

Quelques éléments pour réfléchir à notre mix énergétique

à partir du débat « Penly » de la CNDP (Fin 2022-Deb. 2023)

Par Frédéric Livet, directeur de Recherches Emeritus CNRS

Un débat a été organisé par la Commission Nationale de Débats Publics (CNDP) pour informer les citoyens de notre pays sur les propositions gouvernementales de construire de nouvelles centrales nucléaires. Il m'a paru utile de mener une réflexion sur le rôle des énergies renouvelables intermittentes et du nucléaire dans notre pays aujourd'hui et à l'avenir. J'y ai fait un certain nombre d'interventions écrites qui visaient à expliquer le problème. Le débat n'a pu se tenir complètement à la suite de l'obstruction des militants antinucléaires qui ont pris argument des discussions menées sur le mix énergétique au Sénat.

Comme la CNDP a accepté l'arrêt de toute discussion sur le fond suite au blocage de ces militants et a préféré renoncer à intervenir sur le problème en transportant le débat sur le terrain des opposants, il m'a paru important de rassembler mes interventions pour répondre aux frustrations du public. Elles ont pris comme source quelques-unes des très nombreuses interventions (plus de 1000) apparues sur le site de la CNDP. Mes informations ont été largement inspirées par la situation de la production à travers les figures extraites du site « electricitymaps ». J'ai pensé que c'était la meilleure illustration des problèmes que poserait à l'avenir une production électrique qui s'appuierait principalement sur des renouvelables intermittents. Les avantages de l'option nucléaire sont aussi discutés. Je me suis permis quelques critiques quant à la posture assez tendancieuse des organisateurs du débat. Il y a 18 chapitres qui font un peu le tour du débat. Je les ai numérotés de 1 à 18.

1-Il faut une source d'électricité pilotable et décarbonée

Pour discuter ce problème, je compare les moyens de production d'électricité en France et en Allemagne. La figure 1 jointe montre la ventilation des divers moyens de production en 2020. On peut voir que, pour sensiblement la même production électrique, l'Allemagne a installé un équipement double : 123GW intermittents et presque autant de « pilotable » (~115GW). Elle est donc parée pour le cas où il n'y a ni vent, ni soleil. La France, que l'on dit « en retard » est très différente : nous n'avons alors « que » 32GW d'intermittents renouvelables. Les Allemands sont bien prêts aux problèmes afférents aux basses puissances renouvelables. Par opposition, nous avons fermé des moyens pilotables (les 2 réacteurs de Fessenheim, et aussi 10GW de centrales au charbon qui seraient bien utiles pour quelques heures de « pointe », que maintenant les Allemands remplissent avec du charbon.

Par contre, on voit sur la figure 2 que les résultats de l'Allemagne sont bien moins brillants en matière de CO₂, et cela ne s'améliorera pas car leurs centrales au charbon fonctionnent à pleine puissance avec les prix actuel du gaz ! On voit là l'effet désastreux de fermer les centrales nucléaires !

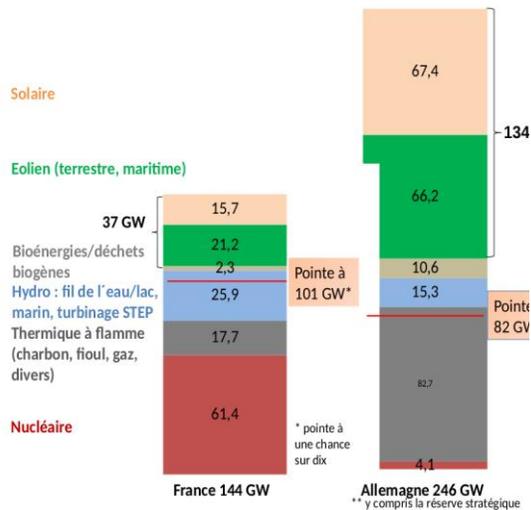


Fig. 1- Les puissances installées en France et en Allemagne (2022)

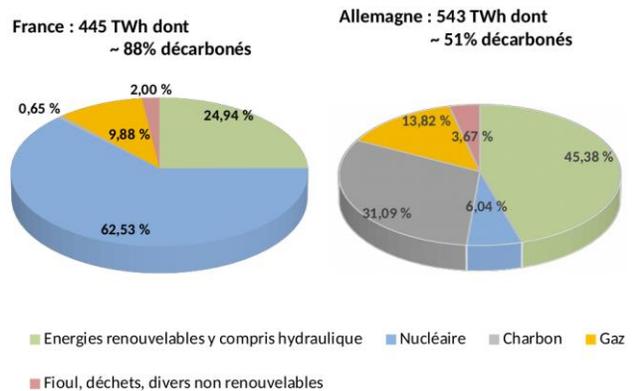


Fig. 2- Les sources de production de l'électricité: résultat ~60gCO2/Kwh (2021) et 100g (2022) en France, 447gCO2/KWh(2021) et 480 (2022) en Allemagne (chiffres de ci-dessus : 2022)

Il y a trois enseignements à cette situation :

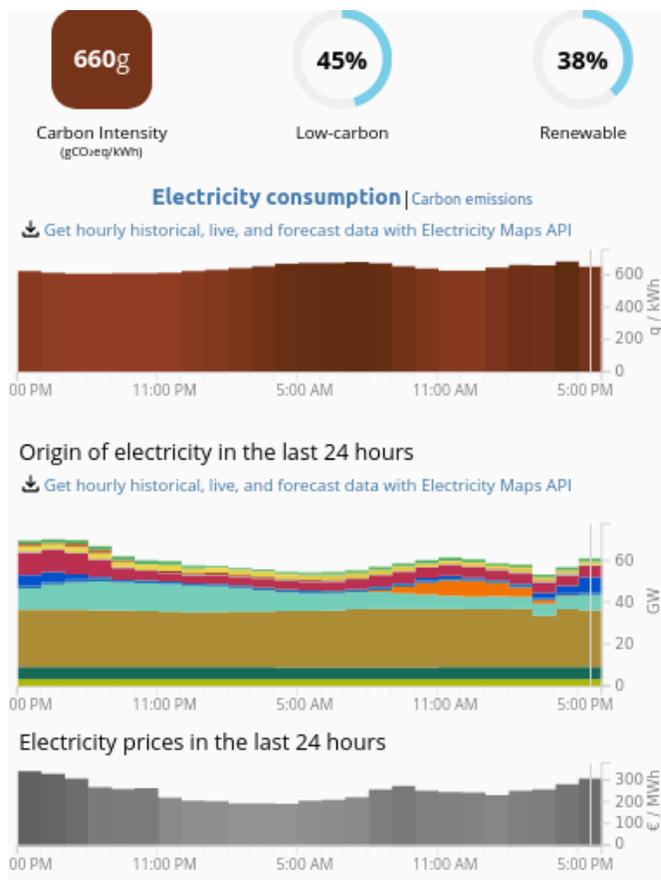
- Un fort développement de renouvelables intermittents oblige à garder des sources de production pilotables.
- Si on refuse le nucléaire, on est obligé de garder sous le coude des centrales utilisant des carburants fossiles émettant beaucoup de CO2
- Si comme le dit Greenpeace, on se rabat sur le gaz, qui reste un gros émetteur de CO2, la montée des prix du gaz oblige à utiliser le charbon.

2-Pourquoi l'Allemagne n'est pas un exemple

Dans nos débats, on entend souvent l'Allemagne être citée en exemple, et j'entends des regrets que la France ait pris du retard dans le développement des renouvelables. Or, si l'on s'intéresse aux émissions de CO2, il faut regarder les « performances » allemandes en ce moment sur le site :

<https://app.electricitymaps.com/zone/DE>

En ce moment (26 Novembre, 21 heures), le vent est assez faible et la consommation électrique moyenne. On extrait la figure qui donne la ventilation de la production électrique allemande :



On peut détailler : en haut, les émissions sont de 660g/kWh, ce qui met l'Allemagne au second rang des pays européens après la Pologne. La raison est la forte contribution du charbon (figure du bas, en marron, autour de 28GW), la faible contribution de l'éolien (en vert clair). Ces émissions sont très élevées parce qu'il y a peu de vent. En ce cas, les centrales « fossiles » tournent à fond, et, comme le gaz est cher, on s'est tourné vers le charbon.

La vertu « verte » de l'Allemagne tombe un peu à l'eau. L'argument des besoins de la France est bien faible, avec moins de 1GW exportés au secours de notre déficit.

Le base du problème est qu'en l'absence de nucléaire, il est nécessaire de recourir aux centrales fossiles pour combler les manques de vent et de soleil.

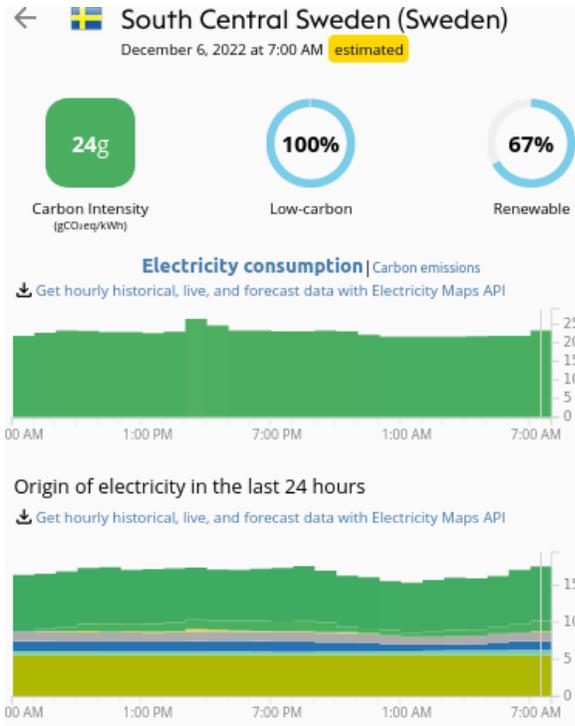
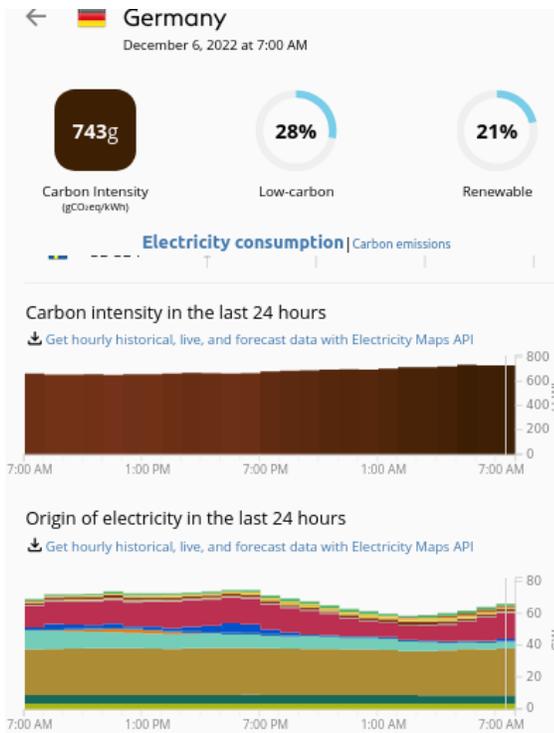
Dans les projets allemands, le recours au gaz, combiné avec beaucoup de renouvelables avait

permis une (modeste) décroissance des émissions allemandes en dessous de 400g/kWh l'an dernier, mais le retour du charbon montre bien l'impasse de cette politique.

Alors, je pense qu'il est plus urgent de maintenir et de développer une production nucléaire que d'investir dans des installations renouvelables intermittentes qui en plus polluent nos paysages. Et pour nos voisins allemands, qu'ils imaginent ce que seraient leurs émissions s'il avaient gardé leur excellentes centrales nucléaires et pas leurs centrales au charbon ! Ils avaient de 21GW de puissance nucléaire en 2004, ce qui couvrirait aujourd'hui une grande partie de leurs besoins fossiles.

3-Comparer les émissions de CO2 de la Suède et de l'Allemagne

On peut extraire du site « electricitymap » les figures ci-dessous qui représentent les productions d'électricité de l'Allemagne et de la Suède aujourd'hui (6 Décembre 2022, 9:38). Outre les émissions globales de CO2, on trouve sur la figure du bas la ventilation des diverses productions d'électricité : Comme il y a peu de vent en Europe du Nord, ces deux pays doivent trouver moyen de produire leur électricité. En marron, la production de charbon, en rouge celle du gaz, en vert celle de l'hydraulique, en vert clair le nucléaire, et en bleu-vert l'éolien.



En Europe du Nord, peu de vent ! Alors nous avons le système électrique allemand qui bat tous ses records d'émissions de CO₂ (742g/kWh), étant seulement dépassé en Europe par la Pologne (1001g). Piètre résultat pour le pays qui se pose en pole position en matière d'électricité renouvelable ! On peut anticiper ce qui se passera dans notre pays quand on aura « rattrapé notre retard » en matière d'installations renouvelables : La croissance annoncée de la consommation d'électricité et la fermeture de centrales nucléaires nous mettra en difficulté, sauf à avoir, comme cela se produira sans doute, mis en service quelques centrales au gaz.

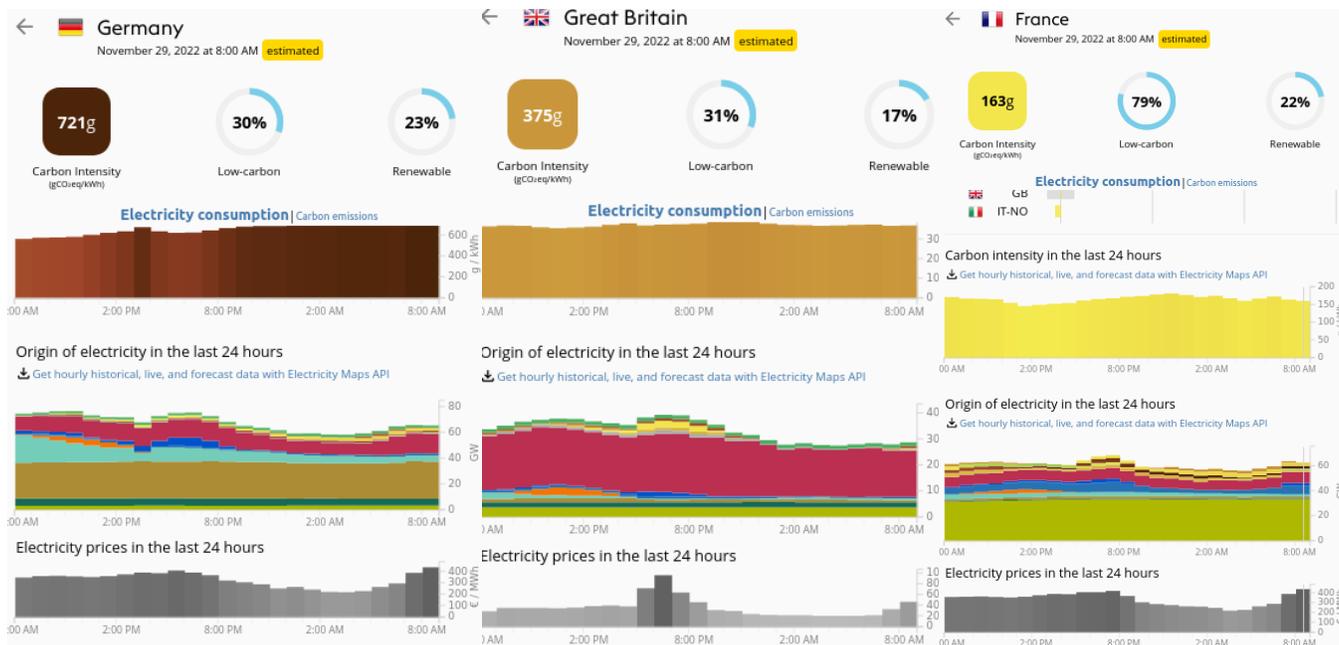
Il faut opposer à ce système les performances de la Suède, que l'on peut voir sur la figure jointe à droite (le centre/sud de la Suède qui couvre l'essentiel des consommations), et qui montre que ce pays a des performances remarquables en matière de production d'électricité. La partie verte en haut correspond à des importations d'électricité hydraulique depuis le Nord du pays, et la Suède a gardé une importante puissance nucléaire.

La France n'a pas sous le pied une telle contribution hydraulique. Dans une période semblable, si nous ne disposons pas de suffisamment de puissance nucléaire, nous aurons recours au gaz, comme le Royaume Uni, ou, comme en ce moment, au charbon allemand.

Il est donc important pour l'avenir de prolonger le plus possible nos centrales existantes et d'en construire de nouvelles.

4-Quand le vent manque...

Ici, je compare les mix correspondant aux consommations électriques de 3 pays importants ; la France, la Grande Bretagne et l'Allemagne, d'après le site « electricitymap.com » ce jour (29Nov 2022)



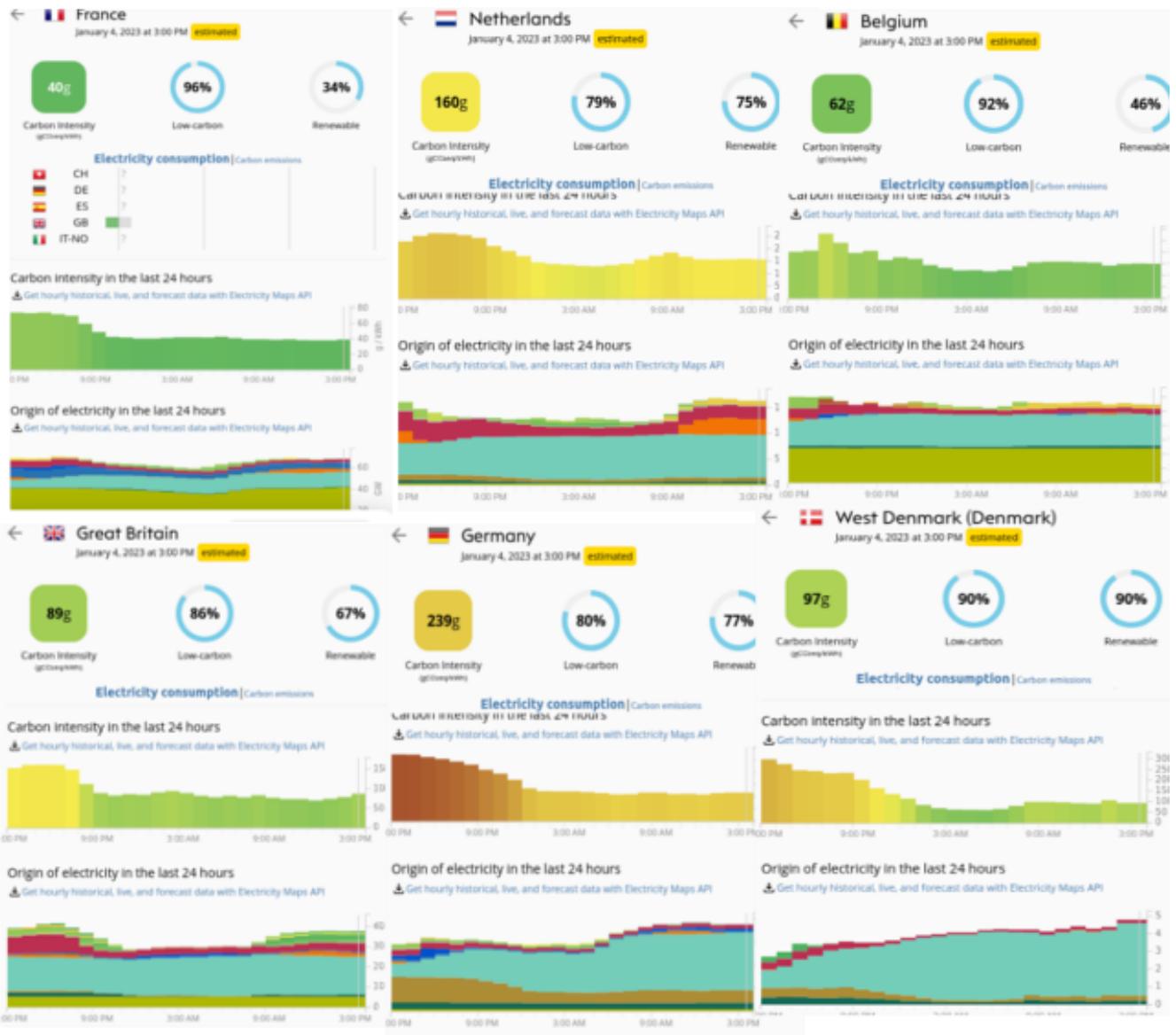
Sur ces trois figures, on voit, en haut les émissions en gCO₂/kWh. On voit que l'Allemagne bat tous les records parce qu'elle consomme beaucoup d'électricité issue du charbon (en marron clair sur le diagramme du milieu). La raison est que les vents (en bleu-vert) y sont relativement faibles. La Grande Bretagne est dans la même situation, mais elle émet deux fois moins de CO₂ parce qu'elle a fermé ses centrales au charbon et qu'elle marche alors au gaz (en rouge) qui émet deux fois moins. La France émet beaucoup plus que d'habitude (163g/kWh, au lieu de 50-60g/kWh l'an dernier), c'est essentiellement lié aux réacteurs à l'arrêt et aussi aux importations de pays comme l'Allemagne que cela nous impose : celles-ci sont incluses dans le calcul. Cependant, la France a beaucoup moins d'émissions parce qu'elle consomme à plus de 50 % de l'électricité nucléaire (en vert clair).

Ce que l'on voit ici est que avoir une grosse puissance éolienne installée, comme en Allemagne (66GW) et en Grande Bretagne (29GW) exige de posséder de grandes puissances en centrales fossiles, ce qui conduit à de fortes émissions. Le cas de la France, qui a « seulement » 19GW d'éolien est moins affecté: la France garde, malgré les offensives des courants antinucléaires, un solide socle nucléaire, qui nous éclairera encore mieux une fois que corrosions et grands carénages seront passés.

Mais la construction de nouvelles centrales nucléaires semble très appropriée.

5-Quand le vent est là...

En ce moment (4 Janvier 2023), contrairement à fin-Novembre-début-Décembre 2022, le vent est très puissant sur l'Europe du Nord, très équipée en éolien.



Cela se voit bien sur les figures ci-jointes extraites du site « electricitymap » que je reproduis

Il y a là 6 pays plus ou moins autour de la Mer du Nord, un jour de Janvier 2022 (le 4), où le vent est particulièrement fort, conduisant à un facteur de charge éolien de plus de 50 % partout (en bleu-vert). Dans le même temps, les températures très clémentes ont causé une baisse de la consommation électrique. Et on a assisté à une chute brutale du prix de l'électricité sur le marché « spot » avec le retour de prix nuls, voire négatifs. Cette situation persiste depuis quelques jours (première semaine 2023).

On voit très bien comment les pays réagissent à cette montée du vent :

-en France, on joue (en bleu foncé) sur l'hydraulique et parfois on est amené à diminuer le nucléaire (moins bien sûr que quand presque tous les réacteurs sont disponibles).

-Dans les autres pays, les moyens de production fossiles sont fortement diminués. Et cela conduit à de très faibles émissions de CO₂. C'est la situation inverse de celle que j'ai décrite à partir de la situation

du 29 Novembre (mais qui a duré fin Novembre-début Décembre) où la production éolienne était faible, la consommation électrique élevée (basses températures). Voir ma contribution au débat : « quand le vent manque », ci-dessus (Ch. 4)

Ici, il convient de remarquer que les projets de ces pays riverains de la mer du Nord sont pharaoniques en matière d'éolien : plus de 150GW de capacités de production, essentiellement offshore, en plus ! Il est impossible de savoir ce qu'on va faire de toute cette électricité quand il y aura du vent, car pour le moment, on ne stocke pas, et quand il n'y a pas de vent, j'ai déjà dit que multiplier la puissance ne permet pas de produire grand-chose, car toute cette région subit un peu les mêmes conditions météo. L'Allemagne est déjà obligée de payer les producteurs éoliens quand il faut « effacer » leur production.

On voit dans ces très importantes variations qu'il est difficile au réseau de suivre les fortes variations de puissance que j'ai décrites à partir d'une étude de statistique sur ma contribution « Evaluer l'intermittence éolienne : la France et l'Europe » du 7 Décembre (ch. 7). Tous les pays qui ont une forte composante éolienne dans leur mix ont en réserve un « backup » de puissance, et celle-ci est essentiellement fossile (voir p. ex. ch. 1). Cela à la fois grève le prix de l'électricité et leur bilan carbone.

Pour le prix de l'électricité, l'Allemagne a compris ce problème depuis longtemps (voir par exemple ma contribution du 15 Novembre : « Il faut une source d'électricité pilotable et décarbonée » (Ch. 1) où l'on voit que l'Allemagne garde une puissance mobilisable doublée entre renouvelables et fossiles) et s'est en conséquence orientée vers la construction de centrales au gaz, en anticipant des importations de gaz à bas prix depuis la Russie. Cette politique est battue en brèche par Mr Poutine, ce qui conduit à changer les orientations, comme expliqué sur le site :

<https://allemagne-energies.com/2023/01/05/la-sortie-du-charbon-necessite-la-construction-prealable-de-nouvelles-centrales-a-gaz/>;

« La construction de nouvelles centrales à gaz n'est pas rentable actuellement. De plus, les experts sont divisés sur la capacité supplémentaire qu'il faudrait construire en cas de sortie anticipée du charbon d'ici 2030. Les estimations varient entre 15 à 43 GW ». Les Allemands n'en ont pas fini avec le charbon et les fossiles !

Quant à la France, elle va avoir un problème si elle se dote d'une grande puissance de renouvelables, comme cela semble annoncé par le gouvernement : Les centrales nucléaires sont mal adaptées à une puissance de backup de 100 %, car si on sait bien moduler la puissance nucléaire, arrêter un réacteur peut être difficile (empoisonnement xénon) et cela affectera leur rentabilité car les investissements y sont très capitalistiques.

En fait, c'est le gaz qui était bien adapté à l'intermittence : une centrale au gaz ne coûte pas cher, c'est le gaz qui est cher et son cours fixe le prix de l'électricité. Il faut ~2MWh de gaz pour un MWh d'électricité, le gaz doit être à moins de 40€/MWh, ce qui semble hors d'atteinte en ce moment, et qui explique que les Allemands soient retournés au charbon.

C'est très différent pour une centrale nucléaire, c'est le coût de la centrale qui est lourd, pas son fonctionnement. Si, avec une très forte composante de renouvelables, la centrale ne fonctionne qu'à 40 % du temps, cela double le prix de sa production électrique ; de ~60-70€/MWh à 100-150€/MWh.

Il est évident que les centrales nucléaires sont un bon moyen de combattre les émissions de CO2, de plus en plus de pays le comprennent : Japon, Corée, Pays-Bas, Royaume-Uni, Pologne, Suède...Mais à mon avis le grand danger qui guette l'avenir, c'est le très important surcoût que va induire l'accroissement de la part des énergies renouvelables si on veut un backup nucléaire.

C'est principalement pour cela que les antinucléaires poussent à la combinaison gaz naturel-renouvelables.

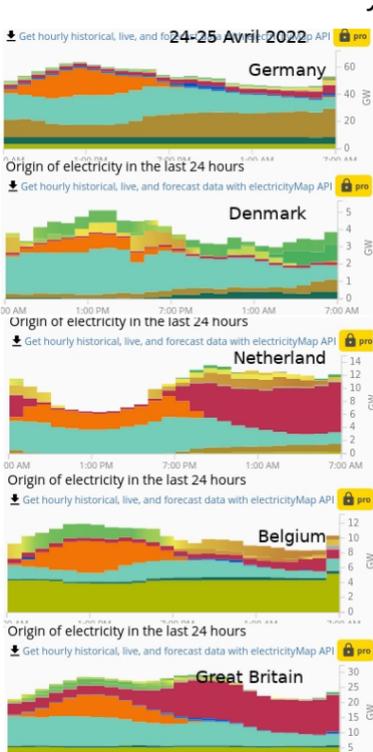
6-Le nucléaire fournit une énergie décarbonée et pilotable indispensable

Pour illustrer le besoin de disposer d'une source d'énergie pilotable, je me sers du site <https://app.electricitymaps.com/map>, qui donne la ventilation des productions d'électricité des divers pays. A cette heure (23heures, 7Novembre), je regarde l'Allemagne (DE): on voit qu'elle émet 360g de CO2 par KWh, malgré un éolien assez fort en vert clair et une consommation nocturne assez basse: 23% des besoins. Pas de PV, bien sûr. Mais on voit que DE utilise massivement le charbon (27%) et le gaz (15%)..et 7% de nucléaire (centrales qu'on est obligé de prolonger).

Il me semble essentiel de comprendre que l'introduction d'une grande quantité de renouvelables intermittents (éolien, PV) nécessite de garder de grandes puissances pilotables, et que le refus du nucléaire conduit à se servir des carburants fossiles. La France a aussi une bonne production éolienne (24% à cette heure), mais le complément est essentiellement assuré par le nucléaire (52%), malgré les nombreux réacteurs arrêtés. Celui-ci a des rejets de CO2 qui ont été récemment estimés à 4g/KWh, alors que le charbon est à 800g, le gaz vers 450g et le PV importé de Chine autour de 45g.

Pour illustrer ce problème de l'intermittence, j'ai compilé les productions certains jours du printemps dernier (2022) de 5 pays riverains de la mer du Nord. Sur la figure que je joins; je compare un jour avec une forte production renouvelable et un jour "sans vent" : en vert clair, l'éolien, en orange le PV, en brun, le charbon, en rouge le gaz, en vert-jaune le nucléaire, en vert l'hydraulique, souvent fournie par la Norvège au Danemark)

On voit que ces situations sont souvent les mêmes pour ces pays proches, et qu'ils seront peu en état de s'entraider quand leurs gigantesques projets offshore en mer du Nord seront complétés.

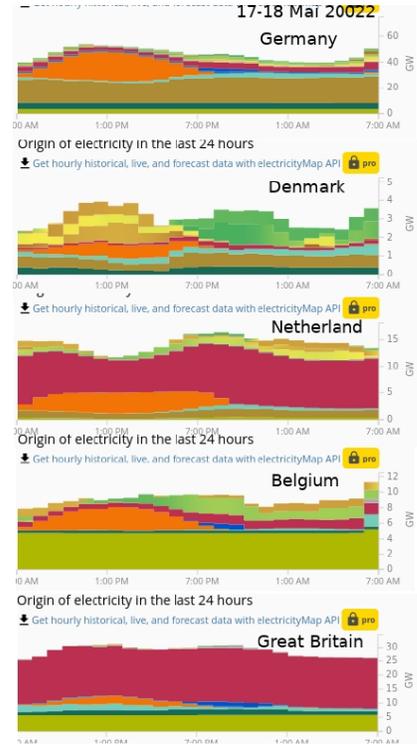


Europe du Nord (GE, DK, NL, BE, GB)

A gauche, du vent (en vert-bleu)
A droite, pas de vent.
En orange, le PV, en rouge, le gaz, en vert d'eau, le nucléaire, en marron, le charbon.

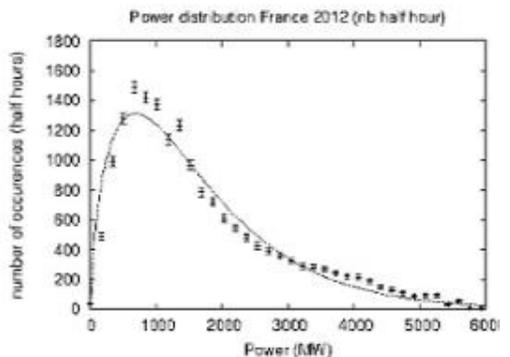
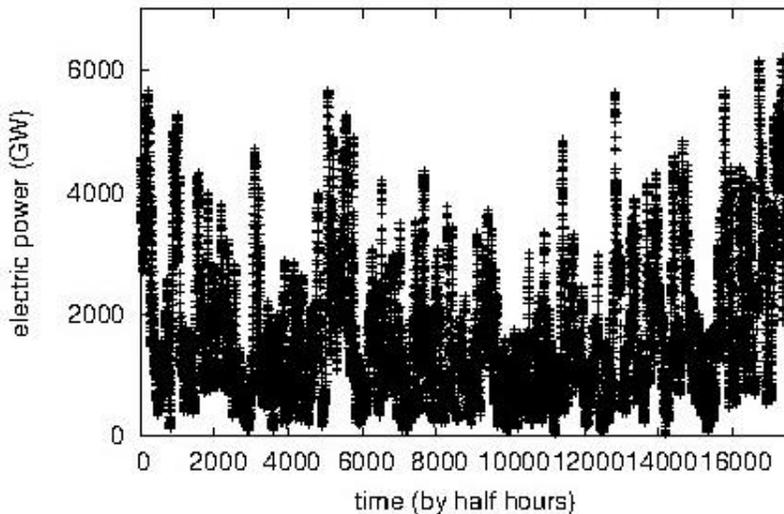
Compte tenu du prix du gaz, les pays qui ont encore du charbon ont fait un bon calcul !

Comment reporter les excédents sur les périodes de manque ???



7-Evaluer l'intermittence éolienne : la France et l'Europe

wind electric production France 2012

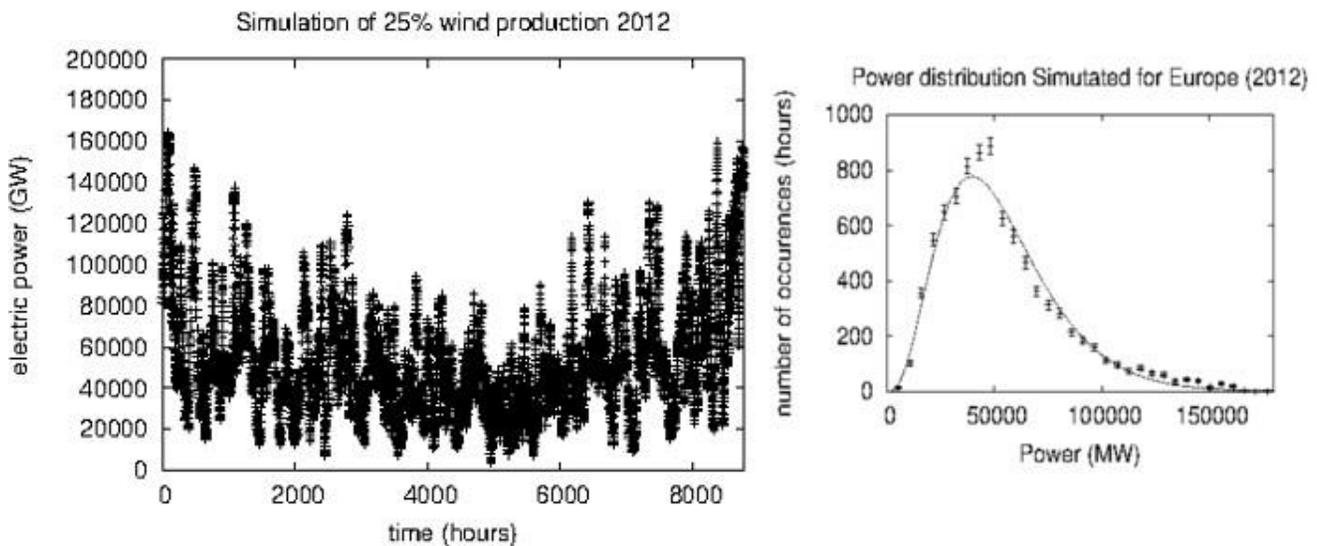


On entend dans le débat beaucoup d'interventions proposant de remplacer notre production électrique à base de nucléaire par des renouvelables (éolien, photovoltaïque, car l'hydraulique semble limité..). Or la

production éolienne française est fortement intermittente, comme montré sur la figure ci-dessus, qui utilise les données de 2012, données sur le site de P. F Bach (<http://www.pfbach.dk/>) : [Il convient de noter que j'ai écrit en ordonnées des figures de production « GW », il s'agit de « MW », désolé]

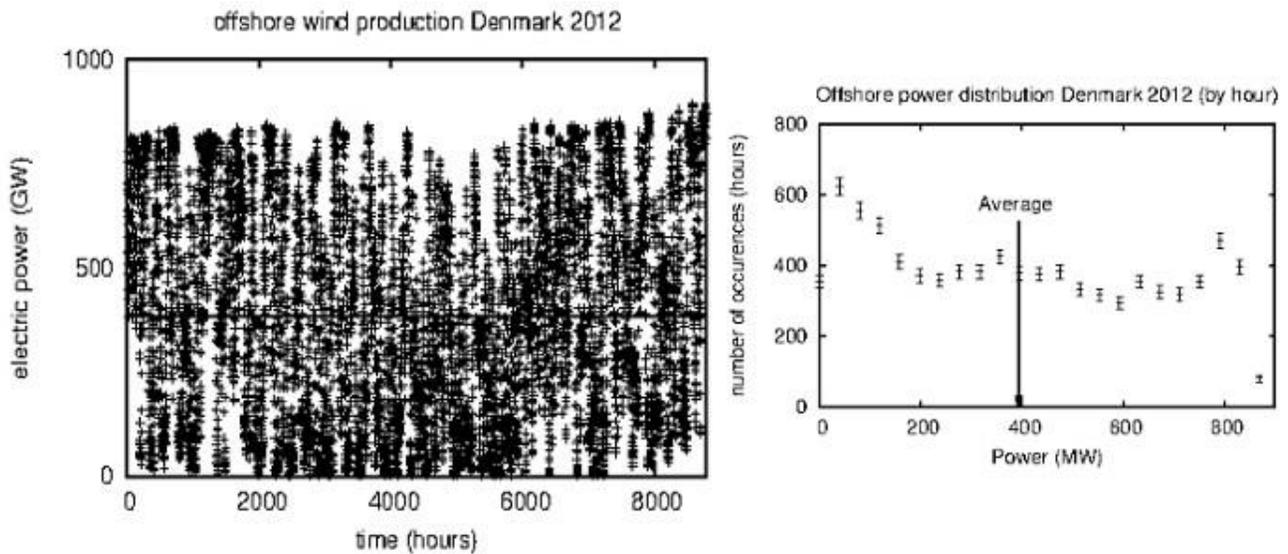
Il s'agit ici d'une série statistique. Une année, c'est 8760 heures, ici, la série est au pas de la demi-heure. On voit que la production éolienne est très irrégulière, il y a des « pics » en hauteur et des moments quasi sans production. Cela se voit assez bien sur l'histogramme correspondant, donné à droite. On a une distribution très asymétrique. Cela montre qu'il est difficile de s'appuyer sur une telle production pour répondre à tout moment aux besoins en électricité des Français. Le problème n'a pas changé car, depuis, on a essentiellement multiplié les éoliennes sans trop changer leur répartition.

Il est proposé donc de regrouper les productions européennes pour obtenir un « foisonnement », en fonction de l'adage : « il y a toujours du vent quelque part ». J'ai essayé de faire l'addition des processus observés dans divers pays européens au cours de cette même année. Comme les puissances installées sont très différentes, j'ai pour chaque pays renormalisé les productions pour qu'elles fassent 25 % de leur consommation électrique (de 2012, donc). C'était à l'époque le projet avancé de monsieur Hollande : pour avoir 50 % de nucléaire, il fallait 25 % d'éolien (au moins). J'avais les statistiques pour l'Espagne, la France, l'Allemagne, le Danemark, la Grande Bretagne et l'Irlande. On obtient la même figure que ci-dessus pour ces 6 pays additionnés :



On remarque bien des différences avec la distribution de la France seule : il n'y a plus de moment où la production serait nulle, et les « pics » sont moins accentués. On voit bien cela sur la distribution donnée ci-dessus à droite, qui est moins asymétrique et qui donne des probabilités à peu près nulles de ne pas avoir de production. En théorie statistique, la limite pour la combinaison d'un nombre croissant de pays devrait être une Gaussienne symétrique de largeur décroissante (théorème dit de « limite centrale »).

On voit qu'on en est fort loin. Comment résoudre ce problème ? D'aucuns croient qu'il suffit de mettre en place des éoliennes offshore, en arguant que le vent y est plus régulier. Cela est faux : le vent est plus fort, certes, mais tout aussi intermittent. On peut illustrer cela avec les figures ci-dessous :



A gauche, la production offshore danoise en 2012, à droite l’histogramme de la production offshore danoise cette même année. Cette production est très différente de la production « onshore » ; elle peut être très faible, ou très forte (souvent proche du maximum, alors autour de 900MW)), et passer très rapidement d’un état à un autre. On le voit bien sur l’histogramme à droite : en moyenne, le facteur de charge est meilleur ~45 %, alors que le onshore est souvent de 25 % (le Danemark est bien venté). Mais les problèmes posés par l’intermittence sont à peu près les mêmes : les vents offshore sur la mer du Nord sont fortement corrélés entre eux et aux vents de la cote. La mer du Nord est le nanar des éolistes : à peu près 150GW (BE,NL,DE,DK) y sont prévus. Là-bas, les éoliennes y produiront ou seront à l’arrêt toutes en même temps. Comment alors stabiliser un tel réseau ? Il faudra un « backup ».

Les éoliennes ont l’avantage de remplacer dans le cas de la Grande Bretagne une forte production au gaz et dans le cas de l’Allemagne, une forte production charbon-gaz. Cela diminue, quand le vent souffle, leurs émissions de CO₂. Mais dans le cas de la France, elles sont une arme contre le nucléaire, champion des basses émissions, et si on abandonne le nucléaire, il faudra faire appel au gaz. Beau résultat !

Gardons nos centrales, et construisons-en de nouvelles !

8-Pourquoi le solaire est inefficace dans cette période

Récemment, dans un débat (sur la 26, je crois), un journaliste de « Libération » a critiqué la politique énergétique en disant qu'à développer le nucléaire, on avait négligé le solaire. Le débat portait sur les problèmes actuels d'approvisionnement électrique, essentiellement dus à l'indisponibilité de puissance nucléaire (36GW produisant en ce moment sur les ~61GW installés), mais aussi à la fermeture des centrales « fossiles » (~10GW) qui servaient à « éponger » les pointes, qui se rajoute à la fermeture de Fessenheim (1.8GW).

Il convient de discuter de ce que pourrait amener en ce moment une grosse installation de PV en France. Pour cela, j'extrait d'abord le mix français de ce jour (7 Décembre 2022)

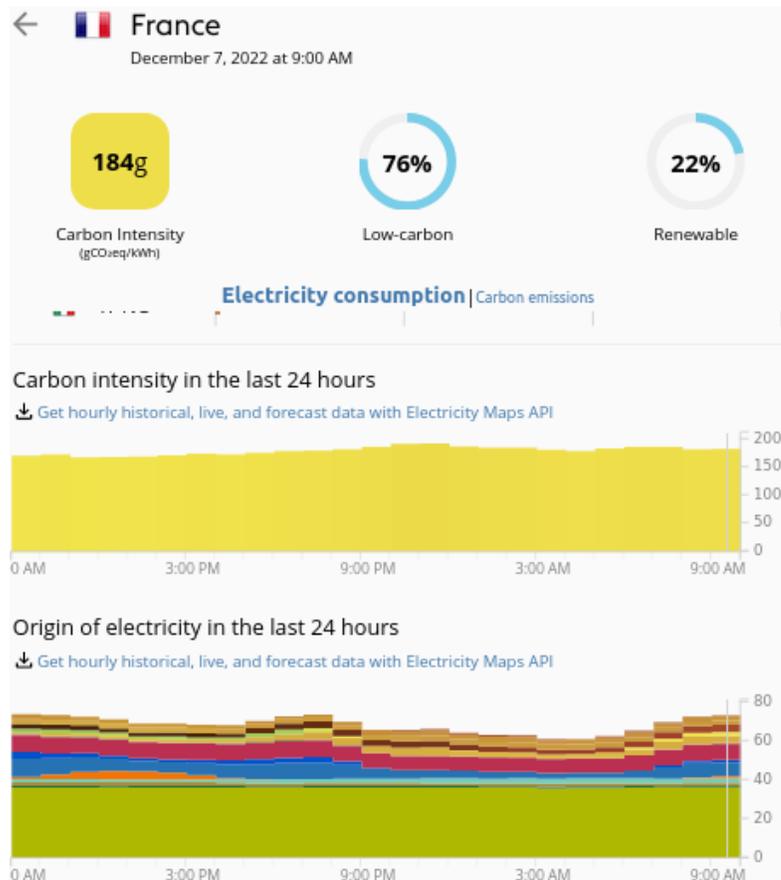
Un mix particulièrement carboné, bien sûr dû à la faible disponibilité de nos centrales nucléaires, qui nous oblige à importer de l'électricité très « carbonée » de l'Allemagne et à une importante contribution du gaz (en rouge, en bleu l'hydraulique). Très peu de vent (le trait bleu-vert au-dessus du nucléaire, en vert clair). On voit (en orange) la contribution du PV vers midi hier. Notre gouvernement a prévu d'installer dix fois plus de PV en 2050 (100GW). Il semble évident que presque rien multiplié par 10 restera pas grand'chose : le PV, ni d'ailleurs l'éolien ne peuvent répondre à la demande du jour. La remarque de notre journaliste est particulièrement peu appropriée en ce moment.

J'ai fait une très intéressante petite étude du PV en France (2013), que je vous invite à lire :

https://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf_files/etudes/production%20PV%20France.pdf

En mauvaise saison, le PV produit en moyenne 4 fois moins qu'en été et la production varie souvent d'un facteur 2 d'un jour à l'autre (nébulosité).

Il me semble qu'il faut savoir faire des choix : développer de manière inconsidérée des renouvelables pour faire plaisir à certains électeurs peut être une erreur. Souvent ils ne produisent pas grand'chose, mais s'imaginer qu'au cours de l'été on peut consommer 100GW de solaire alors que les besoins sont bas, c'est « perseverare diabolicum ».



Un effet particulièrement nocif d'un fort développement du PV dans notre pays me semble être l'accaparement agricole qu'il nous prépare. En effet, pour installer 100GW, il faut à peu près un Gm², soient 1000km² que l'on ne peut trouver qu'en stérilisant des terres agricoles. On peut en voir deux cas emblématiques :

-Le projet de Saucats, où, pour produire 1GW crête sur 1000hectares, on va abattre une forêt. On se consolera en laissant paître quelques moutons dans les herbes qui poussent entre les panneaux :
<https://www.revolution-energetique.com/la-future-plus-grande-centrale-solaire-deurope-veut-raser-une-foret-landaise/>

-Les projets, tels que décrits dans un récent article du « Monde » :
https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/12/05/dans-la-nievre-les-projets-de-centrales-solaires-en-zones-agricoles-se-multiplient-sous-tension_6152951_3244.html
on lit : « Les campagnes de la Nièvre concentrent actuellement une soixantaine de projets d'agrivoltaïsme. Des éleveurs bovins inquiets pour la survie de leurs exploitations se laissent tenter par les promesses pécuniaires, au grand dam des riverains. »...

Pour que ces centrales se développent, il faut proposer une rémunération intéressante aux propriétaires. Il est estimé que le solaire peut rapporter autour de 2500€/ha. Pour les 55ha des propriétaires de l'article du Monde, cela fait un revenu annuel de plus de 100,000€ ! Déjà un certain nombre de spéculateurs font des propositions pour recruter des agriculteurs impécunieux (p. ex. « Enoé »: « **Rentabilisez votre terrain grâce à une centrale solaire au sol** »). Cela me paraît du même tonneau que ces paysans malgaches qui se voyaient proposer par des Chinois de cultiver leurs terres moyennant un revenu qui leur aurait permis de ne plus travailler.

Plutôt que transformer nos paysans en rentiers, aidons notre agriculture qui a bien des difficultés !

9-Quid des diminutions annoncées des prix des renouvelables ?

Les prix du nucléaire futur sont très dépendants des coûts en capital (CAPEX) et des délais de fabrication. On a des fourchettes allant de 60€ à 110€/MWh, et ces coûts sont utilisés pour les confronter à ceux des renouvelables. Il me semble difficile de comparer un investissement sur 50 à 100 ans, pilotable, de même durée que celui de l'hydroélectricité avec celui sur les renouvelables intermittents.

Ici, cependant, je crois utile de relativiser les annonces de baisses de prix sur ces renouvelables.

Les coûts d'achat de l'électricité éolienne et PV sont estimés chaque année par la CRE. Pour l'instant, ce sont essentiellement des achats qu'EDF est obligé (obligation d'achat : OA) de faire sur la base de tarifs fixés. On trouve des estimations récentes sur:

<https://www.cre.fr/Documents/Deliberations/Decision/evaluation-cspe-2022>

On trouve pour 2020 (Annexe 3, p.4) et pour 2021 (Annexe 2, p.5) les tarifs moyens et les sommes payées pour les 4 dernières années, résumés sur le tableau :

| Année | Prix éolien (M€) | Éolien (€/MWh) | Prix PV (M€) | PV (€/MWh) |
|-------|------------------|----------------|--------------|------------|
| 2018 | 2306 | 88.6 | 2791 | 295 |
| 2019 | 2634 | 89.6 | 3025 | 286 |
| 2020 | 2806 | 90.6 | 3031 | 281 |
| 2021 | 2421 | 91.4 | 3257 | 273 |

Autour de 91€/MWh pour l'éolien et de 280€/MWh pour le PV. Bien sûr, cela inclut des contrats plus ou moins anciens, mais c'est ce que nous payons aujourd'hui. Actuellement avec les niveaux stratosphériques du prix de l'électricité, aucune comparaison bien entendu n'est plus possible.

Les tenants des renouvelables peuvent se targuer de diminutions: après s'être copieusement engraisés, on les soumet à des appels d'offre (AO). Cependant, les parcs offshore qui sont actuellement en construction-achèvement ont des prix très élevés (de 110 à 155€/MWh à St Briec), et cela n'inclut pas le raccordement, pris en charge par RTE, qui sera facturé aux particuliers sur le TURPE (taxe transport)

La diminution des prix, en particulier pour l'éolien fait l'objet de débats très techniques:

<https://www.briefingsforbritain.co.uk/the-costs-offshore-wind-power-blindness-and-insight/>

Il est probable que les prix aient bien diminué, en particulier pour le PV, mais cette diminution semble bien contrariée. En effet, les ENR sont très gourmandes en matériaux et en espace. Leurs besoins en acier, béton, cuivre ou néodyme sont tels qu'on anticipe des augmentations de prix. Par exemple 30% sur l'éolien. Le gouvernement est obligé de prévoir des compensations car les AO ne trouvent plus preneurs:

<https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/energies-renouvelables-la-filiere-francaise-tire-la-sonnette-dalarme-1414975>

<https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/eolien-et-solaire-l-etat-s-apprete-a-soutenir-le-secteur-face-a-l-inflation-des-couts-938787.html>

Donc au-delà des problèmes posés par l'intermittence qui obligent à surdimensionner les infrastructures et à prévoir un backup pour les périodes sans vent et sans soleil, il appert que les diminutions de prix annoncées sont probablement bien optimistes.

10-La centrale nucléaire de Penly a une bonne économie de l'espace

La centrale actuelle occupe 230 hectares. Il était prévu d'y construire 4 réacteurs, seuls deux réacteurs de puissance 1350MW ont été construits, le reste du site étant libre: https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_nucléaire_de_Penly

On veut y construire deux réacteurs de 1650MW. Donc au total, il y aura une puissance de 6000MW installés (un dixième des besoins actuels). Cela correspond à une puissance de 2600MW/km².

Il convient de comparer cela à l'espace occupé par les énergies renouvelables et intermittentes :

-Le solaire PV est autour de 100MW/km², et, dans l'exemple de Cestas, il stérilise l'ensemble du sol occupé car on y met des panneaux horizontaux pratiquement jointifs. La production réelle est de 16MW/km² (cela est dû au facteur de charge de l'ordre de 14%) :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_solaire_photovolta%C3%AFque_de_Cestas

Si on voulait avoir la même énergie que la production électrique de Penly, il faut une surface 260 fois plus grande, soient 600km² (un carré de 25km de côté).

-L'éolien à terre est ~10MW/km² (3 éoliennes géantes de 3MW), et il produit moins de 1/4 du temps. Cela fait ~2.5MW/km² en moyenne. Donc il faudrait 8000 éoliennes de 3MW sur un territoire de 2600km² et 24000MW installés. Certes, cela ne stérilise pas le terrain, contrairement au PV mais cela pourrait la vie de beaucoup de nos contemporains (actuellement, nous avons ~17GW d'éolien installés).

-La surface occupée par l'éolien en mer est du même ordre :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Parc_éolien_en_mer_de_Saint-Nazaire

480MW sur 78km², avec un facteur de charge autour de 35 %, cela fait moins de 2MW/km² en moyenne. Mais si cela ne gêne que les pêcheurs et les vacanciers...Si les projets macroniens de 40GW offshore étaient installés, nos cotes seraient décorées de ~4000 éoliennes de 250m de haut, de 10MW, visibles à 40km...

Quand on réfléchit aux moyens de produire de l'électricité, il faut se rendre compte qu'il est beaucoup plus difficile de récupérer une énergie dispersée (vent, soleil) qu'une énergie concentrée comme le nucléaire.

11-Pourquoi l'énergie nucléaire est un bon choix écologique : économie en matériaux

On entend souvent des remarques sur ces « cathédrales de béton et d'acier » que seraient les réacteurs nucléaires. Or les besoins en matériaux des diverses sources d'énergie ont été estimés par Olivier Vidal, Directeur de recherches au CNRS dans : « Matières premières et énergie ». Je donne une figure extraite de son livre.

Je résume dans un tableau les ordres de grandeur pour les 12 moyens de production quant au béton, l'acier, l'aluminium et le cuivre (en kilos/Mégawattheure, kg/MWh):

| | Béton (kg/MWh) | Acier (kg/MWh) | Aluminium (kg/MWh) | Cuivre (kg/MWh) |
|-------------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| nucléaire | 1.5 | 0.3 | 0.02 | 0.015 |
| gaz | 0.6 | 0.8 | 0.02 | 0.08 |
| pétrole | 2. | 1.2 | 0.02 | 0.2 |
| charbon | 2.5 | 1.4 | 0.05 | 0.18 |
| Éolien onshore | 12. | 3.2 | 0.05 | 1.25 |
| Éolien offshore | 18 | 3.2 | 0.06 | 0.85 |
| PV toits | 1.4 | 2.5 | 0.75 | 0.95 |
| PV sol | 17.5 | 2.7 | 0.95 | 1.6 |
| PV « optimisé » | 23. | 3.5 | 0.32 | 1.15 |
| Solaire concentr. | 9.5 | 4.7 | 0.2 | 0.28 |
| Hydroélectricité | 12.5 | 1.4 | 0.03 | 0.08 |
| Géothermie | 22. | 7. | 0.2 | 0.08 |

Evidemment ce sont des ordres de grandeur. Par exemple, les besoins en béton de l'hydroélectricité sont très variables. Mais le nucléaire quant à ses besoins se compare aux sources habituelles de production d'énergie fossile, et il est pour le béton et l'acier presque dix fois moins gourmand que l'éolien ou le PV. Pour le cuivre, dont on craint de manquer, le facteur est encore plus élevé.

Il y a deux raisons à cette différence : le nucléaire est beaucoup plus concentré, et l'intermittence des renouvelables conduit à surdimensionner les dispositifs pour les adapter à la puissance maximale.

Par exemple, le facteur de charge en France de 24 % pour l'éolien onshore et de 14 % pour le PV oblige à quadrupler la puissance installée des lignes pour l'éolien et à la multiplier par 7 pour le PV. Le résultat est que les opérateurs allemands doivent renforcer les connexions électriques locales à cause du très fort équipement des bâtiments en PV.

En outre, une centrale nucléaire de plusieurs GW occupe autour du km². Une centrale PV qui produirait la même énergie qu'un EPR (1.6GW) aurait besoin d'une puissance maxi de 10GW et occuperait 100-200km². Quant à l'éolien « onshore », on a besoin d'installer 7GW (facteur de charge 24%), soit 1700 éoliennes de 3MW (200m de haut) et cela occuperait 700Km² (en comptant 10MW/km²) .

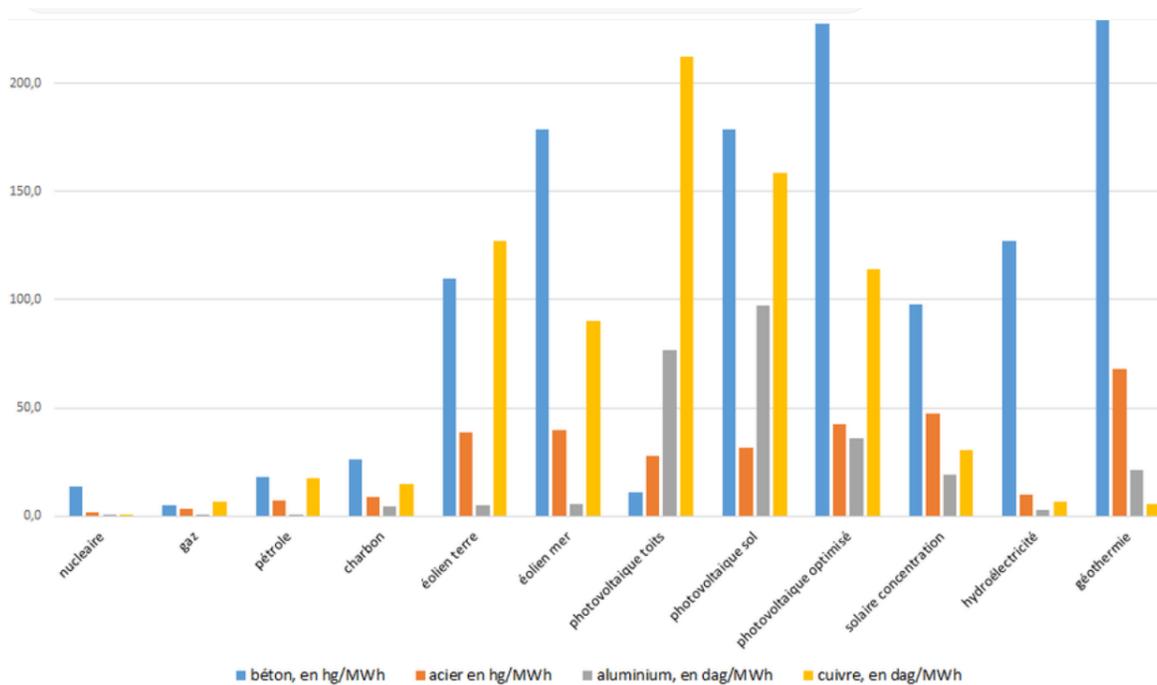


Fig. 1 Figure extraite de l'ouvrage de Olivier Vidal « Matières premières et énergie »

La question de la capacité de nos sociétés à se doter de systèmes « tout renouvelables » a été questionnée par la Banque Mondiale dans un récent rapport où étaient estimés les besoins en métaux d'une économie « tout renouvelables » :

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf>

J'en extrais la figure ci-dessous, où on estime l'augmentation de production annuelle nécessaire en 2050 si on veut 50 % d'éolien dans la production d'énergie, suivant qu'on limite le réchauffement à 2°C (en bleu) ou à 4°C (en vert).

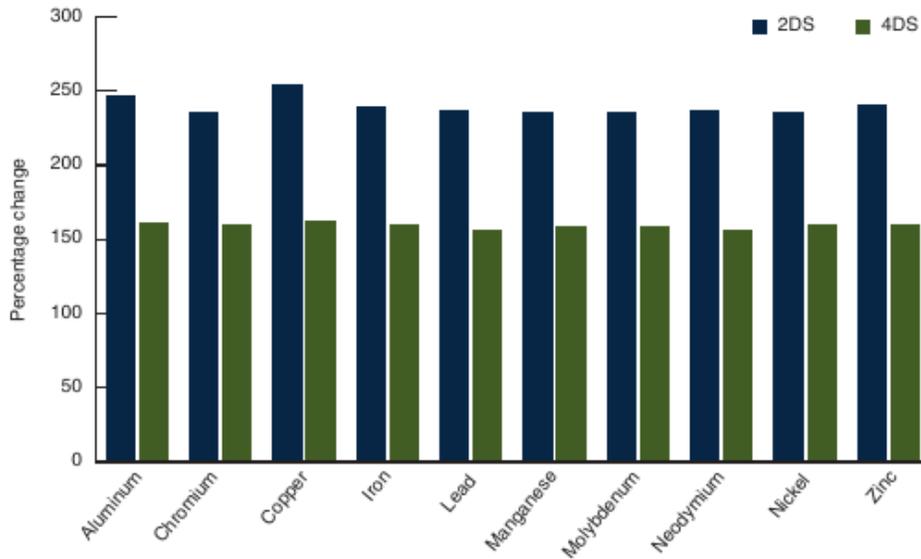


Fig. 2 -Un exemple de schémas 100% renouvelables avec 50% éolien

Il ressort que seul un important développement de l'énergie nucléaire permet une décarbonation sérieuse de la production électrique dans le monde avec une utilisation raisonnable des productions de matériaux de base. Bien sûr, cela n'interdit pas le recours aux renouvelables intermittents, en particulier dans les pays qui ont une bonne production pilotable (hydraulique...) ou si on veut rapidement diminuer une grosse consommation de charbon ou gaz. Mais si, comme en France, on prétend faire plaisir à tout le monde avec 50 % nucléaire et 50 % renouvelables, il faudra avoir de grosses réserves de puissance pour couvrir les besoins quand vent et soleil sont absents. Cela dans une société où la demande en électricité est appelée à croître.

12-Y aura-t-il assez d'uranium pour couvrir les besoins avec le nucléaire ?

Bien sûr, il est urgent de construire des centrales nucléaires. Nous avons trop tergiversé en croyant que la consommation électrique allait diminuer dans la "ligne négawatt".

Cela fait partie des "arguments" avancés par les "antinucléaires". On peut essayer de répondre ici.

L'AIEA (agence internationale pour l'énergie atomique) estime que la production d'électricité nucléaire va doubler en 2050. Cela pose évidemment le problème des ressources en Uranium (U), essentiel à cette industrie. Actuellement, la production annuelle est de ~60000tonnes, et il faudrait donc la doubler. Il semble qu'il y ait assez d'uranium (on estime les réserves prouvées à 6Mtonnes pour moins de 130\$/tonne). Bien sûr, il faudra ouvrir de nouvelles mines, exploiter des minerais moins riches, le prix pourra augmenter.

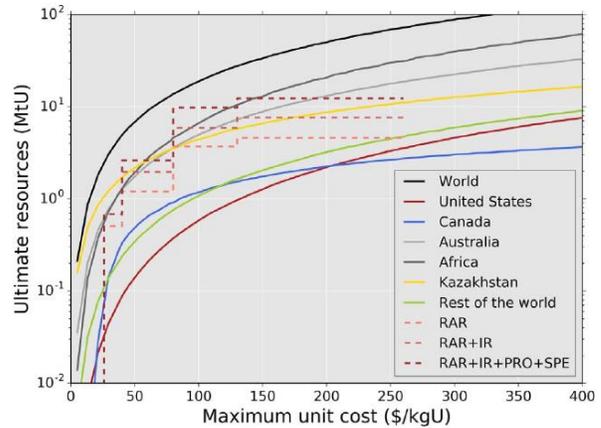


Fig. 2. Summary of regional estimates of ultimate resources.

Je joins (ci-dessus) une figure où la relation prix/disponibilité est estimée :

Il y a 2 valeurs estimées des réserves en U: 20Mt pour moins de 100\$/kg et 72Mt pour moins de 300\$/kg. Cela est suffisant pour plusieurs siècles, même en doublant la production annuelle.

[figure extraite de "Long-term availability of global uranium resources", de A. Monnet et al, Resources Policy 53 (2017) 394–407].

Dans le cas d'un très fort développement de l'énergie nucléaire, probable si on veut décarboner l'économie, c'est l'augmentation des coûts de production qui décidera du développement de la surgénération : celle-ci, en consommant le U238 (ou le thorium), promet à l'Humanité de l'énergie abondante pendant des millénaires. Mais il apparait aussi la possibilité d'extraire l'Uranium de l'eau de mer, dont les coûts et la faisabilité font l'objet de débats peu concluants. En effet, les coûts estimés varient de 200€ à 1000€/kg, les Chinois étant très actifs dans ce domaine (voir: J. Mater. Chem. A, 2020, 8,22032)

Pour la France, les importations nécessaires au fonctionnement du parc sont autour de 8000 tonnes par an. On en tire 1000 tonnes de combustible. S'y ajoute le recyclage du plutonium (Pu); environ 150 tonnes de combustible, appelé « MOX » et le recyclage de l'Uranium (U) de retraitement (150 tonnes aussi usuellement, mais bloqué car on ne peut plus l'envoyer en Russie pour enrichissement). Cela aboutit à ~800M€ d'importations de U, de pays très divers.

Pour produire un MWh, il faut ~20g de U naturel ce qui représente un coût de 2€/MWh (le prix de vente du MWh électrique varie de 50 à >200€). La France produit annuellement ~10t de Pu, après retraitement, ce qui permettrait chaque année de démarrer un réacteur type Superphenix, et nous avons ~230000tonnes de U appauvri en stock qui peuvent alimenter des surgénérateurs pendant plusieurs siècles.

Endommager cette filière a été dans le passé un symptôme de l'abandon par notre pays de toute ambition industrielle. Cela doit cesser, mais cela aussi nécessitera un effort, de s'y concentrer. Une erreur serait de croire que nous pouvons investir partout « en même temps », alors que déjà nous ne produisons pratiquement pas de cellule PV ni d'éolienne onshore.

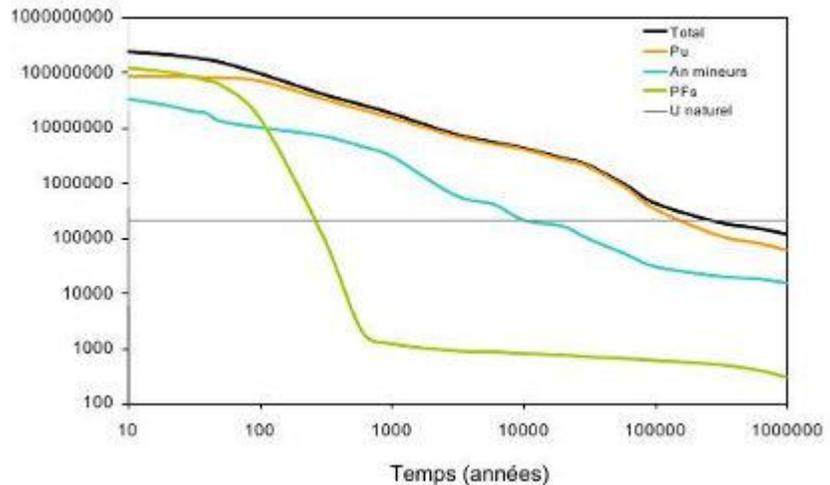
13-Quid des déchets du nucléaire ?

L'argument à la mode du "nucléaire bashing" est le problème des déchets.

Or les déchets du nucléaire font l'objet d'un soin tout à fait attentif.

En France, on produit chaque année 2kg de déchets radioactifs par habitant et 100kg de déchets hautement toxiques. Ces derniers sont "éternels", les déchets radioactifs "à vie longue" sont 10% des déchets radioactifs, et concentrent 99.9% de la radioactivité.

La durée de la radioactivité de ces déchets est réduite à 10000 ans si on en a extrait le plutonium par retraitement. Sans retraitement, le plutonium étend cette période à quelques centaines de milliers d'années, ainsi que montré sur la figure jointe. La courbe verte inclut uniquement les produits de fission, à peu près ce qu'on attend p. ex. en sortie d'un surgénérateur (genre Phenix ou Superphenix).



*Evolution de la radiotoxicité des déchets "haute activité vie longue" suivant qu'ils contiennent du plutonium, et si on extrait tous les actinides mineurs (Americium, Neptunium, curium..).
On compare au niveau bas de U naturel.*

La solution proposée est de les stocker dans des couches géologiques stables et isolées depuis des millions d'années. En Suède et en Finlande, ce sont des stockages de déchets NON

TRAITES dans des couches de granite. En France, le projet CIGEO (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Cigéo>), à Bures, utilise une couche particulièrement étanche d'argile. On ne voit pas ce qu'il peut y arriver en 10000ans. Il est prévu que les déchets stockés là seront accessibles pendant 100ans.

Contrairement à ce qui est souvent affirmé, la solution existe au problème des déchets, et cela semble bien maîtrisé.

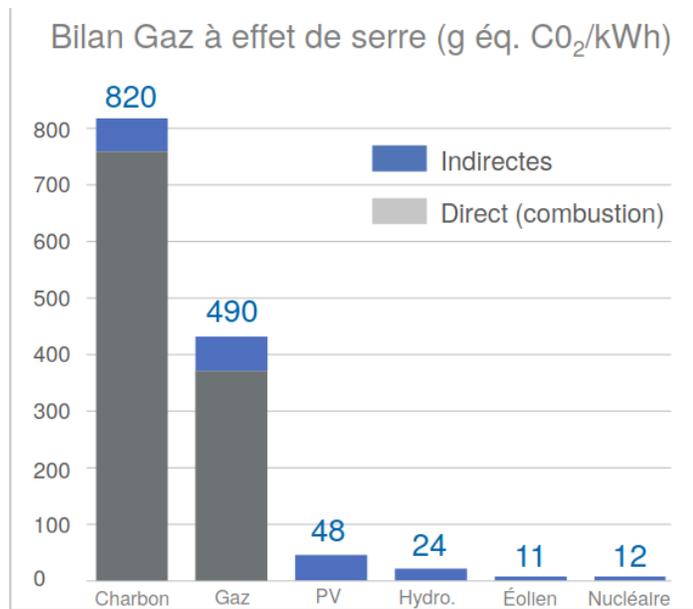
Le retraitement en France conduit à l'extraction du plutonium (10t Pu/an), qui est suivant les opinions considéré comme un déchet ou un élément valorisable. Actuellement il est valorisé comme combustible (MOX), ce qui en diminue la quantité, mais cela ne peut le supprimer car le MOX semble difficilement retraitsable. En outre, le retraitement permet de récupérer ~20% d'uranium fissile.

Il était prévu de recycler le Pu dans des surgénérateurs (projet Superphenix), mais ce procédé a été mis en sommeil: il avait focalisé l'hostilité des écolos, mais surtout il introduisait un surcoût acceptable seulement en cas de pénurie d'uranium. Avec ces réacteurs, on peut aussi bien "brûler" le Pu qu'en produire plus avec l'U238.

Il semble difficile de ne pas passer par les surgénérateurs pour alimenter l'Humanité future en énergie, mais on peut toujours, comme les scandinaves, stocker en profondeur le Pu.

14-Les émissions du nucléaire français sont de 3.7g CO₂/Kwh

Le GIEC a essayé d'estimer la moyenne mondiale des émissions de CO₂ dans la production d'électricité. On les trouve résumées ci-dessous :

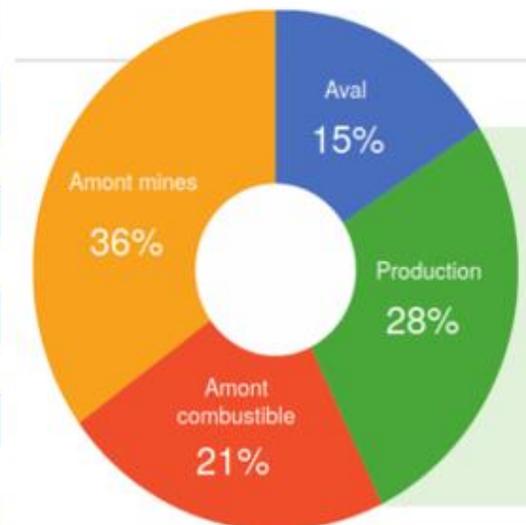


Source : revue de littérature IPCC, 2015

Ce schéma est bien connu et peu discuté. Le nucléaire se voit attribuer la performance de 12g/kWh, une moyenne mondiale, le PV 48g/kWh, en partie à cause de la très importante « contribution » chinoise.

EDF a récemment publié des estimations des émissions de CO₂ du nucléaire français, cela peut être résumé sur les figures ci-dessous :

| Etape | G éq CO ₂ /kWh |
|-----------------------------|---------------------------|
| Mines - traitement | 1,3 |
| Conversion | 0,3 |
| Enrichissement | 0,4 |
| Fabrication | 0,1 |
| Production - construction | 0,6 |
| Production - exploitation | 0,3 |
| Production - déconstruction | 0,1 |
| Traitement CU | 0,5 |
| Stockage déchets | 0,1 |
| TOTAL | 3,7 |



En résumé, les estimations pour la France sont de 3.7gCO₂/kWh. On trouve cela sur la référence :

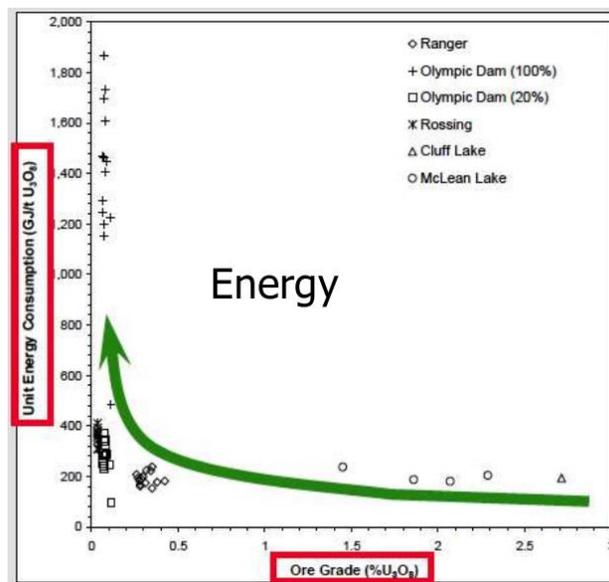
https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2022-08/edfgroup_acv-4_synthese-etude_20220823.pdf

Ces valeurs sont particulièrement basses parce que l'essentiel de l'électricité utilisée pour le fonctionnement des centrales nucléaires est décarbonée, et aussi parce les besoins énergétiques de

l'enrichissement ont été diminués d'un facteur ~ 50 en substituant l'ultracentrifugation à la diffusion gazeuse (Tricastin). On voit que dans ce cas, une contribution importante devient la production d'uranium « primaire » (mines, broyage, traitement chimique du minerai..) , qui est estimé à 1.3g de CO2/kWh, ou 1.3kgCO2/MWh. On peut être surpris par une valeur si basse, alors que depuis 50 ans, il était annoncé que la production primaire d'uranium deviendrait rapidement prohibitive du point de vue énergétique. (Voir p. ex.: <https://kenanaonline.com/files/0067/67973/NuclearPower.pdf>)

Le problème de l'énergie consacrée à la production de l'uranium naturel est résumé dans la figure ci-dessous.

(Voir: <http://scienceag.cluster013.ovh.net/wp-content/uploads/2014/02/14-Vidal-leshouches3.pdf>)



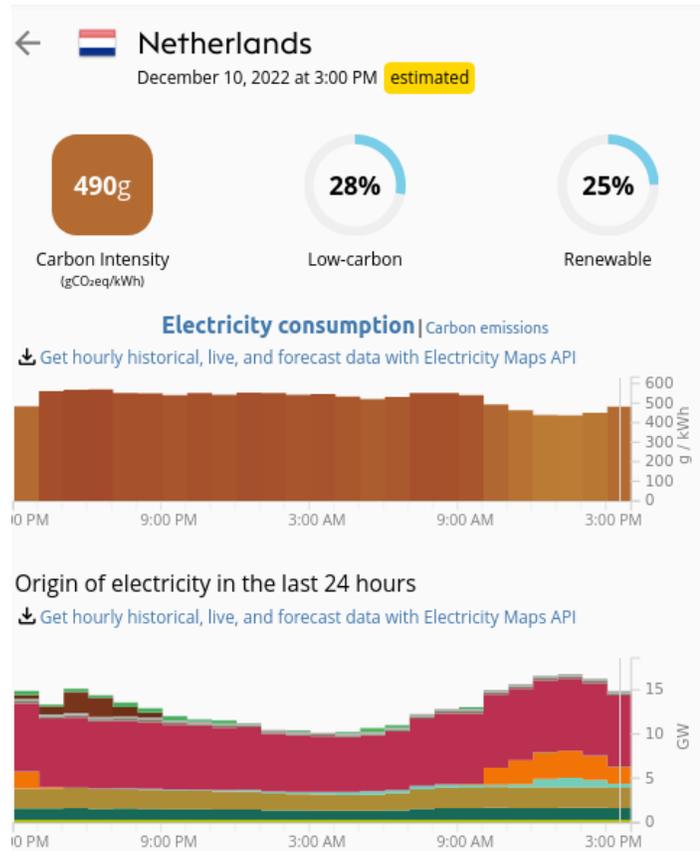
On constate bien que l'énergie nécessaire à extraire l'uranium augmente pour des minerais plus pauvres ; mais que celle-ci ne dépasse guère les 400GJ/t U₃O₈ pour des minerais ~ 0.05 %. On ne discutera pas le problème de Olympic Dam, qui est complexe (c'est essentiellement une mine de Cuivre, l'Uranium est secondaire). Or 400GJ, ce sont 100MWh, à peu près 30 tonnes de CO₂ émis avec un carburant ordinaire. Avec une tonne de U₃O₈, ce sont à peu près 40,000MWh électriques produits dans une centrale française (il faut ~ 20 g U pour un MWh électrique). On trouve grossièrement 1kg CO₂ émis pour l'extraction pour un MWh électrique, ce qui valide les estimations ci-dessus.

Grace aux progrès de l'exploitation des mines, qui deviennent gigantesques pour le Cuivre ou le charbon, et grâce à la généralisation de l'ultracentrifugation, l'empreinte carbone du nucléaire est en ce moment de ~ 3.7 kg/MWh, sans concurrente, en France. Le nucléaire permet une décarbonation « profonde » de l'électricité. Il faut l'utiliser pour remplacer les fossiles là où c'est possible.

15-Pour le ministre français de l'économie, Bruno Le Maire, « toutes les nations en Europe reviendront un jour à l'énergie nucléaire ». Exemple de la Hollande

On apprend dans un article de « la tribune » que la Hollande se propose de construire dans le Sud du pays (Borssele) deux réacteurs nucléaires supplémentaires, qui se rajouteront au réacteur en activité depuis 1973, qui sera prolongé. Le premier ministre y a déclaré : « *En ajoutant le nucléaire à notre bouquet énergétique, nous réduirons les émissions de dioxyde de carbone liées à la production d'électricité et nous nous rendrons moins dépendants des pays d'où proviennent ces combustibles fossiles* ». Ces centrales sont planifiées pour fonctionner en 2035 et fourniraient 13 % de l'électricité hollandaise.

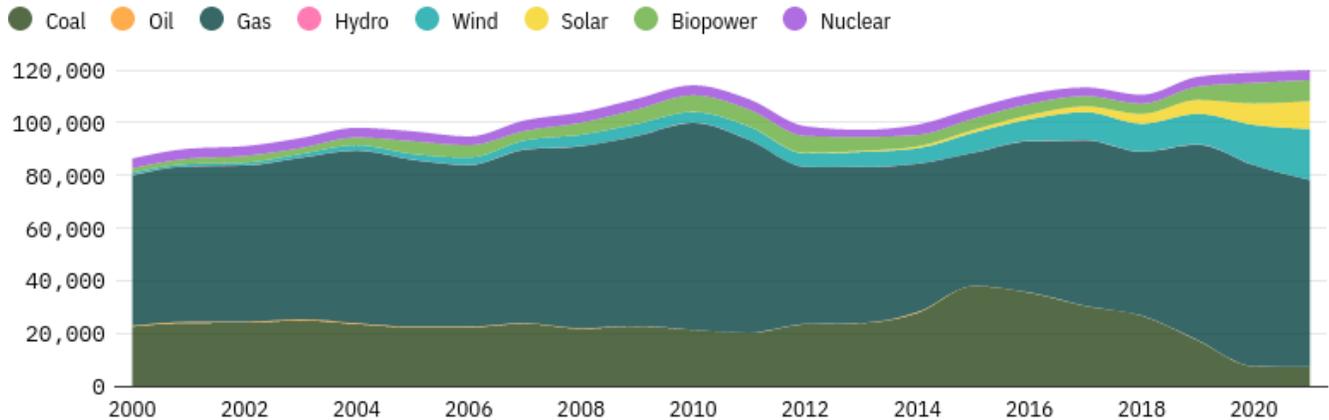
Le problème de la Hollande peut être résumé par une figure issue du site « electricitymap » :



Cette image a été obtenue le 10 décembre 2022, un de ces récents jours sans vent sur l'Europe du Nord. On y voit les sources de production électriques : en bas, très fin, en vert clair la petite production nucléaire (1%), puis l'hydraulique en vert. En marron, le charbon, le trait bleu-vert fin est la contribution du vent, et la grosse partie (rose-rouge), le gaz. On voit aussi en orange le PV : en période peu ventée, il y a un peu de soleil. On voit aussi les émissions de CO₂ de l'électricité hollandaise ce jour : vers 450-600g/kWh.

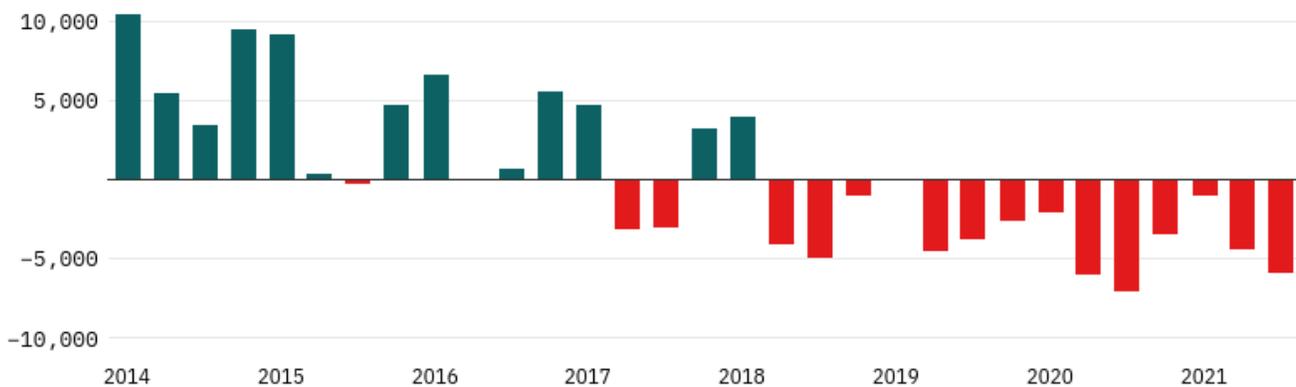
Ce sont des mauvais résultats, et le gouvernement a déjà été condamné pour ses émissions trop élevées, suite à une action d'écologistes (qui ne s'attendaient certes pas à ce que cela l'amène à prévoir des centrales nucléaires...). On peut voir sur la figure suivante le mix de la Hollande, essentiellement basé sur le gaz :

Annual Dutch electricity generation, 2000–21 (GWh)



Un autre problème pour la Hollande est sa forte dépendance ces dernières années aux importations de gaz, en particulier russe. On voit l'évolution récente où le pays est passé du statut d'exportateur à celui d'importateur sur la figure jointe :

Net gas exports (million cubic metres)



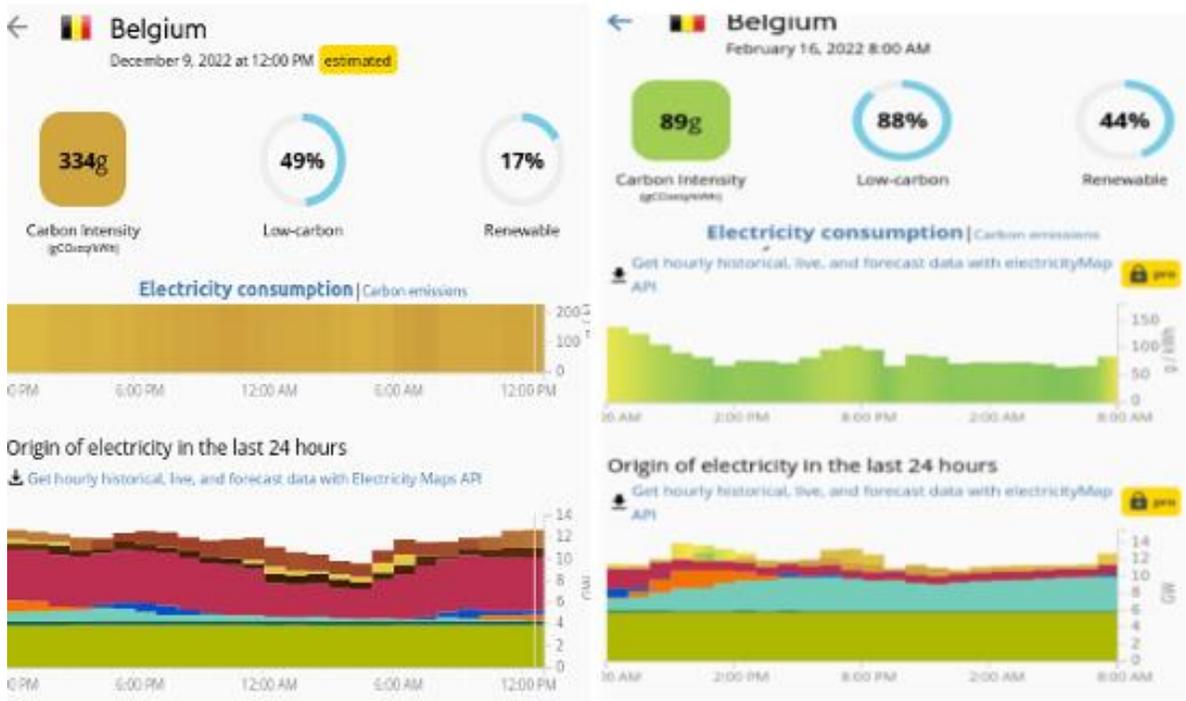
On n'analysera pas pourquoi le pays est conduit à importer (en rouge).

Parallèlement à cela, la Hollande a un beau domaine maritime, très tentant pour ses voisins allemands : le domaine allemand est limité par ceux de la Hollande et du Danemark. On a donc prévu, entre la Belgique, la Hollande, l'Allemagne et le Danemark, d'implanter quelque 150GW d'éoliennes offshore. Or un jour comme ce 10 Décembre, il n'y a que très peu de production éolienne, et il n'y a aucune raison que la production offshore soit bien plus significative. En outre, une telle concentration de moulins à vent (près de 20,000) va expérimenter un très fort « wake effect » (les éoliennes se gênent mutuellement). Cet effet est difficile à analyser (nombreuses études scientifiques..), il est en complément des très brutales sautes de puissance de l'éolien offshore dans cette région de la mer du Nord que j'ai expliquées par ailleurs (voir Ch. 4 et Ch. 5) .

Donc à ces coûteuses éoliennes, il faudra prévoir d'adjoindre de très importantes puissances pilotables, et les deux réacteurs hollandais prévus semblent bien limités (2.5GW, je crois). Je ne sais ce que seront les choix, mais je pense comme Monsieur Le Maire : « **toutes les nations en Europe reviendront un jour à l'énergie nucléaire** ». Sachons revenir dans la course, ne laissons pas cela aux US ou autres, comme cela semble se produire en Pologne) !

16-Le Nucléaire : Une histoire belge ..

Nos voisins belges ont une puissance nucléaire installée qui couvre à peu près la moitié de leurs besoins en électricité. On voit sur la figure ci-dessous les deux situations extrêmes qui peuvent se produire (cela est tiré du site « electricitymap » qui permet des discussions imagées des problèmes):



A gauche, la

production aujourd'hui (9 Décembre 2022), où on voit bien la ventilation des moyens de production électrique ; mauvais jour pour les sectateurs des renouvelables ; pas de vent ou de soleil !

Alors, en bas on s'appuie sur le nucléaire (vert clair) et au-dessus, en rouge, le gaz. Voir l'intéressant : <https://www.rtbf.be/article/faute-de-vent-et-de-soleil-le-nucleaire-et-le-gaz-nous-fournissent-lelectricite-ces-jours-ci-11114467>

A droite, la même figure obtenue le 16 Février 2022 : toujours la base nucléaire, et une forte contribution du vent (en bleu-vert). Un bon jour pour les ENR intermittentes !

On voit aussi combien ce 16 Février, la Belgique est vertueuse : des émissions (~100g CO2/kWh) qui sont basses. Comme on le voit, si on est obligé d'utiliser le gaz, la performance est beaucoup moins bonne.

Mais cela va vite s'aggraver : la Belgique voulait arrêter le nucléaire, suite à une décision de 2003 d'une obscure coalition politique où les « verts » avaient conditionné leur soutien à l'abandon du nucléaire. De prolongements en hésitations, la Belgique est face à un mur : en 2025, fermeture de toutes les centrales ! Les Belges espéraient transférer leur production sur le gaz et espéraient s'appuyer sur le « roc nucléaire français ». Patatras ! Le gaz atteint des sommets astronomiques (~100-150€/MWh, il en faut 2MWh pour un MWh électrique) et la France apparaît brusquement fragile, faute aussi d'investissements à temps et suite à la fermeture imprudente de 10GW centrales charbon et de 2 centrales nucléaires. Ce qui est malheureux, c'est que c'est le prix du gaz et non ses émissions (450gCO2/kWh) qui fait problème. Ils avaient d'ailleurs prévu de subventionner de nouvelles centrales au gaz, mais là, ce sera trop cher !

En Belgique, c'est l'affolement : d'abord la ministre « verte » de l'écologie qui a comme en France la haute main sur l'énergie a fini par accepter de prolonger 2 réacteurs après 2025, puis même, récemment, on débat de prolonger 5 sur les 6 réacteurs en fonctionnement en ce moment). Malheureusement, la chose s'avère compliquée : prolonger de 10 ans ces centrales pose de lourds problèmes d'investissement : comme JB Lévy (EDF), ENGIE qui contrôle ces centrales explique qu'il avait un plan à long terme de fermetures... On devine aussi que ENGIE, dont le métier de base est de vendre du gaz, n'est pas pressé, et qu'il réclame des sous s'il veut continuer. Rappelons que ENGIE (avec TOTAL..) se pose en champion des renouvelables en France parce qu'il a compris que le gaz les compléterait bien dans les creux météorologiques..

Le résultat de ces atermoiements est que le maintien du nucléaire a fait un bond dans l'opinion : près de 9 belges sur 10 y sont favorables :

<https://www.sudinfo.be/id585511/article/2022-12-05/quel-avenir-energetique-pour-notre-pays-neuf-belges-sur-dix-favorables-au>

Et les ONG comme « Greenpeace-Belgique » et « Inter-Environnement Wallonie », qui « regrettent cette décision » ne font même plus la promotion du gaz, qu'ils considéraient comme un « mal nécessaire pour arrêter le nucléaire » Ai-je tort de parler de « philistins » ?

D'évidence, la Belgique va devoir se décider un jour à construire de nouvelles centrales nucléaires. Evitons ces errements politiciens, écoutons les scientifiques et les ingénieurs !

DES REMARQUES SUR LA PERTINENCE DE CES DÉBATS DE LA CNDP ET SUR SON COTE PARTISAN

17-Le nucléaire a fait l'objet d'un débat à l'Assemblée

Contrairement aux affirmations de M. Badré dans le journal "le monde" du 26 octobre 2022, il y a eu débat public sur le plan Messmer de construction des centrales nucléaires. Il a été mené dans les structures usuelles de débat de la république, c'est à dire à l'Assemblée Nationale. On en trouve les minutes à l'adresse : <https://archives.assemblee-nationale.fr/5/cr/1974-1975-ordinaire2/034.pdf>

Ces débats ont été publiés, et nos députés ont alors compris l'importance de cet investissement ("plan Messmer"), poursuivi sous les présidences Pompidou-Giscard-Mitterrand.

A la suite de ce débat s'est mise en place une guerre de 50 ans sur le nucléaire que rien n'a pu apaiser. On a en grande partie pour cela créé une nouvelle structure de débat (la CNDP), mais cela a abouti à des actions violentes des opposants au nucléaire chaque fois qu'étaient posés des problèmes liés à ce sujet. Par exemple, les débats sur CIGEO (stockage des déchets haute activité à Bures) ont été systématiquement entravés par les opposants et le site est régulièrement l'objet d'agressions.

Il est prévu que les lois soient votées par les représentants de la Nation au Parlement, et le débat ici mené est seulement consultatif. J'aurais espéré que l'introduction d'un débat permettrait une meilleure information de la population. Il ne me semble pas que les débats publics y aideront beaucoup, car il conviendrait de développer une information scientifique et technique de la population. Celle-ci a un peu

existé dans les années 1970-80, mais mon expérience d'enseignant universitaire montre que cette information a périclité dans les jeunes générations.

Il sera donc difficile d'éviter que ces débats n'aboutissent qu'à perpétuer les "biais de confirmation" des opposants et pas à montrer l'importance pour notre pays de mobiliser son énergie pour créer une nouvelle génération de réacteurs en remplacement/complément des précédents. On peut craindre qu'un débat n'empêchera pas les action violentes des opposants, ainsi que cela est observé autour de chaque réservoir destiné à l'irrigation de notre agriculture.

18-A propos du communiqué : « LE NUCLÉAIRE, LA LOI ET LA CONSTITUTION »

J'ai été surpris du communiqué cosigné par Mme Jouanno et Mr Badré portant le titre ci-dessus. En effet, il me semble que le débat public est peut-être une excellente initiative, mais qu'il reste une demande aux citoyens de donner leur avis et pas de promulguer des lois. C'est, je rappelle, dans la constitution, le rôle du parlement, incluant Assemblée et Sénat.

Une loi peut être modifiée par la représentation démocratique. S'appuyer sur l'existence d'une loi pour critiquer les élus du Sénat qui en proposent la modification ne s'appuie sur aucun argument rationnel. Je rappelle que le rôle de la CNDP n'est pas, à ma connaissance, inscrit dans la constitution. De plus, la loi citée dans ce communiqué n'a bien évidemment pas fait l'objet d'une consultation de la CNDP, et donc je comprends mal que les responsables de la CNDP s'en réclament pour critiquer les initiatives des sénateurs.

Je voudrais rappeler que les élus de la Nation ont divers moyens de se faire une opinion des problèmes, et que la CNDP, dont les débats ressemblent souvent à une foire d'empoigne d'opinions militantes bien figées ne saurait être unique, voire principal, moyen des élus pour décider une politique. En outre, cela semble ignoré dans le communiqué, le rôle de la CNDP devrait être, à travers un débat serein, l'occasion des citoyens de s'informer.

Je me permets de pointer à cet égard la manière dont la CNDP a traité une intervention (1.713) me mettant nommément en cause (parmi d'autres) comme membre du pseudo « lobby nucléaire », ne trouvant rien de mieux que de me caractériser comme « polytechnicien », et de se répandre en insinuations, ainsi que pour d'autres universitaires. J'ai pensé qu'un débat démocratique me permettait de faire part des réflexions d'un scientifique sur les problèmes de l'énergie, que ce type d'« arguments » ne serait pas admis, et qu'il était donc normal d'intervenir « in nomine ». Je considère qu'en adoubant ce type d'intervention, la CNDP a accepté les attaques « ad hominem » forts répandues dans certains milieux militants et qu'elle s'est clairement départie de toute neutralité.

Comment alors prétendre « éclairer » nos élus ?