

Le vrai coût de l'éolien, en mer et à terre

Par B.Durand, ingénieur et naturaliste, ancien président du comité scientifique de l'European Association of Geoscientists and Engineers.

Le développement massif de l'éolien en mer, à Oléron et ailleurs, comme à terre, fera croître considérablement le coût de l'électricité pour les ménages français et entraînera des risques croissants de blackouts dévastateurs.

Nous expliquons ici pourquoi le développement de l'éolien a été dans notre pays le principal responsable d'une augmentation structurelle considérable du prix de l'électricité pour les ménages entre fin 2008, année du début de ce développement, et fin 2021, dernière année avant la guerre en Ukraine*.

Le développement du solaire photovoltaïque, sur lequel est maintenant mis l'accent, contribuera de plus en plus à cette augmentation, pour les mêmes raisons.

Les projets de nos dirigeants, qui sont semble-t-il d'installer le plus rapidement possible en France la puissance déjà installée en Allemagne en éolien et solaire photovoltaïque par habitant et même de la dépasser, en particulier en développant à marche forcée l'éolien en mer, entraîneront inéluctablement, hors inflation, une augmentation structurelle du simple au double, au minimum, du prix actuel de l'électricité pour les ménages dans les années qui viennent. Les ménages les plus modestes, qui bataillent en permanence pour assurer leurs fins de mois, en seront gravement affectés.

Cette politique est déraisonnable car elle ne peut que faire diminuer le pouvoir d'achat des Français au seul profit de puissants groupes financiers internationaux et de spéculateurs petits et grands, et handicaper lourdement notre économie. Cela sans aucune contrepartie pour le consommateur-contribuable car elle se fait au prix comme on le constate tous les jours d'une destruction croissante du bien-être des habitants des territoires ruraux, de nos paysages, de la biodiversité et plus généralement de notre environnement à terre et en mer, et sans avoir d'intérêt pour lutter contre le réchauffement climatique, bien au contraire.

Elle est dangereuse pour les Français, si elle continue à s'accompagner comme cela a été le cas depuis tant d'années d'un mauvais entretien et d'une forte diminution de capacité des centrales électriques pilotables qui lui sont pourtant nécessaires, entraînant un risque croissant de sévère blackout aux conséquences potentiellement mortelles.

Entre fin 2008 et fin 2021, la puissance installée d'éolien et de solaire photovoltaïque a cru dans notre pays de 3,4 gigawatts (GW) à 31,8 GW**.

Corrélativement s'observe une augmentation quasi proportionnelle à cette puissance (figure1) du prix de l'électricité facturé aux ménages, de 112 à 193 euros/MWh soit de 72%, bien supérieure à celle qui aurait résulté de la seule inflation, environ 15 % sur cette période.

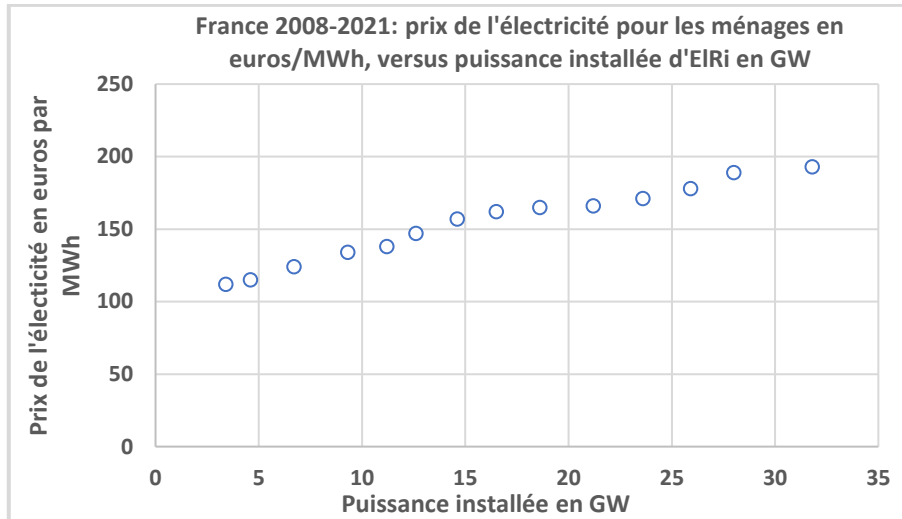


Figure 1 : évolution du prix de l'électricité pour les ménages français en fonction de la puissance installée totale d'éolien et de solaire PV (= Electricités « renouvelables » intermittentes= EIri), de fin 2008 à fin 2021. Source des données : Eurostat

Ce phénomène n'est pas propre qu'à la France puisque l'évolution des prix de l'électricité pour les ménages, dans les pays d'Europe ayant déjà un parc important d'EIri, montre que fin 2021 (figure 2), ce prix y était grosso modo proportionnel à la puissance installée d'EIri par habitant.

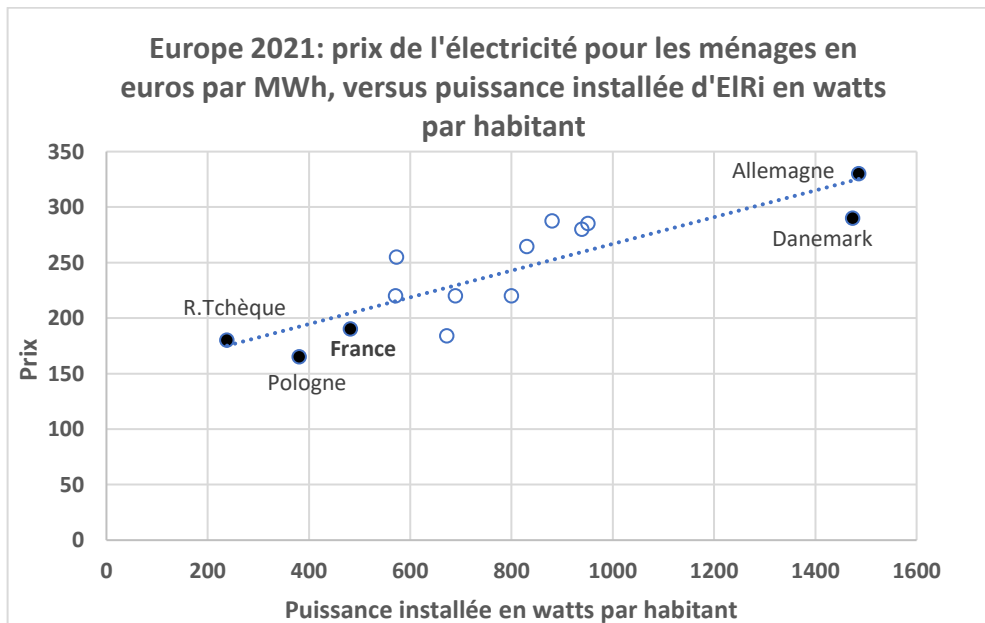


Figure 2 : Europe 2021 : prix de l'électricité pour les ménages fin 2021 dans 14 pays d'Europe ayant déjà un parc important d'EIri, en fonction de leur puissance totale installée par habitant. L'Allemagne et le Danemark, où cette puissance est de loin la plus élevée, sont aussi

les pays où le prix de l'électricité pour les ménages est de loin le plus élevé. Source des données : Eurostat

Il s'agit donc là d'un phénomène structurel, qui laisse augurer que si la puissance installée par habitant d'éolien et de solaire PV est multipliée en France par 3 pour atteindre les valeurs de 2021 de l'Allemagne et du Danemark, le prix de l'électricité pour les ménages y sera encore multiplié par presque 2, hors inflation. Et plus encore si les projets actuels de notre gouvernement qui visent des puissances encore supérieures sont mis en œuvre. Jusqu'à présent le principal moteur de cette augmentation a été le développement de l'éolien car celui du solaire PV a été plus tardif. Mais le développement de ce dernier est maintenant très rapide et aura les mêmes conséquences, pour les mêmes raisons.

Nos factures d'électricité comportent trois postes :

- 1- le coût de la fourniture d'électricité, dont le prix s'établit sur le marché européen de l'électricité. Ce coût est lié au coût de production, mais il est bien sûr en moyenne plus élevé, de manière à assurer une marge bénéficiaire au producteur.
- 2- le coût de l'acheminement de l'électricité du producteur au consommateur, c'est-à-dire le coût de financement, de maintenance et de gestion des réseaux électriques qui l'assurent (réseau à très haute tension, géré par RTE, et réseau moyenne et basse tension, géré par ENEDIS).
- 3- les taxes gouvernementales

Chacun de ces trois postes a été fortement impacté par l'augmentation de la puissance installée d'éolien et de solaire PV, surtout donc jusqu'à présent celle d'éolien, ce qui a entraîné automatiquement dans notre pays l'augmentation de prix observée, qui n'aurait donc pas eu lieu en son absence :

-Les coûts de production de l'électricité, et donc son prix de marché, ont augmenté fortement :

La cause première de cette augmentation est que la puissance électrique effectivement produite par les parcs éoliens ou solaire PV (= leur puissance effective) n'est pas pilotable, et donc ne peut jamais être ajustée par un opérateur à la puissance d'électricité appelée par les consommateurs : cela parce qu'elle est gouvernée par les puissances instantanées du vent ou du soleil, sur lesquels l'homme n'a aucune prise. De plus elle varie dans des proportions considérables : en moyenne sur l'année, cette puissance effective est bien inférieure à la puissance installée (maximale, nominale) des parcs. Le rapport de la puissance effective moyennée sur l'année à la puissance installée est ce qu'on appelle **le facteur de charge annuel (FC)**. Il est actuellement d'environ 23% pour l'éolien terrestre et 13 % pour le solaire PV sur le territoire métropolitain français.

En ce qui concerne l'éolien cette variabilité de puissance est particulièrement rapide et aléatoire, et contrairement à ce qu'en disent en permanence les médias qui semblent en cette affaire très mal informés, elle est encore plus grande pour l'éolien en mer que pour

l'éolien à terre (figure 3).

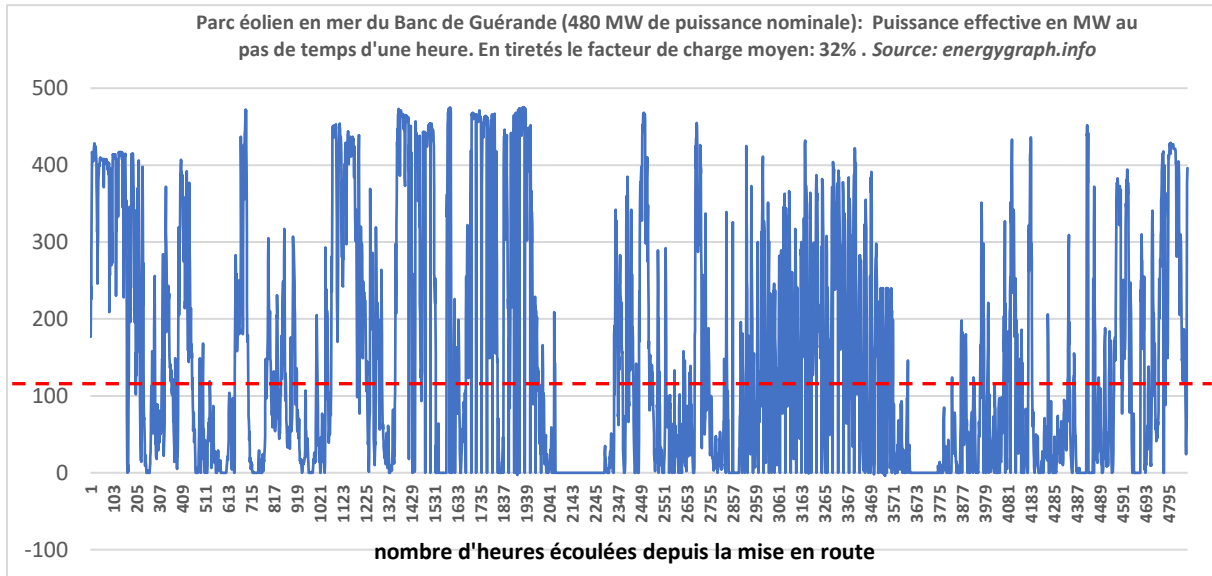


Figure 3 : Puissance électrique effective fournie, en MW, pendant le premier semestre de l'année 2023 par les parcs éoliens dits « du Banc de Guérande » près de Saint Nazaire. Le profil de la puissance électrique effective fournie par des parcs à Oléron serait très similaire, mais avec un facteur de charge **annuel** probablement inférieur, car la puissance moyenne du vent y serait inférieure. Le facteur de charge **annuel** est le rapport entre la quantité d'électricité produite effectivement dans l'année à la quantité d'électricité qu'aurait pu produire un parc si sa puissance délivrée avait été constamment la même que sa puissance nominale (=maximale).

On remarque l'ampleur des variations de cette puissance effective, de 0 à 100% de la puissance nominale, leur rapidité et leur caractère aléatoire, qui rendent l'électricité produite par ce parc (comme pour tout parc éolien) totalement inutilisable pour un consommateur sans «mixage» avec de la puissance électrique fournie par des centrales pilotables. Il en serait de même des parcs prévus à Oléron. Les promoteurs, notre gouvernement, les médias, les enquêtes publiques et commissions de « débat public » se gardent bien de publier de tels profils malgré les demandes, comme on a pu le constater lors du débat public organisé par la CNDP sur Oléron, car cela ruinerait leur politique de désinformation incessante sur ces sujets. Notons au passage que la variabilité de l'éolien en mer est, contrairement à l'opinion « commune » diffusée en permanence par les médias, bien plus considérable que celle de l'éolien à terre, où la vitesse du vent est lissée par les obstacles et la végétation.

Or un réseau électrique n'est stable que si la puissance instantanée appelée par les consommateurs est égale en tout lieu et à tout instant à la puissance instantanée produite par l'ensemble des centrales électriques qui l'alimentent avec une tolérance de $\pm 1\%$. Il est donc strictement impossible de n'utiliser que des parcs éoliens (et/ou photovoltaïque) pour alimenter un réseau électrique, car leur puissance instantanée ne peut jamais coïncider avec la puissance instantanée appelée par les consommateurs. Pour utiliser ces électricités dites intermittentes, il faut pouvoir associer **impérativement et constamment** sur le réseau leur puissance instantanée à de la puissance produite par des centrales **pilotables** c'est-à-dire des centrales électriques dont un opérateur peut moduler en permanence la puissance (centrales nucléaires, à charbon, à fuel, à gaz, centrales hydroélectriques de

lacs...). Ce sont elles qui permettent, **dans certaines limites toutefois**, d'ajuster la puissance instantanée produite par cette association à la puissance instantanée appelée par les consommateurs, et donc éviter les délestages et les blackouts. **Ces centrales pilotables sont donc absolument indispensables à la mise en œuvre de l'électricité éolienne (et solaire PV), ce dont l'opinion n'a dans son immense majorité pas conscience, mais elle a des excuses parce que cela ne lui a jamais été expliqué par les médias et pas plus par nos dirigeants.**

Il résulte de cette association forcée que l'on utilise plus de moyens de production pour produire la même quantité d'électricité. Le coût de production de ce « mix » électrique et donc le prix moyen de marché de l'électricité pour le consommateur en sont donc automatiquement plus élevés par kWh produit que celui d'une électricité qui serait produite par les centrales pilotables associées seules. **Cela sera le cas aussi bas que puisse devenir le coût de production de l'électricité éolienne (ou solaire PV). Les incessantes déclarations selon lesquelles le développement des électricités intermittentes, du fait de la décroissance de leur coût de production, fera baisser le coût de production de l'électricité pour les ménages sont donc fallacieuses, comme il est aisé de le constater sur les figures 1 et 2.**

Ces centrales pilotables pourraient en théorie être remplacées par des installations de stockage-déstockage d'électricité qui assureraient instantanément la nécessaire coïncidence entre puissance produite et puissance consommée. Mais les technologies actuelles ne permettent toujours pas de le faire dans les quantités nécessaires, cela de très loin, malgré déjà 50 ans de recherches acharnées dans ce domaine. **De toutes façons, ces installations auraient un coût sans doute supérieur à celui des centrales pilotables pour assurer le même service.**

Notons que cette association impérative des parcs éoliens avec des centrales pilotables pour que leur production soit utilisable implique qu'ils ne peuvent pas remplacer ces centrales. De plus la puissance totale de ces centrales associées doit être égale à la puissance maximale (nominale) des parcs qu'ils assistent plus une marge de sécurité, pour garantir en toutes circonstances la consommation lorsque le vent est insuffisant. Le remplacement de nos centrales pilotables par des parcs éoliens (ou solaires PV), est donc impossible. Contrairement à une opinion très répandue, ils ne peuvent donc pas dans notre pays remplacer les réacteurs nucléaires, qui ne peuvent être remplacés que par d'autres centrales pilotables de même puissance totale, dans la pratique essentiellement à charbon ou à gaz comme en Allemagne.

Elle implique aussi que, à consommation d'électricité égale, les centrales pilotables associées sont obligées de baisser leur production pour laisser place aux EIRi. Ces centrales pilotables, qui ont toujours les mêmes charges fixes (salaires, maintenance, frais financiers...) doivent donc pour rester rentables facturer plus chers les kWh produits, de façon croissante avec la diminution de leur facteur de charge, ce qui est une cause supplémentaire d'augmentation du coût de production du mix électrique.

-Les coûts d'acheminement ont augmenté considérablement avec le développement des parcs éoliens (et solaires PV) :

En effet, l'électricité éolienne est produite de manière décentralisée un peu partout sur le territoire, mais comme on vient de l'expliquer ne peut être utilisée qu'en association avec de l'électricité produite par des centrales pilotables reliées au réseau électrique existant. L'électricité éolienne doit donc être tout d'abord « rapatriée » sur le réseau existant pour y être mixé avec de l'électricité pilotable. **Cela implique la création d'un très important maillage complémentaire de lignes électriques, et un redimensionnement des anciennes pour supporter les considérables sautes de puissance de l'éolien, illustrées par la figure 3.**

3- Les taxes gouvernementales sur la consommation d'électricité ont aussi beaucoup augmenté, pour subventionner le développement de l'éolien et du solaire PV, qui autrement n'aurait pas pu avoir lieu :

Les taxes gouvernementales sur la consommation d'électricité et plus généralement celle d'énergie constituent maintenant un maquis dans lequel il est très difficile de se retrouver. On retiendra pour ce qui nous occupe que pour subventionner l'éolien et le solaire PV, notre gouvernement a tout d'abord dévoyé une taxe appelée Contribution au service public de l'électricité (CSPE), destinée initialement à assurer une péréquation tarifaire sur l'ensemble du territoire métropolitain et des départements d'outremer, en vertu du principe que le prix de l'électricité doit être identique partout en France. La part de la CSPE consacrée à subventionner l'éolien et au solaire PV, encore très faible en 2008, a augmenté très rapidement pour atteindre environ 15 Euros par MWh fin 2016, auxquels s'ajoutaient 20% de TVA, soit au total 11% des factures d'électricité des ménages à l'époque. Ces sommes étant versées par EDF, collecteur de cette CSPE via les factures d'électricité, aux producteurs d'électricités éolienne et solaire PV. Puis, sans doute pour masquer la rapidité de cette augmentation, l'Etat a en 2017 plafonné la CSPE à ce niveau et fait porter les subventions par une taxe sur les combustibles fossiles (qui sont en France surtout les carburants pétroliers), la taxe intérieure sur la consommation de produits énergétiques (TICPE). L'Allemagne, pour limiter ces augmentations trop visibles des factures d'électricité, les a fait de son côté carrément supporter par le budget de l'Etat, c'est-à-dire par les contribuables.

Ces subventions sont attribuées à l'exploitant :- soit par la méthode de l'obligation d'achat, qui consiste à fixer chaque année pour les installations terrestres anciennes ou nouvelles de petites dimensions, une obligation de rachat par EDF de l'électricité produite à un tarif fixé par le gouvernement, revalorisé chaque année pour tenir compte de l'inflation, actuellement d'environ 90 euros en moyenne par MWh - soit pour les installations nouvelles et en particulier pour l'éolien en mer, par celle des appels d'offres. Un prix de référence est dans ce cas défini, en principe de façon concurrentielle entre les promoteurs intéressés. L'Etat s'engage alors par contrat à verser à l'exploitant la différence entre ce prix de référence et le prix de marché quand celui-ci lui est inférieur. Quand le prix de marché est supérieur au prix de référence, ce qui n'est pratiquement jamais le cas, c'est l'Etat qui en principe encaisse la différence.

A titre d'exemple, le prix de référence pour le parc éolien en mer de Saint-Nazaire qui vient d'être inauguré est de 143,6 euros/MWh, soit à peu près deux fois le prix actuel de marché de l'électricité en France (<https://www.actu-environnement.com/ae/news/montant-tarif-achat-eolien-francais-33988.php4>)

S'y ajoutent encore des détaxations fiscales, et les subventions et aides diverses apportées par les collectivités locales aux projets éoliens et solaires photovoltaïques, ainsi que leurs contributions aux travaux nécessaires à leur implantation et leur fonctionnement***, payées par les impôts locaux.

Du fait de cette complexité et de ces maquillages, il est bien difficile de dire combien coûte actuellement en taxes et impôts divers le développement de l'éolien et du solaire PV aux ménages français, mais il s'agit sans doute d'une dizaine de milliards par an.

Mais les charges de ce développement ne se limitent pas à ces prélèvements sur les factures d'électricité et de carburants des ménages et sur les feuilles d'impôts. Les entreprises et le secteur tertiaire sont mis aussi à contribution, ce qui provoque une augmentation des prix des biens de consommation et des services. La charge mise ainsi sur l'économie de notre pays aurait été en 2021 de l'ordre de 20 milliards d'euros****.

Face à ces charges considérables sur l'économie et sur ses factures d'électricité et de carburants, quelles contreparties le citoyen français peut-il espérer trouver dans un développement massif de l'éolien (et du solaire PV). En fait aucune, et certainement pas une amélioration de son environnement : les atteintes de ce développement non seulement à l'environnement et à la biodiversité, mais aussi au bien-être et à la santé des habitants des territoires ruraux deviennent de plus en plus pesantes. Il n'aura aucun effet sur nos émissions de gaz à effet de serre, et même les fera augmenter (<https://malicorne.over-blog.com/2024/02/eolien-lettre-ouverte-a-nos-elus-de-bernard-durand.html>) .

D'autre part, s'il n'est pas accompagné d'une forte augmentation de nos capacités disponibles en centrales pilotables, il fera peser un risque considérable sur notre sécurité d'approvisionnement en électricité, et pourra provoquer des blackouts entraînant d'importants désordres sociaux et de nombreuses morts.

Ce risque de black-out et de ses conséquences potentiellement mortelles a pourtant été pris toutes ces années par nos gouvernants qui ont systématiquement encouragé, en particulier par de multiples et copieuses subventions et par une propagande de tous les instants en sa faveur, le développement de l'éolien et du solaire PV dans notre pays, tout en diminuant fortement nos capacités en centrales pilotables et en ne s'assurant pas de leur entretien et de leur maintenance, donc en diminuant encore plus nos marges de sécurité. Les alertes n'ont pourtant pas manqué dans les pays qui ont suivi la même politique, par exemple l'Australie du Sud en septembre 2016, le Royaume-Uni en Août 2019, la Californie en août 2020, et même l'Europe dans son ensemble en Janvier 2021. Le plus spectaculaire est le cas du Texas qui a dû pratiquer de très importants délestages lors de quatre jours d'un épisode de froid glacial en Février 2021, avec comme conséquences de nombreux morts.

On mesure toute l'absurdité de la politique suivie jusqu'à présent en France dans ce domaine quand on a compris que ce développement de nos capacités réellement disponibles de centrales pilotables qui est indispensable à celui de l'éolien et du solaire PV, aurait suffi à lui seul à assurer notre sécurité d'approvisionnement, et donc aurait rendu inutiles l'éolien et le solaire PV dans notre pays, tout en faisant beaucoup moins grimper les prix de l'électricité. On réalise aussi les dangers qu'elle fait courir aux Français, non seulement par les risques de blackout qu'elle entraîne, mais aussi par son fort besoin en

matières premières que n'avons pas, gaz, mais aussi métaux comme le cuivre et les terres rares, et son incidence sur notre souveraineté énergétique et notre balance commerciale. Un changement de politique s'impose d'urgence, qui consiste à reconstituer et à développer notre parc de centrales pilotables pour faire face à nos besoins croissants en électricité avec une marge de sécurité, et à ne plus gaspiller nos moyens au détriment des Français à construire des parcs éoliens inutiles.

** Les deux années suivantes ne sont pas prises en compte car elles ont vu exploser le prix de l'électricité pour des raisons exceptionnelles, principalement la forte augmentation du prix de marché du gaz, pour cause d'abord de reprise économique mondiale suite à la maîtrise de l'épidémie de Covid 19, puis de rupture d'approvisionnement suite à la guerre en Ukraine. Or le prix de marché du gaz a, dans l'état actuel du parc électrique européen et de la structure du marché de l'électricité, une forte influence sur les prix de marché de l'électricité.*

****Rappel :**

1 gigawatt (GW) vaut 1 milliard de watts. Le watt (W) est l'unité de puissance énergétique.

Sur notre facture mensuelle d'électricité figure la quantité d'électricité que nous avons consommée pendant le mois, exprimée en kilowattheures (1 kWh= 1000 wattheures), c'est-à-dire la quantité d'énergie consommée par un dispositif d'une puissance électrique d'un kilowatt (1 kW= 1000 W), soit à peu près celle d'un radiateur électrique, fonctionnant à cette puissance pendant une heure.

Notre compteur peut délivrer de l'électricité jusqu'à une puissance maximale, en général 6 kW (en fait kilovolt.ampère (kVA) sur votre compteur, mais cela revient au même), et disjoncte donc dès que la puissance cumulée des appareils électriques que nous mettons en route dépasse cette valeur. Il en est de même pour le réseau électrique si la puissance appelée par les consommateurs dépasse la puissance effective totale des centrales électriques qui l'alimentent.

Les multiples par mille de l'unité de puissance électrique (mais aussi des autres formes d'énergie) sont le kilowatt (kW =1000W), le mégawatt (1 MW= 1 million de watts)

***** voir le journal Sud-Ouest-Charente-Maritime 23 Janvier 2024 p 12-13**

La voie royale des éoliennes : « Le département est devenu une porte d'entrée du transport éolien. Les aménagements réalisés permettent de faire circuler des convois hors norme, certains de 100 mètres de long ».

Questions, combien cela a-t-il coûté et qui a payé ?

****** voir M. Villey-Migraine et B. Durand, 2023 : L'éolien en question, treize démentis sur l'intérêt de construire des parcs éoliens maritimes et terrestres en France. Editions Le lys bleu.**