



{Sciences²}

Le blog de **Sylvestre Huet**, journaliste, spécialisé en sciences depuis 1986

15 FÉVRIER 2021 PAR HUET

Nucléaire ou renouvelables ? le vrai débat



1,2 K



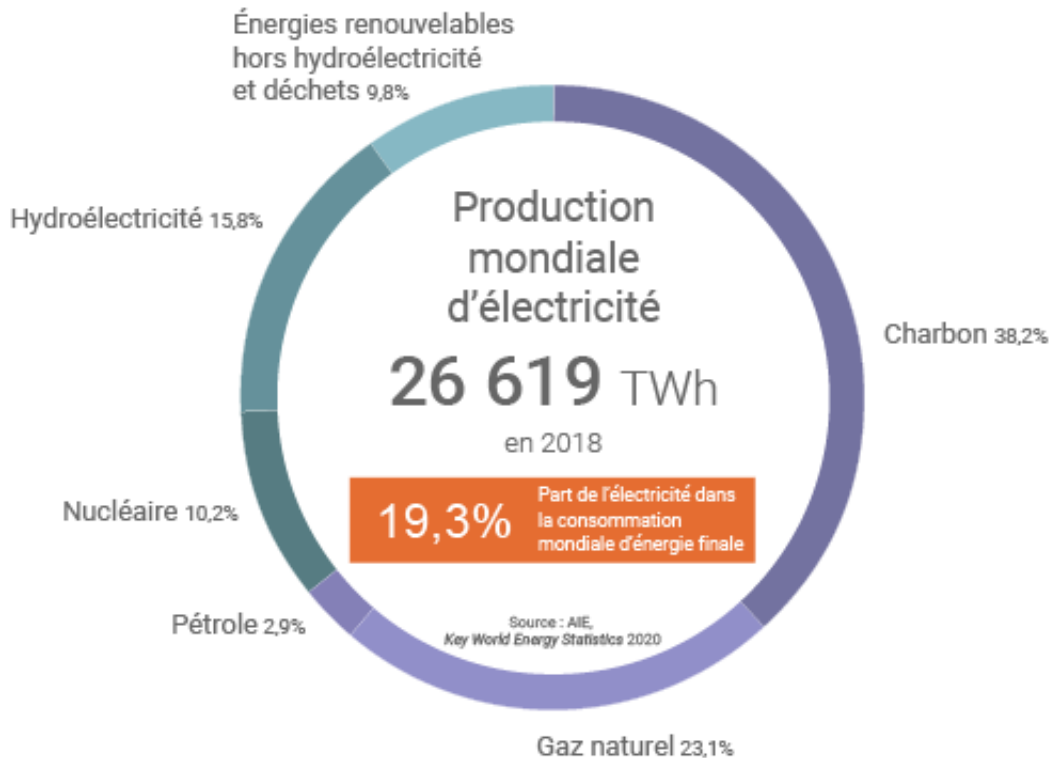
Rapports mal présentés et rifici chez les économistes. C'est l'actualité du débat récurrent sur la production d'électricité soumise aux impératifs climatiques. Donc décarbonée. Un débat qui pourrait être intéressant s'il était bien posé. Et qui l'est souvent très mal, avec une confusion générale sur les calendriers, les espaces concernés (le monde, la France, l'Europe), les technologies avec leurs capacités de production et leurs coûts, et les ressources naturelles. Les postures anti-ENR et anti-nucléaire ont comme principal résultat d'empêcher les citoyens de saisir les véritables enjeux du débat. C'est dommage. Mais voici quelques clés pour vous y retrouver.

1- L'impératif climatique n'est pas pour la saint glinglin

Il est déjà très tard. Aucun climatologue ne vous dira que l'objectif de dépasser le moins possible un changement mesuré par une hausse de 1,5°C de la température moyenne de la planète est atteignable. Il est inscrit dans l'Accord de Paris... pour permettre une base juridico-morale à la revendication de réparation des pays pauvres en direction des pays riches pour les dégâts liés au changement climatique de ce niveau. Nous sommes déjà à 1,2°C de plus que le préindustriel, arriver à 1,5°C est inéluctable à court terme. L'objectif des 2°C ? Il est encore techniquement atteignable. Mais il suppose des transformations révolutionnaires dès maintenant dans l'économie, la technologie, l'organisation sociale, les relations internationales et la culture. Donc... il sera très difficile à atteindre. D'ailleurs, les promesses faites lors de l'Accord de Paris (2015) nous mettent sur la trajectoire de 3°C... si elles sont tenues.

Conclusion : les débats sur les systèmes électriques doivent viser en priorité la

décarbonation maximale partout où c'est possible, conserver les systèmes déjà décarbonés, engager les investissements massifs nécessaires. La décarbonation des systèmes électriques – qui dépendent à l'échelle mondiale majoritairement du charbon et du gaz – est impératif pour toute politique climatique.



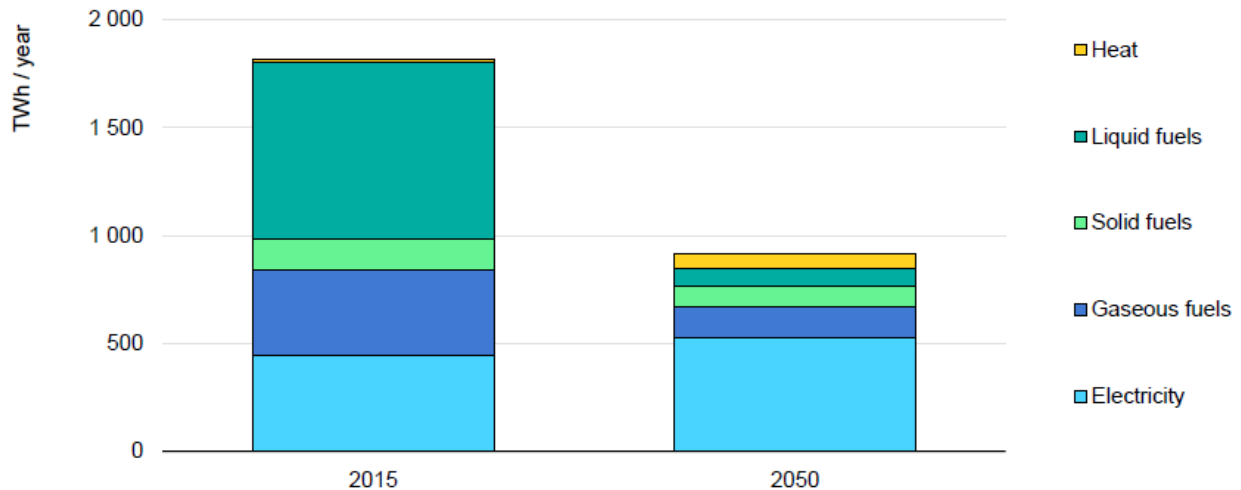
La production mondiale d'électricité est dominée par le charbon (près de 40%) et le gaz fossile (plus de 23%), et une source massive de CO₂.

Mais il existe un deuxième impératif : la production d'électricité décarbonée doit augmenter de manière considérable au niveau mondial. Pour alimenter en électricité des centaines de millions de personnes qui en sont dépourvues, augmenter leur consommation dans de nombreux pays pauvres et pour se substituer aux énergies fossiles dans de nombreux usages : transports, contrôle thermique des bâtiments, procédés industriels. Ce n'est pas une lubie d'électro-phile, ni un slogan de lobby industriel de l'électricité, c'est ce que dit le groupe-3 du GIEC dans ses études des moyens de limiter la casse climatique. Le Parlement et le gouvernement français ont d'ailleurs inscrit dans la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) une montée de la part de l'électricité dans le total de l'énergie utilisée en France des 25% actuels à 50% pour 2050.

C'est aussi ce que dit le rapport RTE mal présenté comme affirmant qu'il est possible, pas cher voire facile de se passer du nucléaire pour le système électrique français à l'horizon 2050, qui prévoit par exemple que 100% des voitures sont électriques dès 2040, ainsi que 80% des véhicules utilitaires légers et 30% des gros camions en 2050.

Ou que le contrôle thermique des bâtiments, aujourd'hui majoritairement au gaz, devient électrique pour 60% des locaux commerciaux et 45% des résidences. La décarbonation passe ainsi par une augmentation de la production d'électricité et non sa diminution comme ce qui a pu être avancé par d'autres projections ou simulations de systèmes électriques pour 2050.

Figure 2.2 Final energy consumption by energy vector, 2015 and 2050

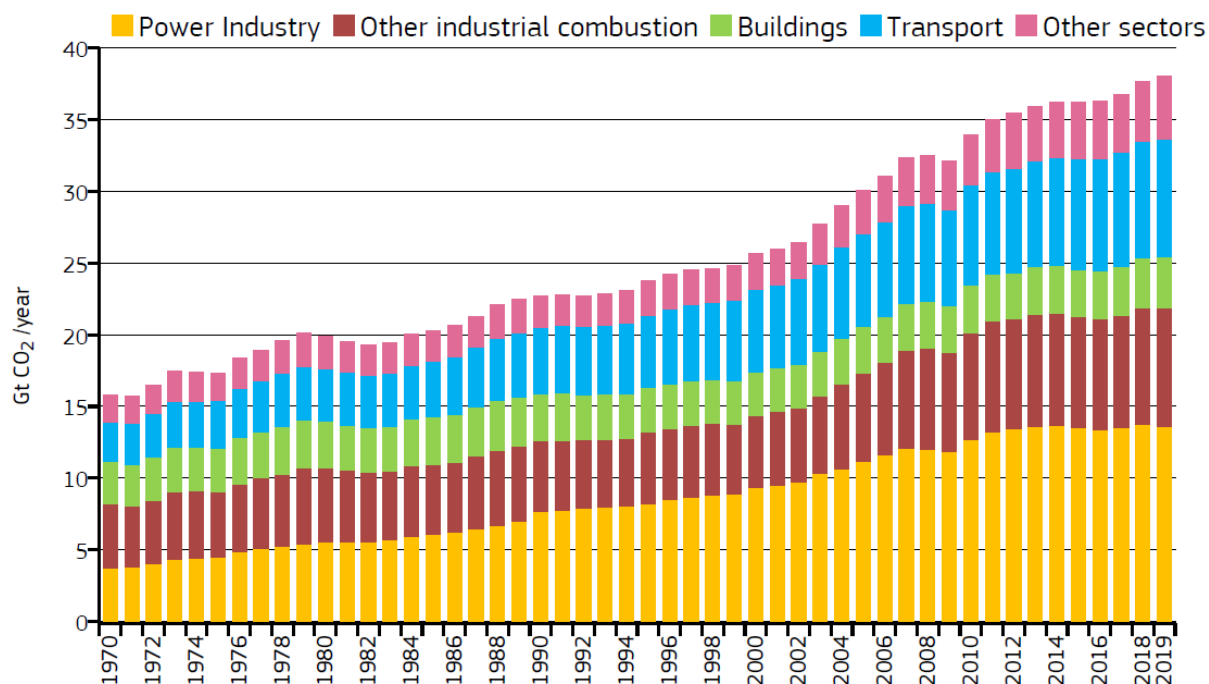


Note: 2050 levels are projections in the National Low-Carbon Strategy.

Source: RTE analysis based on Direction Générale de l'Énergie et du Climat (2020) and PPE 2020.

Figure du rapport RTE AIE montrant que l'objectif est d'augmenter la consommation d'électricité, en pourcentage du total et en volume, d'ici 2050. A noter que l'objectif climatique de décarbonation dépend fortement de la capacité à diminuer considérablement la consommation totale d'énergie, un objectif très ambitieux pour rester poli.

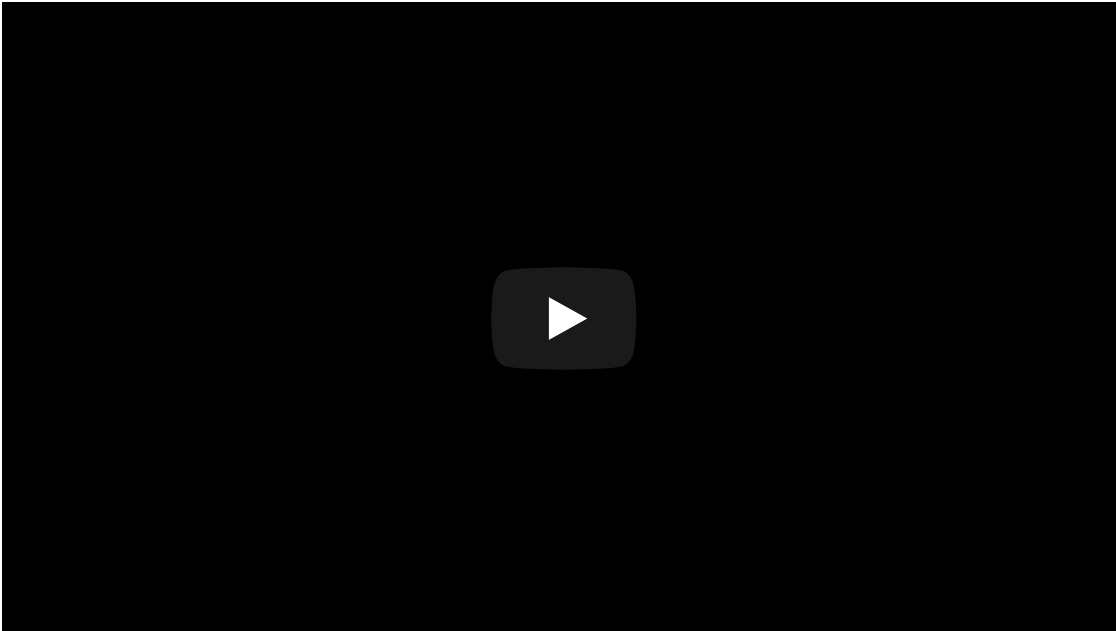
Une vision historique mondiale des émissions de CO₂ liées à l'énergie fossile permet de prendre conscience du rôle économique de ces énergies, mais aussi du poids énorme de la production d'électricité à base de charbon, gaz et pétrole dans cette évolution :



En jaune sur ce graphique, les émissions mondiales de CO₂ issues des centrales électriques à charbon, gaz et pétrole de 1970 à 2019. Décarboner à 90% cette production, tout en lui permettant de se substituer à de nombreux usages des énergies fossiles pour diminuer le total des émissions est nécessaire selon le GIEC.

La décarbonation des systèmes électriques repose sur la sortie du charbon, du gaz et du pétrole auxquels il faut substituer les énergies renouvelables (ENR) et nucléaire. Les deux présentent des avantages et des inconvénients, de ressources, techniques, environnementales et économiques qui dépendent des conditions locales. L'une des caractéristiques qui différencient ces deux catégories d'électricité décarbonée est que certaines ENR, l'éolien et le solaire surtout, sont intermittentes, dépendent de la météo et de l'heure de la journée tandis que le nucléaire fait partie des sources pilotables. Cela signifie que l'intermittence des premières doit être compensée sans recourir à des sources carbonées.

Sinon, on observe ce qui est visible dans le petit film ci-dessous qui présente les émissions de CO₂ par kWh électriques consommés des pays européens du 1er janvier au 31 décembre 2020. Avec un pas de temps de 15 minutes. (Les méthodes sont expliquées ici). Les seuls pays qui restent en vert toute l'année, donc atteignant le seuil de décarbonation compatible avec les objectifs climatiques, sont la Norvège, la Suède et la France. La Norvège y parvient avec une production presque totalement hydraulique. La Suède et la France avec un mix nucléaire/hydraulique/éolien/solaire/biomasse où les deux premiers sont majoritaires. Aucun autre pays n'y parvient, même l'Allemagne qui a déjà dépensé un minimum de 300 milliards d'euros pour installer de l'éolien et du solaire.



2- A l'échelle mondiale ENR et nucléaire s'opposent-ils ?

Non. Les investissements mondiaux dans ces deux moyens de production décarbonée augmentent simultanément. Ils sont rarement décidés dans une démarche visant à exclure l'un par l'autre mais cela existe.

L'exemple le plus frappant en est la Chine puisque ce pays est simultanément le plus gros investisseur mondial dans l'éolien, le solaire et le nucléaire. En 2019 la production d'électricité décarbonée chinoise a atteint près de 2380 TWh sur un total de 7326 TWh. Elle a augmenté pour tous les moyens utilisés (hydraulique +5,7%, nucléaire +18,2%, éolien +10,8%, solaire +26,4%). Ce qui est heureux, car chaque panneau solaire ou éolienne installé, comme chaque réacteur nucléaire mis en place, a le potentiel de réduire la production d'électricité à base de charbon qui domine encore le mix chinois. Les projets chinois sont de continuer à investir massivement dans tous ces moyens décarbonés, et notamment pour le nucléaire avec 12 réacteurs en construction qui s'ajouteront aux 50 en service, et un objectif de 150 GW de puissance nucléaire installée en 2035.

Mais il existe des cas où ENR et nucléaire peuvent constituer un choix alternatif. Par « chance » tout d'abord. C'est le cas des systèmes électriques qui peuvent fonctionner en utilisant principalement, l'énergie hydraulique. La Norvège, champion mondial de la consommation d'électricité par habitant avec 24 000 kWh, en est l'exemple le plus évident (très peu chère et abondante, l'électricité hydraulique norvégienne permet une industrie lourde, électro-intensive, peu émettrice et booste l'arrivée des voitures électriques). D'autres pays disposent de cet avantage naturel : la province canadienne de Québec, le Costa-Rica, le Brésil, la Suisse... Dans ces pays, le socle hydraulique de la production peut être assez puissant pour que l'option nucléaire soit inutile, ou

alternative à la possibilité de le compléter par d'autres moyens décarbonés (éolien, solaire, biomasse, déchets, géothermie...).

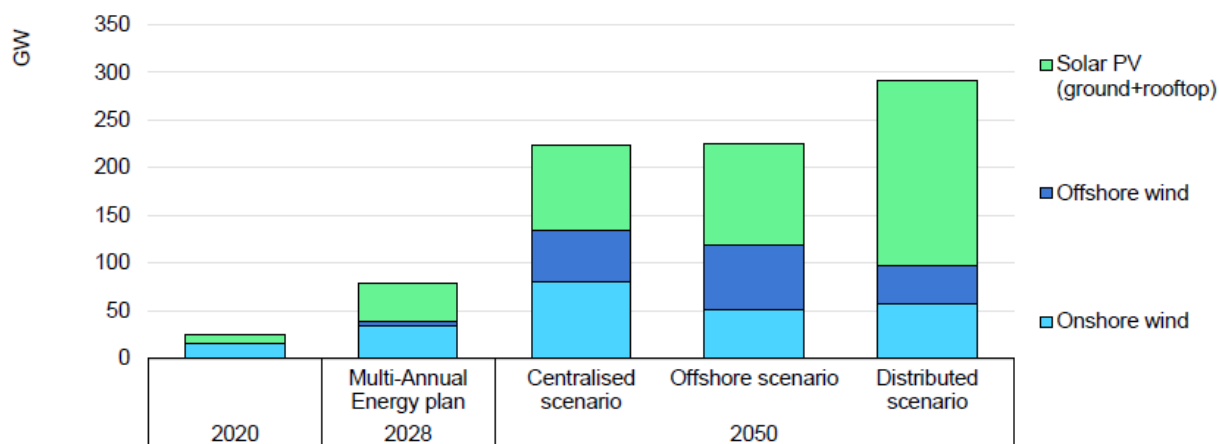
Mais le choix alternatif peut découler d'une volonté de ne pas utiliser l'énergie nucléaire, ou par incapacité à l'utiliser – ces deux situations existent dans de nombreux pays. Les amoureux des technologies renouvelables, et notamment de leurs volets éoliens et solaires ne doivent donc pas s'inquiéter : elles ne peuvent que se déployer à grande échelle. Et même apporter l'essentiel du jus dans de nombreux pays... ou alors, cela voudrait dire qu'on continue d'utiliser massivement charbon et gaz pour produire l'électricité et donc bouleverser le climat. Où surgit le problème ? Lorsque les ressources naturelles en hydraulique, vent et soleil rendent très difficile la construction d'un système électrique assez puissant pour répondre aux besoins et résilient devant les aléas météo qui font varier les productions dans des proportions considérables.

3 A t-on « le droit » d'être contre une source d'électricité décarbonée ?

Oui. Si elle est inutile. Incapable de fournir l'électricité nécessaire. Trop dangereuse. Trop facteur de dépendance de fournisseurs étrangers. Trop polluante... tout cela est raisonnable et dépend des conditions locales – locales désignant un système de production d'électricité et non d'un seul équipement de production. A condition d'avoir une alternative.

Ou non. Si vous êtes Français et opposé à tout usage du nucléaire parce que vous estimez qu'un accident avec dissémination massive de radioactivité est inéluctable (une opinion que je ne partage pas mais que je respecte), alors vous n'avez pas « le droit » de vous opposer à un quelconque projet d'éoliennes ou de panneaux photovoltaïque. Parce qu'il en faut tellement pour remplacer l'électricité nucléaire, et votre argument supposant qu'il faut le faire en urgence (parce que si vous prétendez que l'on peut faire ça tout doucement afin de limiter les coûts de votre option, c'est incohérent avec votre conviction), que vous devez accepter de dépenser des centaines de milliards d'euros dans les 15 ans à venir pour opérer ce remplacement. Et donc de multiplier tous les projets éoliens et solaires existant, y ajouter les investissements massifs pour des technologies de stockage/destockage d'énergie et d'électricité dont la démonstration à l'échelle nécessaire n'existe pas encore, et croire dur comme fer que l'on parviendra à décarboner toute l'économie avec une production d'électricité réduite. Ce n'est pas gentil comme présentation de l'option sans nucléaire ? Certes. Mais c'est le prix de sa cohérence.

Figure 2.6 Variable renewable generation scenarios compared with today's capacity



Note: Figures concerning the Multi-Annual Energy plan correspond to mean values between lower and higher objectives for 2028.

Source: RTE (2020) based on the Multi-Annual Energy Plan 2020.

Quelque soit le détail des scénarios, pour atteindre la production d'électricité prévue en 2050, par RTE, il faut multiplier par dix les capacités installées en solaire et éolien, entre 230 GW et près de 300 GW, alors que le nucléaire fournit environ 70% de l'électricité actuelle avec environ 60 GW seulement.

4- A t-on « le droit » d'être contre l'usage du nucléaire pour l'électricité ?

Oui. Mais à condition d'utiliser des arguments respectables. Qui ne sont pas nécessairement ceux auxquels pensent les personnes qui sont « contre ».

Si vous êtes Suisses, Espagnols, Belges, Finlandais, Hongrois ou Britanniques, vous pouvez considérer que ne disposant pas, ou plus, d'industrie capable de construire des réacteurs nucléaires, ni de les alimenter en combustibles, vous refusez la dépendance totale vis à vis de fournisseurs étrangers. C'est pour vous un argument respectable qui a bien sûr pesé dans leurs décisions de ne pas renouveler leurs centrales nucléaires. Mais il est possible de conclure à l'inverse, comme les Finlandais, les Britanniques, ou les Hongrois (et Turquie, Emirats Arabes Unis, Bangladesh, Pakistan) qui ont commandé des réacteurs nucléaires et leurs combustibles à des fournisseurs étrangers.

L'opinion selon laquelle l'option nucléaire débouche inéluctablement sur un accident avec dissémination massive de radioactivité est évidemment une raison respectable de la refuser. Cette opinion peut se baser sur l'expérience (Tchernobyl, Fukushima). L'opinion inverse se base elle aussi sur l'expérience... justement Tchernobyl et Fukushima, mais aussi Three Miles Island (accident majeur sans dissémination de radioactivité en 1979 aux USA), les près de 150 réacteurs exploités puis arrêtés en fin de vie. Les 443 actuellement en exploitation dont une centaine depuis plus de 40 ans. Ces deux opinions sont respectables et également indémontrables. Par exemple, la première opinion affirme que l'Autorité de sûreté nucléaire n'est pas digne de confiance, la

seconde le contraire, et que l'ASN arrêtera toute installation jugée dangereuse, même si cela coûte très cher.

5- Est-il démontré que l'on peut alimenter la France de 2050 en électricité décarbonée sans nucléaire ?

Non. Des militants politiques opposés à l'énergie nucléaire affirment que le dernier rapport de RTE sur le sujet apporte cette démonstration. Ce n'est pas vrai (et c'est d'ailleurs assez comique de voir des militants anti-nucléaires encenser un rapport qui affirme à propos du parc nucléaire d'EDF que «*la durée de vie de ces centrales nucléaires est estimée à 60 ans*», 20 ans de plus que les 40 ans vus comme limite absolue par ces militants). Comme le précise le Président de RTE Xavier Piechaczyk : «*Pour se diriger vers un mix à très fortes parts d'ENR variables, bien qu'il n'y ait aucune barrière technique infranchissable a priori, il faut regarder les faits scientifiques, techniques et industriels : il reste beaucoup de sujets à résoudre.*»

En résumé, le rapport liste quatre conditions à réunir pour qu'un très fort pourcentage d'ENRI (le I de Intermittent) ne soit pas incompatible avec la qualité et la quantité d'électricité nécessaire : la compensation de la variabilité des ENR, le maintien de la stabilité du réseau, la reconstitution des réserves et des marges d'approvisionnement, une évolution importante du réseau. Ces quatre conditions n'existent pour l'instant nulle part ensemble pour un pays de la taille de la France. Les technologies qui permettraient d'accéder aux conditions 1, 2 et 3 n'ont pas été démontrées à cette échelle pour le cas français. Quant à leur coûts, ils ne sont pas estimés par le rapport, mais seraient évidemment élevés.

Sur ces coûts, le rapport est en effet presque muet. Il précise dans son introduction que «*l'évaluation économique de ces différentes conditions dépasse le cadre de ce rapport.*» La seule indication donnée par le rapport sur l'évaluation de ces coûts devrait donner des boutons aux militants du solaire et de l'éolien, car elle démolit leur argument comptable favori : le LCOE. Autrement dit (c'est un acronyme en anglais) le coût moyen de l'électricité par technologie. Voyez comme le coût de fabrication des éoliennes et surtout des panneaux solaires s'écroulent !, s'enthousiasment-ils. Or, avertit le rapport, le LCOE n'est pas capable de compter «*l'ensemble des coûts associés à une part élevée d'ENR, dont ceux liés au stockage, à la flexibilité de la demande et au développement des réseaux. L'analyse montre que ce type de coûts pourrait être important après 2035*». Pourquoi 2035 ? Parce que cette date correspond à un objectif de 40% d'ENR dans le mix électrique. Une manière gentille de souligner que les vrais gros problèmes commencent là.

Démontrer, ce n'est pas simuler sur ordinateur un système électrique dont certains composants n'ont pas encore d'existence à l'échelle nécessaire. Démontrer, c'est

fabriquer ces composants à cette échelle, vérifier leur fonctionnement, prouver que l'ensemble du système est capable de fournir l'électricité demandée et résilient devant les aléas du climat futur. Restera alors à expertiser l'intérêt économique ou financier, soulever les inconvénients et avantages d'options alternatives, et tracer le chemin qui y mène sans en éluder les coûts.

6- A quoi servent les simulations de systèmes électriques ?

Plusieurs équipes d'économistes spécialistes de l'énergie ont déjà publié des articles scientifiques qui font état de simulations de systèmes électriques 100% décarbonés, avec ou sans nucléaire, face aux aléas de la météo. Ces exercices ont souvent été présentés comme « prouvant » que de tels systèmes sont non seulement possibles techniquement mais, en outre, pas chers, ou du moins pas plus que des systèmes avec une composante nucléaire.

Mais ces exercices visent des comparaisons de coûts entre des systèmes auxquels on impose un état (tant de GW d'éolien, de solaire, d'hydraulique, etc) et dont on ne décrit pas la trajectoire de construction à partir de l'existant. Les capacités des moyens de production ou de stockage simulés ainsi que leurs coûts sont donc des hypothèses de départ – décidées par les auteurs des simulations – et non des résultats. Ces hypothèses sont ancrées dans des réalités industrielles existantes mais elles comportent nécessairement une part plus ou moins grande de spéculations sur un futur éloigné de plusieurs décennies. Présenter ces spéculations comme des résultats n'est pas correct.

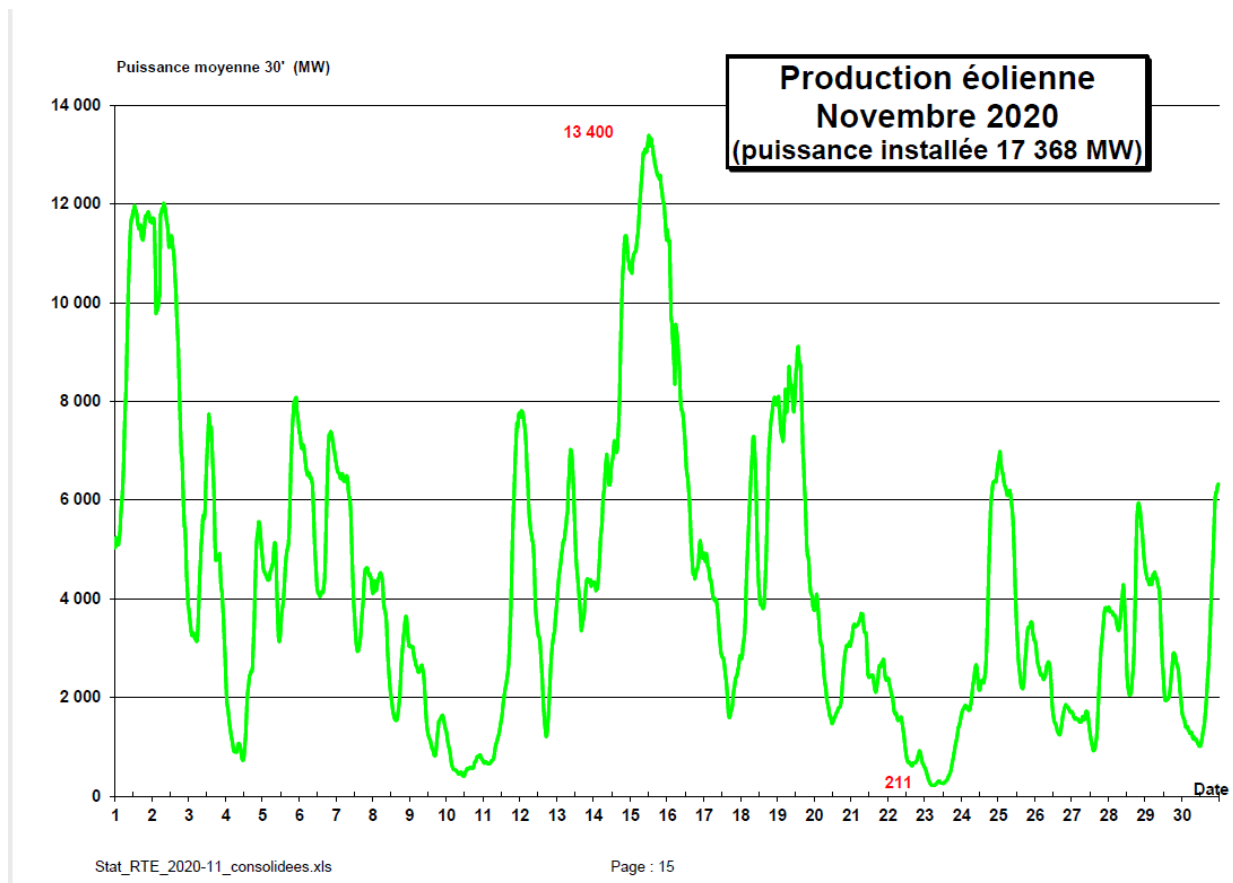
Comme le souligne le rapport de RTE : *«l'analyse doit également recouvrir une dimension proprement industrielle, et se pencher sur les enjeux que revêt l'accélération du rythme de déploiement d'un bouquet de technologies dont les niveaux de maturité demeurent hétérogènes»*. Un langage policé pour souligner que certaines des technologies incluses dans les simulations n'existent qu'à l'état de projets ou de prototypes à petite échelle. Les présenter comme permettant de définir le système « *optimal* » est donc exagérément optimiste.

La majorité de ces simulations aboutissent à des résultats décevants pour les partisans de systèmes sans nucléaire, (ici celle du MIT) pour l'essentiel en raison de la baisse de la valeur économique de l'électricité intermittente au delà d'un pourcentage d'environ 30% dans le système. D'autres, comme celles publiées (ici dans *Energy journal* et là dans *Energy economics*) par des économistes du CIREN, affirment qu'il est possible de disposer pour la France en 2050 d'un système décarboné sans nucléaire pour répondre aux besoins d'électricité sans en augmenter le coût. Elles ont soulevé des critiques sur de nombreux aspects des hypothèses de leur modèle par d'autres économistes de l'énergie.

7- ENRI et nucléaire, qui est le plus cher ?

L'intérêt « académique » de ces études est évident. Mais comme aide à la décision politique, elles sont peu utiles. Ce n'est pas très gentil pour les économistes qui s'y livrent, mais c'est la conclusion principale qu'on en tire. Le paradoxe – j'y reviendrai – c'est qu'elles sont peu utiles aussi bien pour décider de faire ou continuer du nucléaire que pour décider l'option 100% ENR et notamment pour le cas français.

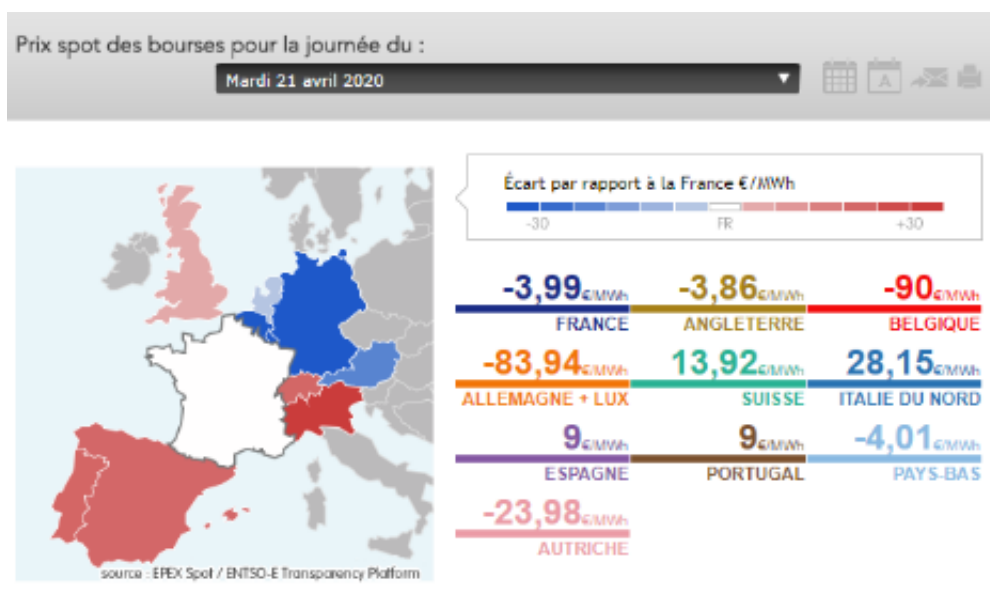
Un système 100% ENR pour le cas français, sera très cher. A l'indicatif futur. et non au conditionnel. Parce que le chemin qui y mène passe aujourd'hui par des subventions massives à l'éolien et au solaire – calculées à 121 milliards d'euros pour les seuls contrats déjà passés avant 2017 par la Cour des Comptes, pour une production de l'ordre de 3% du total. Quelque soient les baisses futures des coûts du solaire et de l'éolien, qui trouveront leurs limites, elle n'effaceront jamais ces 121 milliards.



La variabilité de la production d'électricité par des éoliennes est bien représentée par ce graphique. Avec une puissance installée de 17 368 MW (donc déjà près de 17 réacteurs nucléaires de 1 GW) les éoliennes du territoire métropolitain français affichent une puissance réelle instantanée qui varie de 211 MW à 13 400 MW pour le mois de novembre 2020, un mois d'automne en général favorable à l'éolien. La rapidité des variations (quelques heures) et leur amplitude (13 000 MW), totalement décorrélées de la consommation (en heures et jours de la semaine) suppose de disposer de moyens de compensation (back up) égaux à ces variations ou de diminuer les consommations d'autant et au

même rythme. (Source RTE).

Un tel système électrique suppose d'avoir une capacité de production très supérieure au maximum de la consommation (sinon on n'arrive pas à stocker assez pour compenser les périodes de production trop faible ou nulle). Or, la valeur économique de l'électricité ainsi produite (quel qu'en soit le moyen) tombe à zéro lorsqu'elle dépasse la consommation, puisqu'elle n'a pas d'acheteur, sauf si l'on peut stocker 100% du surplus et le réutiliser ensuite (mais avec une perte d'énergie due au rendement de conversion, donc financière, à chaque opération). Cette chute à zéro de la valeur économique de l'électricité produite n'est pas une lubie de théoricien de l'économie, cette situation survient déjà fréquemment en Allemagne en cas de vents forts et de consommation faible et se traduit par des prix négatifs sur le marché de gros européen. Il faut enfin un réseau plus coûteux que l'actuel, permis par un système de production alimenté par quelques dizaines de sites de production puissants et bien répartis sur le territoire.



Prix négatifs de l'électricité sur le marché spot le mardi 21 avril 2020 à 14h.

Le coût du nucléaire futur n'est pas fixé. Il peut être peu cher et très compétitif (cas du parc français actuel, cas du parc chinois actuel). Il peut être très cher (cas de Flamanville 3, mais également de tout autre chantier raté ou réacteur exploité trop peu de temps (Superphénix à Creys-Malville). N'importe quel ingénieur débutant en connaît la raison : cette industrie très lourde a besoin de séries pour maîtriser et baisser ses coûts. L'outil de production des composants principaux ne peut être amorti que par de la série. La conduite des chantiers ne peut être réussie que s'ils sont nombreux, permettant l'apprentissage. La démonstration a déjà été faite de ces deux cas (faible coût, coûts élevés), en France et ailleurs dans le monde. Donc, ce qui déterminerait un coût bas du nucléaire futur français... ce serait d'abord la décision politique de construire 25 EPR, construits par paires. Les construire au compte-gouttes garantirait à l'inverse un coût élevé. Une gestion raisonnable des constructions n'exigerait aucune

subvention, comme ce fut le cas pour celle du parc actuel.

Le coût de la première option, le renouvellement tranquille, planifié sur 20 ans, utilisant uniquement les sites actuels des centrales, et financé par des emprunts aux taux très bas en vigueur aujourd'hui, n'a aucune raison d'être très différent du parc actuel, donc bas. Quant au coût du système nucléaire total, il peut être égal ou moindre. Pourquoi ? Parce que le coût du combustible sera inférieur (l'enrichissement en isotopes fissiles réalisé à Georges Besse-2 utilise 90% d'électricité en moins, donc représente une économie égale à la non-construction de 2,5 réacteurs nucléaires de 900 MW et de leur production relativement au coût historique du parc actuel). Parce que l'appareil industriel pour la fabrication du combustible et son retraitement à La Hague est déjà construit.

Paradoxe final : les simulations des économistes sont d'ailleurs également peu utiles pour tout militant anti-nucléaire ou tout gouvernement ayant décidé de ne pas recourir à cette énergie parce qu'il pense inéluctable l'accident avec dissémination massive de radioactivité. Car le coût total d'un tel accident survenant à Belleville ou au Tricastin serait tel – des centaines de milliards d'euros – que l'option 100% ENR, même très chère, serait de toute façon moins chère. Autrement dit, si l'on pense que c'est la raison pour laquelle il faut arrêter le nucléaire, il suffit de prendre les calculs fait à l'IRSN sur le coût d'un tel accident pour démontrer que l'option sans nucléaire est gagnante au plan économique. Il est inutile de se lancer dans une modélisation sophistiquée et spéculative d'un système électrique hypothétique de 2050. L'ironie de l'affaire est que si un responsable politique, un militant ou un économiste spécialisé estime qu'il a besoin d'une telle démonstration par une simulation d'un système 100% ENR... c'est donc qu'il ne croit pas vraiment à l'inéluctabilité de l'accident avec dissémination massive de radioactivité.

8- C'est quoi la question ?

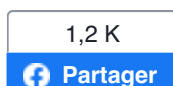
Le débat politique et citoyen tourne donc autour de l'accident majeur avec dissémination massive de radioactivité (si vous n'avez pas cette dissémination, vous avez l'accident de TMI en 1979 aux Etats-Unis, dont le cœur du réacteur a fusionné).

Si vous considérez que cet accident est inéluctable, alors vous devez exiger une sortie du nucléaire rapide et à n'importe quel coût. Toute autre attitude est incohérente. Et vous devez vous lancer sans attendre dans l'édification d'un système électrique 100% ENR. Ou alors avouer que vous comptez sur le gaz importé si vous n'en produisez pas non seulement pour votre système électrique mais surtout pour votre consommation énergétique totale (c'est la solution des Allemands qui s'en donnent les moyens en particulier avec le gazoduc Nord Stream 2 construit sous la mer Baltique malgré le veto américain).

Si vous considérez que les moyens déployés pour empêcher un tel accident par l'exploitant des centrales sont efficaces, que la surveillance par l'Autorité de Sûreté Nucléaire est fiable, et que ce danger ne se réalisera pas, alors vous pouvez comparer les avantages et inconvénients des deux options. L'option qui fait reposer le système électrique français sur un socle nucléaire – avec un pourcentage qui peut varier entre 50% et 75% du total – propose une balance avantages versus inconvénients connue. Elle permet d'engager dès maintenant la décarbonation de l'économie et de la vie quotidienne à un coût raisonnable. Elle autorise une visée de très long terme (plus de 1000 ans) en ressources et en indépendance avec la perspective des réacteurs à neutrons rapides utilisant le stock actuel d'uranium appauvri. Elle économise les espaces naturels et des ressources minérales car elle utilise moins d'acier, de béton et d'autres matières premières que la voie ENR. En revanche, elle suppose le maintien à haut niveau des compétences et de la surveillance de la sûreté et une gestion rigoureuse des déchets nucléaires ultimes, notamment avec leur enfouissement géologique, la solution retenue par tous les pays confrontés à ce problème.

Indépendamment du choix français, l'électricité à base de renouvelables (hydraulique, éolien, solaire, géothermie, biomasse etc) et nucléaire continueront leur croissance à travers le monde, très probablement de conserve, mais avec des mix très différents selon les pays. Avec moins de 1% de la population mondiale, la France ne peut déterminer l'avenir d'aucune technologie. Celui du nucléaire s'écrira surtout en Chine, Etats-Unis, Russie et Inde.

Sylvestre Huet



 **SCIENCE**

Les rubriques du Monde.fr



Les services du Monde



Sur le web



Les sites du Groupe



Partenaires Le Monde



Suivez-nous



Recevez nos newsletters



Index actualités

[Actualités](#) | [Actualités internationales](#) | [Actualités nationales](#) | [Actualités régionales](#) | [Actualités locales](#) | [Actualités sportives](#) | [Actualités culturelles](#) | [Actualités économiques](#) | [Actualités politiques](#) | [Actualités judiciaires](#) | [Actualités scientifiques](#) | [Actualités technologiques](#) | [Actualités environnementales](#) | [Actualités de santé](#) | [Actualités de mode](#) | [Actualités de cuisine](#) | [Actualités de voyage](#) | [Actualités de sport](#) | [Actualités de culture](#) | [Actualités de politique](#) | [Actualités de justice](#) | [Actualités de science](#) | [Actualités de technologie](#) | [Actualités de santé](#) | [Actualités de mode](#) | [Actualités de cuisine](#) | [Actualités de voyage](#)

Actualités



Journal d'information en ligne, Le Monde.fr offre à ses visiteurs un panorama complet de l'actualité. Découvrez chaque jour toute l'info en direct (de la politique à l'économie en passant par le sport et la météo) sur Le Monde.fr, le site de news leader de la presse française en ligne.