand l'électricité est excédentaire, les tarifs étant affichés et actualisés en direct.

#### 4. CONCLUSION

Pour les pays, dont la production électrique repose pour une grande part sur l'énergie fossile, les énergies intermittentes éoliennes et photovoltaïques peuvent être une solution. Mais on voit que **la situation internationale remet en cause ce modèle.**

Pour la France il est difficile de comprendre les choix politiques de nos décideurs. Ils proposent un objectif de Zéro carbone avec un transfert massif vers l'électricité mais en remplaçant une production électrique non carbonée par une production électrique carbonée. **On ne peut pas afficher simultanément deux objectifs contradictoires.** Il y a sans doute d'autres arguments non affichés. Un calcul de « coin de table » comme celui réalisé ici aurait du attirer l'attention de nos décideurs.

L'explication repose peut-être sur les deux constats suivants :

- Le discours d'**Yves BRECHET**, Haut-commissaire à l'énergie atomique de 2012 à 2018, lors de son audition de la commission d'enquêtes parlementaires : « **Le point commun à tous ces politiques ? Ils n'écoutent pas leurs conseillers techniques et scientifiques ni les autorités compétentes sur le sujet.** »
- Les paroles prononcées par Jean-Baptiste COFFINHAL, le président du tribunal révolutionnaire lors du jugement de Lavoisier « **la République n'a pas besoin de savants !** »

#### 5. SOURCES

[Réf. 1] : European Scientist : Electricité française Vs énergiewende allemande du 02.01.2023

<https://www.europeanscientist.com/fr/opinion/electricite-francaise-vs-energiewende-allemande-un-match-sous-haute-tension>

[Réf. 2] : Fiche d'actualité [GAENA N° 22](#) « Analyse de la faisabilité du projet RTE – AIE dans le cadre de la stratégie bas carbone à l'horizon 2050 ».

[Réf. 3] : Fiche d'actualité [GAENA N°09](#) « Objectif de réduction de 40 % des gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990 prévu par le Plan Stratégique pour l'Energie et le Climat est-il atteignable ? Analyse, propositions ».

[Réf. 4] : Rapport RTE Bilan prévisionnel «Futurs énergétiques 2050 : les scénarios de mix de production à l'étude permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 » : <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques>

[Réf. 5] : [Fiche d'argumentaire GAENA N° 4](#) « France ; Quelle énergie pour demain ? ».

[Réf. 6] : [Fiche d'actualité GAENA N°24](#) « Estimation du besoin électrique lié à la transition énergétique. Les biais des rapports RTE et négaWatt 2021 ».