

## Énergie éolienne : sa place dans le mix énergétique de la Bretagne

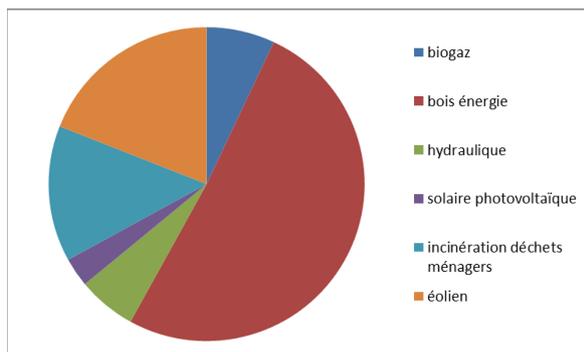
Parmi les énergies renouvelables, l'énergie éolienne représente **19 % de la production d'énergie** (en orange sur le disque), alors que le bois représente 51 % (en rouge) . Mais pour l'électricité, dont les besoins vont augmenter pour la mobilité et l'industrie, l'éolien représente déjà **60 %** de la production régionale.

En comparant ces productions avec les consommations de différents types d'énergie on voit que la **Bretagne importe** actuellement **82 % de l'énergie électrique** qu'elle consomme. La production d'énergie électrique avec des éoliennes, des panneaux photovoltaïque et des barrages hydroélectriques représente **14 % de la consommation**.

Les objectifs ambitieux qui se trouvent dans les **documents publiés** par les pouvoirs publics SRADDET, Plan Climat, Breizh CoP, sont des recommandations pour la sobriété, (division par deux des consommations d'énergie, -35 % des émissions de Gaz à effet serre ). Mais pour que la part des renouvelables atteigne 40 % de la production, l'augmentation sans précédent de l'utilisation de l'énergie solaire, la poursuite de la croissance de l'éolien doivent être complétées par l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur pour permettre du **stockage** et une meilleure **valorisation et complémentarité** des énergies nouvelles qui ne sont pas permanentes. La bonne nouvelle est que les « besoins » énergétique des êtres humains et de nos sociétés, ne sont pas non plus permanents. Il s'agit seulement d'**apprendre ensemble** à les recaler avec les rythmes de la planète.

### Production d'énergie renouvelable

D'année en année, le mix énergétique en Bretagne se diversifie grâce aux investissements publics et privés de déploiement de nouveaux moyens de production : La production annuelle de la Bretagne a progressé de + 3,5 % par an, soit **10,4 Twh** d'énergie primaire renouvelable en 2019, avec la répartition suivante ( mix énergétique ) :



En 2019 : 6% hydraulique, 19% éolien, 14% déchets, 51% bois-énergie, 7% biogaz, 3% solaire photovoltaïque (Source OEB Observatoire de l'Environnement en Bretagne).

Le bois énergie représente une part très importante de l'énergie produite : en 2019 il fournit 76 % de la chaleur produite (incinération des déchets : 19% et méthanisation : 4%). Le développement de la chaleur est fortement lié à l'installation de chaufferies collectives ou industrielles au bois.

L'éolien terrestre reste la première source de production d'électricité avec une puissance de 1053 MW installée au 31 décembre 2020. (en 2019, production de **1941 Gwh** sur un total de 3226 Gwh

d'énergie électrique renouvelable soit 60% de l'énergie électrique renouvelable). Dans les prochaines années, la production éolienne devrait progresser avec la mise en service du parc éolien en mer de la baie de Saint-Brieuc et le parc pilote de 3 éoliennes flottantes au large des îles de Groix et de Belle-Ile.

Depuis 2000, la Bretagne dispose d'un parc stable de 11 incinérateurs, traitant 680 000 tonnes de déchets par an sous forme de chaleur et/ou d'électricité, soit potentiellement **1,7 TWh** d'énergie disponible par an.

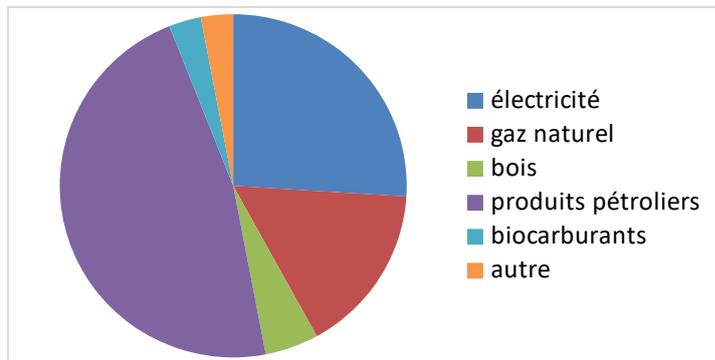
La production de biogaz (**673 GWh**) est essentiellement liée à la méthanisation, constituée à 61 % d'effluents d'élevages, qui produit du biométhane injecté sur le réseau gaz (18%), de l'électricité (47%) et de la chaleur (35%), comprenant l'autoconsommation d'électricité et de chaleur au sein des unités de cogénération. La production de biogaz double tous les 3 ans depuis 2012.

En 2020, la filière solaire photovoltaïque de la région a fourni **245 GWh** d'électricité, soit 3 % de la production d'énergie renouvelable en Bretagne et 7 % de la production électrique renouvelable. Elle est en progression constante. 95% des installations font moins de 36 Kva. Si les installations solaires photovoltaïques se comptent par milliers en Bretagne (plus de 23 000 fin 2020), le parc régional n'en demeure pas moins modeste au regard du reste de la France (environ 480 000 installations). Il représente environ 5 % du parc national. La région se place au 9e rang parmi les 13 régions métropolitaines. L'Ille-et-Vilaine et le Morbihan représentent plus de 60 % de la puissance photovoltaïque raccordée.

La filière solaire thermique en Bretagne se développe peu (0,2%) avec seulement 30 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques installés en 10 ans, principalement dans le tertiaire.

La capacité totale du parc hydroélectrique en injection réseau s'établit en 2019 à 271 MW. L'usine marémotrice de la Rance en représente à elle seule 90 % soit 238 Mw (fournissant 570 Gwh, elle ne semble fonctionner que 2 400 heures en équivalent pleine puissance sur les 8 760 heures de l'année). Les 2 autres ouvrages se concentrent sur 2 bassins versants : le Blavet de sa source à la mer (60 %) et les fleuves côtiers de la pointe de Bloscon à la pointe du Raz (21 %). Depuis 2015, le parc hydroélectrique s'est diversifié par la mise en service d'hydroliennes au large de Paimpol-Bréhat, d'Ouessant et dans la ria d'Étel. Ces nouvelles unités sont pour le moment encore au stade expérimental.

## La consommation énergétique



La consommation d'énergie régionale est de 76 Twh en 2020 dont 28% d'électricité (21,3 Twh), 45% de produits pétroliers (34,2 Twh) et 19% de gaz (14,44 Twh). Issue à 80% de ressources renouvelables, la production d'énergie en Bretagne couvre 14,5% de cette consommation d'énergie régionale.

### **Produits pétroliers et le gaz**

Les produits pétroliers essentiellement destinés aux transports, à l'agriculture et à la pêche, représentent une petite moitié de la consommation énergétique totale et cette consommation est dans des proportions à peu près similaires à la moyenne nationale. Peu de produits pétroliers (environ 10%) sont consommés dans les secteurs résidentiel/tertiaire et l'industrie.

Le gaz naturel est destiné à l'industrie (28%) et au secteur résidentiels (32%), au secteur tertiaire (20%) et en moindre proportion à la production agricole (5%). L'utilisation de gaz pour la production de chaleur et d'électricité (cogénération) représente 13 % des consommations en 2018. La chaleur produite est surtout destinée au secteur agricole (chauffage des serres). Dans le secteur des transports publics, les produits pétroliers sont remplacés progressivement par le GNV (Gaz Naturel Véhicule constitué de GNC Gaz Naturel Comprimé et/ou de bioGNV). Une vingtaine de stations sont ouvertes et une douzaine sont prévues (cf [stations GNV - Région Bretagne](#)). 16,2 TWh de gaz naturel ont été consommés en Bretagne en 2018 (16% dans la consommation d'énergie en Bretagne).

### **La consommation électrique, des évolutions à attendre**

La consommation électrique s'établit à 21,3 TWh en 2019 et se répartit surtout entre le secteur résidentiel (44%), le secteur tertiaire (32%) et l'industrie (20%). La consommation électrique a augmenté de 24% entre 2000 et 2018 passant de 17 Twh à 21,3 Twh. Sur cette même période on note des pics de consommation annuels d'environ 4500Mw sauf en 2017 (4900 Mw) et en 2018 (5160Mw), auquel il convient de faire face en maintenant l'offre nécessaire. La consommation électrique est restée à peu près stable depuis 2012.

Dans la période actuelle mais aussi dans les années à venir, la sobriété énergétique et les économies d'énergie sont et seront plus que jamais de rigueur : changement des comportements (plus de covoiturage, ne pas se déplacer quand ce n'est pas nécessaire...), rénovation thermique des bâtiments, développement des fonctions domotique (régulation de température / planification des

dispositifs de chauffage)... En 2020, la transition énergétique et climatique a été renforcée dans le cadre de la BreizhCop, avec l'élaboration du volet Energie Climat du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) adopté en décembre 2020 et approuvé par le préfet de Région en mars 2021. C'est aujourd'hui le scénario énergie-climat de référence. Ce dernier fixe pour la Bretagne des objectifs ambitieux : à l'horizon 2040 une division par 2 des émissions de GES et une réduction des consommations énergétiques de 35 % par rapport à 2015.

Malgré ces efforts importants et très ambitieux, la consommation électrique ne devrait pas pour autant chuter substantiellement dans les années à venir car l'énergie électrique, même devenue très chère ces derniers mois, devra se substituer aux énergies fossiles actuellement consommées qu'il faudra abandonner pour respecter les objectifs de baisse de CO2.

- La réindustrialisation, en électrifiant les procédés, augmente la consommation d'électricité mais réduit l'empreinte carbone. Certains industriels, notamment dans l'agroalimentaire, valorisent les déchets pour produire de l'énergie (productions d'électricité et de chaleur par cogénération)
- Le parc de pompes à chaleur installé (PAC air-air air-eau) se monte à 250 000 installations en 2019 soit 2 GWh de puissance. La progression s'accroît au fil des années et participe donc à la décarbonation du chauffage pour les secteurs résidentiel et tertiaire. Cela représente 7 % de la consommation électrique de la Bretagne.
- La Bretagne compte 1.909 points de recharge (publics et privés) accessibles à la date de mai 2021, dont 1.579 bornes de recharge accélérée. Mis en œuvre par les quatre syndicats départementaux d'énergie (SDE), le réseau public compte 705 bornes dont 48 bornes rapides, implantées à proximité d'axes routiers ou de carrefours stratégiques. L'interdiction des ventes de voitures neuves thermiques en 2035 va normalement développer le marché de la voiture électrique (10% des immatriculations en France actuellement).

## Le cas de l'énergie électrique – capacité de production

La Bretagne a produit en 2019 **4,1 Twh** d'électricité. 75% de l'électricité produite en Bretagne était issue des EnR, en particulier de l'éolien (46%). Elle a cependant importé en 2019 **82% de l'électricité** qu'elle consomme à partir des 2 régions limitrophes : la Normandie (4,1 Twh avec la centrale nucléaire de Flamanville) et les Pays de la Loire (les centrales nucléaires du Val de Loire telles que Chinon et Saint-Laurent et la centrale charbon/fioul de Cordemais près de Nantes : 14,5 Twh).

Outre les capacités de production d'électricité renouvelable (voir ci-dessus : éolien, solaire, hydraulique), la Bretagne dispose de plusieurs moyens de production pilotables qui restent assez modestes : la centrale nucléaire de Brennilis, en cours de démantèlement, a été remplacée par trois turbines à combustion (TAC) au fioul qui ont été mises en service en 1980 (Brennilis 1 : 85Mw), en 1981 (Brennilis 2 : 85Mw) et en 1996 (Brennilis 3 :125 Mw). Le site de Dirinon possède deux turbines de 85MW. Ces turbines fonctionnent en appoint au moment des pics de consommation électrique durant quelques heures par an. Les grosses unités de production étant situées à des centaines de km, ces TAC limitent ainsi les pertes en ligne. Elles ont fourni en 2020 une puissance de 465Mh soit 80 %

de la production d'électricité de pointe, 20% est fourni par des unités de production de type groupes électrogène. La puissance totale d'électricité de pointe est de 617 Mw.

Deux [CSPR](#) (Compensateur statique de puissance réactive - batteries de condensateurs et de réactances) sont installés pour atténuer les chutes de tension près de Lorient et de Saint-Brieuc.

Depuis mars 2022, la Centrale à gaz de Landivisiau, d'une puissance de 446 mégawatts, a été mise en service. Elle double quasiment la puissance de production d'électricité de pointe, la portant au total à plus de 1000 Mw. Le projet est porté par TotalEnergies par le biais d'une filiale dédiée : la Compagnie électrique de Bretagne. Elle a l'avantage d'être facilement pilotable et d'émettre trois fois moins de CO2 qu'une unité de production au charbon ou au fioul (cf TAC). Elle a aussi un meilleur rendement (58 %). Au départ programmée pour fonctionner la moitié de l'année, cette centrale tourne en fait en continu en raison de la forte demande d'électricité en France. Toutefois l'envolée des prix du gaz sur le marché international depuis mi 2021 (accentuée par la guerre en Ukraine en 2022) fait que le coût de fonctionnement des centrales à gaz est devenu très élevé. (il en est de même pour les unités de production au fioul).

## L'évolution de la capacité de production électrique, place au renouvelable

### L'éolien terrestre

En 2020, 640 éoliennes se répartissent dans 114 parcs correspondant à une puissance de 1053 Mw (1142 Mw au 31/12/2021). (la puissance moyenne d'une éolienne est donc de 1,64 Mw). En 2020 le parc éolien a produit **2232 Gwh couvrant 11% de la consommation totale d'électricité** en Bretagne (20,8 Twh). 76 % des éoliennes ont plus de 10 ans. Le renouvellement du parc a commencé sur certains sites et contribue à augmenter la puissance installée. La Bretagne se positionne à la 5e place des régions françaises après les Hauts-de-France, le Grand Est, l'Occitanie et la Nouvelle-Aquitaine. Le Morbihan et les Côtes-d'Armor représentent chacun un tiers de la puissance éolienne raccordée, ces départements profitant d'une bonne exposition aux vents.

Pour faciliter l'implantation d'éoliennes, l'association EPV agit depuis 2003 en associant les citoyens aux projets. Elle a installé 13 éoliennes d'une puissance de 26 Mw, à Béganne (56), puis Sévérac-Guenrouët et d'Avessac (44). L'association accompagne de nouveaux projets à Plessé (44) et Saint-Ganton (35).

### L'éolien offshore

Actuellement en construction, le parc éolien de la baie de Saint-Brieuc doit entrer en service en 2023. Il comprendra 62 éoliennes.

Avec une production prévisionnelle de 1 850 Gwh, soit l'équivalent de la consommation électrique de 835 000 habitants (chauffage compris), il est susceptible de doubler la production bretonne de la filière éolienne par rapport à celle de 2019.

Un parc pilote de 3 éoliennes flottantes, d'une puissance totale de 28,5 MW, devrait s'y ajouter au large des îles de Groix et de Belle Île-en-mer.

## Le solaire

Le parc des installations solaires photovoltaïques breton est modeste au regard du parc français et surtout composé de petites installations. Il a fourni 307 Gwh en 2021, soit 7 % de l'électricité renouvelable produite dans la région.

Le SRADDET a inscrit dans sa feuille de route la multiplication par 8,4 du rythme de développement du solaire photovoltaïque en Bretagne d'ici 2040 par rapport à la décennie précédente (2010 – 2020), pour atteindre en 2040 une production d'environ 3 150 GWh. Le solaire photovoltaïque est ainsi l'énergie renouvelable électrique qui devrait le plus croître, avec un rythme de développement identique aux énergies marines.

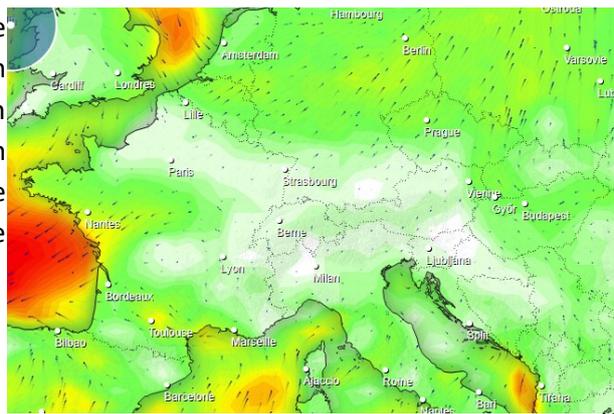
## La biomasse, un gisement important pour la Bretagne

La Bretagne, importante région d'élevage, possède des gisements de biomasse importants : gisements d'origine forestière, agricole ou issues de déchets. La biomasse est en particulier importante pour le développement économique des territoires, notamment les EPCI chargés de mettre en œuvre les Plans climat air énergie territoriaux. Elle participe à la production d'électricité mais aussi de chauffage des bâtiments et des process industriels, de biométhane injecté dans le réseau de gaz (407 Gwh/an fin 2020), de BioGNV pour la mobilité. La possibilité de produire du gaz renouvelable à partir des ressources régionales en biomasse est donc une opportunité et cette production continuera à croître compte tenu de l'augmentation du coût de l'énergie.

## L'hydrogène et le stockage de l'énergie

Les énergies renouvelables se fondent assez largement sur l'éolien qui malgré sa variabilité, contribue en partie à la sécurité d'approvisionnement en électricité. Le facteur de charge (ratio entre l'énergie que l'éolienne produit sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite durant cette période si elle avait constamment fonctionné à puissance nominale) est de l'ordre de 25% pour l'éolien terrestre et de l'ordre de 40% pour l'éolien offshore. Ce taux grimpe progressivement avec les évolutions technologiques. Mais cela ne veut pas dire qu'une éolienne terrestre ne produit rien pendant 75% du temps. Elle tourne en moyenne 75 à 95% du temps. La fourniture d'énergie d'une éolienne est dépendante de la météo qu'il est possible de prévoir jusqu'à 14 jours à l'avance ce qui permet à RTE de jouer en théorie sur le foisonnement (complémentarité avec d'autres parcs d'éoliennes distants au niveau national voire avec les pays voisins ou sur le photovoltaïque) ou sur le démarrage de turbines hydrauliques, de centrales thermiques classiques ou nucléaires. La puissance éolienne peut se vérifier en opérant le recoupement entre la [carte des vents](#) et le [tableau de bord de la production d'électricité par filière en temps réel](#).

Entre le lundi 5 décembre et mercredi 7 décembre 2022, alors que la production électrique est en tension, l'éolien fournit 4 à 5% de la production avec des vents à l'échelle nationale  $\leq 10$  km/h avec un peu plus de vent en Vendée et autour de Marseille. Il est prévu que cette situation perdure dans la semaine à venir.



Une des solutions à cette variabilité consiste à produire de l'hydrogène vert par électrolyse de préférence avec l'électricité excédentaire (production d'origine éolienne ou photovoltaïque supérieure à la consommation) , l'hydrogène étant un vecteur énergétique qui pourra produire de l'électricité pour alimenter par exemple des véhicules ou des groupes électrogènes à hydrogène (l'hydrogène pouvant aussi servir à alimenter des process industriels) , à stocker l'électricité dans des batteries de grande capacité pour une restitution à la demande ou plus tard dans des batteries de voitures électriques. En Bretagne H2X développe des écosystèmes hydrogène auprès des collectivités et des entreprises.

### **Evolution et planification des EnR en Bretagne**

En France comme en Europe, la transition énergétique se poursuit: la part des énergies renouvelables dans le mix de production électrique doit atteindre 40% en 2030. Les Schémas Régionaux de Raccordement aux Réseaux des Energies Renouvelables (**S3REnR**) est un outil d'aménagement du territoire. Il intègre la construction de nouveaux ouvrages de réseau (lignes et postes), et une optimisation de l'utilisation des lignes existantes. Les ambitions de développement EnR régionales sont fixées par le préfet de région, à un horizon de 10 ans. Les S3RER prennent en compte les projets raccordés, les projets en développement et la capacité réservée disponible pour les futurs projets. La plupart des régions ont déjà révisé leur capacité supplémentaire (ex HdF +5,5Gw, +58 GW de capacité supplémentaires à l'échelon national). Le Schéma Bretagne est en cours d'adaptation pour dégager des capacités supplémentaires avant le lancement de la révision.

Philippe Delcourt et Jean-François JANIN

## Bibliographie

Bretagne économique - Transition énergétique : <https://www.bretagne-economique.com/actualites/transition-energetique-nous-allons-devoir-diviser-nos-consommations-denergie-par-deux>

Chiffres clés de l'énergie en Bretagne : <https://bretagne-environnement.fr/chiffres-cles-energie-bretagne---edition-2020-donnees-analyses-observatoire-environnement-bretagne>

Futurs énergétiques 2050 : les scénarios de mix de production : <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdonnees>

réseau et production : [https://www.ille-et-vilaine.gouv.fr/contenu/telechargement/8584/54185/file/Carto\\_Réseau+et+production+actuels+en+Bretagne.pdf](https://www.ille-et-vilaine.gouv.fr/contenu/telechargement/8584/54185/file/Carto_Réseau+et+production+actuels+en+Bretagne.pdf)

Turbine à gaz de Landivisiau : <https://www.letelegramme.fr/dossiers/centrale-a-gaz-de-landivisiau/centrale-au-gaz-de-landivisiau-les-six-choses-a-savoir-02-06-2021-12760766.php>

Bilan électrique 2019 en Bretagne : <https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-08/Fiche%20Bilan%20Electrique%202019%20Bretagne.pdf>

Aérogénérateurs en Bretagne : <https://bretagne-environnement.fr/production-energie-electricite-eolien-bretagne-article>

Conférence bretonne sur la transition énergétique, juin 2022 : <https://bretagne-environnement.fr/memento-chiffres-cles-bretagne-2020-conference-bretonne-transition-energetique2022-documentation>

RTE bilan électrique 2019 : <https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-08/Fiche%20Bilan%20Electrique%202019%20Bretagne.pdf>

Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables de Bretagne (S3REnR) : <https://www.rte-france.com/projets/s3renr/le-schema-regional-de-raccordement-au-reseau-des-energies-renouvelables-de-bretagne-s3renr>

Observatoire de l'éolien 2022 : <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-40397-FEE-observatoire-eolien-2022.pdf>

Solaire : <https://bretagne-environnement.fr/production-energie-solaire-photovoltaïque-bretagne-article>

Le photovoltaïque en Bretagne : <https://www.ambition-climat-energie.bzh/accueil/la-strategie-regionale-ambition-climat-energie/lenergie-solaire-photovoltaïque/>

La filière solaire voltaïque se développe : <https://bretagne-environnement.fr/production-energie-solaire-photovoltaïque-bretagne-article>

Un nouveau cadre solaire en Bretagne : <https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2022/06/20220617-Projet-Heol-Breizh-GAC-PV-V12-VREPRO.pdf>

La place du biogaz en Bretagne : <https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/la-place-du-biogaz-en-bretagne-a4595.html>

Eolien et intermittence : <https://www.revolution-energetique.com/eolien-est-il-vrai-quil-est-intermittent-et-que-le-foisonnement-nexiste-pas/>

Energie citoyenne au Pays de Vilaine : <https://www.enr-citoyennes.fr>