GUIDE DE L'ÉOLIEN

Bibliographie thématique et argumenté de l'éolien terrestre

Version avril 2025

Ce guide, organisé par thématique, présente une revue argumentée des études et retours d'expérience sur l'éolien en général et sur la construction d'un parc en particulier. En complément, vous pouvez vous rendre sur le site d'information : https://www.info-eolien.fr/#ligne_debats .

Localisation d'un parc 3
Distance aux habitations 3
Milieu forestier 3
Vie d'un parc 4
Acceptabilité 4
Instruction et étude d'impact 4
Intermittence ou variabilité ? 5
Production annuelle 6
Facteur de charge 6
Démontage 7
Bénéfices économiques 9
Coût 9
Emploi 11
Tourisme 11
Patrimoine immobilier 12
Environnement 13
Paysage 13
Santé 13
Acoustique 14
Infrason 14
Avifaune 15
Béton 16
Terres rares 17

Auteurs et autrices : BayWa r.e. France, agence de Lyon, Immeuble Confluence, 3 Cours Charlemagne, 69002 Lyon, www.baywa-re.fr

Localisation d'un parc

Distance aux habitations

Depuis le Grenelle de l'Environnement et sa loi de juillet 2010, **La distance minimum réglementaire entre les habitations et une éolienne est de 500 mètres. De plus, l'environnement paysager et patrimonial du parc éolien ainsi que ses émissions acoustiques sont les deux principaux éléments pris en compte pour déterminer la bonne distance entre les éoliennes et les habitations.** Ces éléments sont étudiés dans l'étude d'impact préalable à la délivrance de l'autorisation d'exploiter par le Préfet (cf. section Instruction et étude d'impact). Le public peut se prononcer sur ces questions à travers les démarches de concertation associées au projet, et ce avant l'enquête publique obligatoire pour ce type de projet.

Les émissions acoustiques d'un parc éolien sont estimées lors de l'étude d'impact acoustique prévisionnelle, en fonction de l'environnement du parc (géométrie du site et propagation du son, vents dominants, etc.). Elle permet d'apprécier les possibilités d'implantation des éoliennes au regard de la réglementation en vigueur.

Le respect de la réglementation acoustique doit être respecté quelques soit la distance aux habitations. Pour s'en assurer, une étude acoustique (des mesures au niveau des habitations) est réalisée après la construction du projet. Elle permet d'affiner les modalités de fonctionnement du parc afin de garantir la protection des riverains. En effet, les éoliennes peuvent être bridé, c'est-à-dire la rotation des pales peut être ralentie, afin de générer moins de bruit. Un plan de bridage définit les périodes de la journée corrélées à une force et une direction de vent auxquelles les éoliennes sont ralenties afin de respecter la réglementation.

Milieu forestier

Le développement éolien en forêt est indispensable en Bourgogne-Franche-Comté pour permettre l'installation de parcs. Ce sont des grands espaces qui permettent de s'éloigner des habitations (N.B. : 500 m de distance règlementaire). Par ailleurs, le couvert végétal créé un masque visuel pour les vues proches (cf. section Paysage).

La forêt couvre 1,77 millions d'hectares de la région, ce qui représente 37 % du territoire. C'est la 5e région française pour sa surface boisée.

Par exemple, en Saône-et-Loire, l'espace forestier couvre 24% du département. L'éolien étant fortement contraint, **des zones libres de contraintes rédhibitoires pour l'éolien se situent en forêt dans 60% des cas.**

La mise en place de parcs éoliens en forêt présente des avantages**. Le développement d'un parc éolien est compatible avec l'exploitation sylvicole, et créé même des synergies.** Par exemple, la création de chemins est utile pour la desserte forestière et l'exploitation du bois. De plus, la faible emprise au sol d'une éolienne, induit une faible consommation d'espace forestier. Par ailleurs, la filière est tenue de compenser les surfaces forestières soumises à procédure de défrichement. Les coefficients de boisement compensateur sont propres à chaque département mais oscillent généralement entre 1 et 2.

L'implantation d'un parc éolien est aussi bénéfique au gibier, et il n'est pas constaté de gêne sur leur mode de vie. Ainsi dans la Somme en 2019, dans l'objectif est de favoriser la reproduction du gibier en recréant des couverts, 500 mètres de haie ont ainsi été plantés et 5 000 m² de graminées hautes ont été semées dans des marais.[1]

[1] https://actu.fr/hauts-de-france/flixecourt_80318/flixecourt-eoliennes-profitent-chasseurs-au-gibier_25822589.html

En France, environ 230.000 ha/an de bois sont coupés[2]. Sur le parc éolien de Valsonne, qui est situé en forêt, l'emprise des plateformes des éoliennes et des chemins d'accès représente moins de 5 ha pour 4 éoliennes. Si l'on part du principe qu'à l'échelle de la France il faut 10.000 mâts et si tous étaient en forêt cela représenterait 12 500 ha. Les projets étant mis en œuvre pour 20 ans, la consommation représenterait l'équivalent de 625 ha/an soit **0,3% de la surface totale exploitée**.

Vie d'un parc

Acceptabilité

Selon un sondage de 2020, **76 % des français ont une bonne opinion de l'éolien**[3]. **Ce résultat est identique (76%) pour les riverains vivant à moins de 5 km d'un parc éolien**. Seuls 7% des citoyens habitant une commune dans un périmètre de moins de 5 km d' un parc éolien déclarent en avoir une très mauvaise image. L'énergie éolienne est qualifiée de propre, d'inépuisable, de bonne alternative à l'énergie fossile, et disponible toute l'année.

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté nucléaire (IRSN) réalise chaque année un baromètre auprès d'un échantillon représentatif de 1 000 personnes afin de mesurer année après année la perception et les avis des français sur l'énergie. 80 % des français disent avoir une bonne image de l'éolien (p 103 du baromètre de l'INRS Les français et le nucléaire).

Instruction et étude d'impact

La construction d'éoliennes dont la hauteur est supérieure ou égale à 50 mètres (hauteur du mât et de la nacelle, pales non comprises) est soumise à des autorisations délivrées par le préfet et encadrées par la procédure d'autorisation d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

La procédure d'autorisation unique d'un parc éolien nécessite **la réalisation d'une étude d'impact qui évalue les effets du projet sur l'environnement**, en incluant des critères tels que l'impact paysager, la biodiversité, le bruit et les risques pour les riverains. Ces études sont instruites par les services de l'Etat qui regarde la cohérence du projet, et juge de la pertinence du parc et des mesures associées, dans le cadre de l'autorisation du parc. La procédure prévoit également une enquête publique avec affichage et sollicitation des communes situées dans un rayon de 6 km autour du lieu envisagé pour l'implantation des éoliennes.

Après examen, le Préfet prend sa décision, par voie d'arrêté préfectoral. Cet arrêté peut fixer des prescriptions complémentaires et compensatoires (éloignement, niveau de bruit, contrôles réguliers, plantations de haies) qui viennent s'ajouter aux prescriptions réglementaires nationales en fonction des résultats des consultations et de l'enquête publique.

En premier lieu, un état initial est réalisé. Il s'agit de réalisation un état des lieux de l'existant. Sont étudiés :

- **Le milieu humain** : occupation du territoire, démographie, activités économiques, risques industriels, environnement sonore ….
- **Le milieu physique** : géologie, hydrogéologie et hydrologie, risques naturels, climat…

[2] https://agriculture.gouv.fr/infographie-la-filiere-foret-bois-en-france

[3] Sondage Harris Interactive, *L'énergie éolienne, Comment les Français et les riverains de parcs éoliens la perçoivent-ils ?*, octobre 2018, lire en ligne

- **Le milieu naturel** : les chiroptères (chauves-souris), l'avifaune (les oiseaux), la flore et habitats, autres faunes dont insectes, amphibiens et reptiles

  Le niveau d'enjeux est évalué au regard de la protection réglementaire des espèces et la rareté et/ou la menace à différentes échelles (national, régional). Les données et enjeux identifiés par les documents de planification et par les associations de protection de l'environnement sont étudiées.

  Le niveau de sensibilité de chaque espèce par rapport à l'éolien dépend du comportement de chacune d'elle. A titre d'exemple, il peut y avoir un enjeu lié à l'existence sur le site d'une espèce protégée mais qui ne présente pas de risque vis-à-vis de l'éolien (cas des reptiles, des amphibiens par exemple…).

- **Le paysage** : le paysagiste identifie les éléments du patrimoine et du paysage protégés, les sites touristiques, les secteurs sensibles du fait de leur fréquentation. Il liste les points de vue nécessaires pour la réalisation des futurs photomontages et d'où des visibilités existent sur la zone du projet.

  Une carte des zones de visibilité potentielle est produite. Elle permet de connaître les lieux d'où sera visible le site éolien à une échelle d'étude éloignée (souvent 20 km). Cette carte prend en compte la hauteur potentielle des éoliennes et ne prend pas en compte le couvert végétal. La carte maximise cette visibilité potentielle.

1. **Choix du projet, analyse des différents scénarios :**

Il s'agit de comprendre comment le porteur de projet a choisi le site du futur projet et la manière dont il a défini le projet dans ce périmètre.

Ensuite, les variantes possibles sur ce site sont comparées afin de choisir celle de moindre impact.

Le projet éolien est défini dans toutes ses composantes, implantations des éoliennes, localisation des postes de livraison (interface entre le réseau électrique Enedis et celui du parc éolien), tracé du câble, accès renforcés et à créer.

2. **Analyse des impacts du projet**

Une fois le projet défini, le porteur de projet analyse les impacts bruts sur chacun des volets étudiés (milieu humain, physique, naturel, paysager etc…). L'impact donne une valeur à l'effet du projet sur l'environnement.

L'effet sur l'environnement peut être positif (production d'électricité sans émission de carbone) ou négatif (émission sonore). L'analyse de l'impact permet d'attribuer une valeur à cet effet.

3. **Mesures d'évitement, de réduction ou de compensation**

Chaque porteur de projet doit respecter une séquence réglementaire pour définir son projet : Eviter, Réduire, Compenser (ERC). Les mesures d'évitement sont mises en œuvre au moment de l'analyse des scénarios et au choix du projet de moindre impact. Les mesures de réductions viennent réduire un impact ne pouvant être évité. Les mesures de compensation viennent compenser un impact qui ne peut être réduit et visant à garantir la valeur de l'état initial.

Intermittence ou variabilité ?

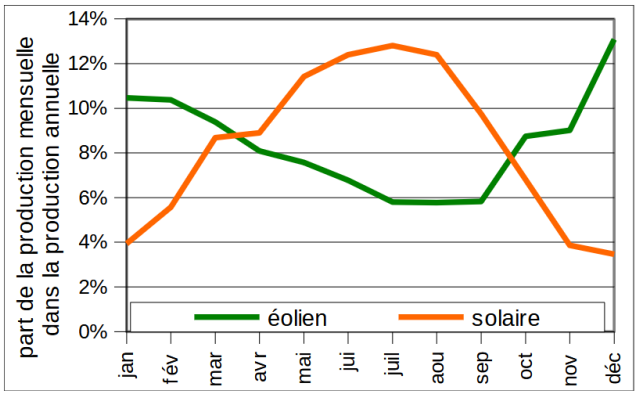
Comme le solaire, l'éolien est une énergie variable, c'est-à-dire que sa production dépend des conditions météorologiques. Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), les éoliennes françaises fonctionnent aujourd'hui entre 75 % et 95 % du temps et les nouveaux modèles ne cessent d'améliorer cette production. Les pales tournent à partir de vents d'une vitesse de 18 km/h et jusqu'à 90 km/h.

L'énergie éolienne s'intègre à un mix renouvelable diversifié – solaire photovoltaïque, biomasse, hydroélectricité, géothermie –, qui combine des sources de production électrique variées et complémentaires.

Par ailleurs, malgré une production unitaire par nature variable, la production de l'ensemble du parc éolien français est prévisible à un niveau de précision compatible avec la bonne gestion du système électrique. La qualité des outils de prédiction météorologique permet également d'anticiper les périodes de moindre disponibilité éolienne.

Sur le territoire de Saint-Cyr-Mère-Boitier, les ressources hydrauliques sont limitées et les pratiques agricoles ne favorisent pas la création d'unités de méthanisation. Les panneaux photovoltaïques sont souvent considérés comme la meilleure alternative. Cependant, l'électricité solaire est principalement produite en journée et en été. L'éolien apporte donc une complémentarité essentielle en produisant de l'électricité aussi bien le jour que la nuit, avec une production plus forte en hiver, période où la demande est la plus élevée.

Graphique 1 – Profils mensuels des productions ENR en France (moyenne sur plusieurs années)



Source : Ministère de la transition écologique et solidaire [4]

Miser principalement sur la production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques, pose un enjeu majeur d'équilibre du réseau. Sans investissements massifs dans des solutions de stockage inter-saisonnier, qui restent aujourd'hui très coûteuses, cette stratégie entraîne une surproduction difficile à gérer comme le démontre le cas de l'Australie[5].

Concernant l'hydraulique, celui-ci atteint rapidement ses capacités maximales en cas de forte période pluvieuse[6].

Production annuelle

En 2023 la production éolienne a couvert plus de 10% de la production électrique totale française[7].L'éolien est donc aujourd'hui la deuxième source de production électrique d'origine renouvelable juste derrière l'hydraulique qui plafonne à 12%. Il est donc fort probable qu'en 2024 ou 2025 l'éolien devienne la première source de production d'électricité renouvelable en France.

Facteur de charge

Il faut différencier disponibilité, rendement et facteur de charge.

[4] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/publications/Th%C3%A9ma%20-%20Croissance%20de%20l%27%C3%A9olien%20et%20du%20solaire.pdf

[5] https://lenergeek.com/2024/10/08/reseau-electrique-energie-solaire/

[6] https://www.le-pays.fr/villerest-42300/actualites/quand-le-barrage-de-villerest-devient-une-attraction-touristique_14581574/

[7] https://analysesetdonnees.rte-france.com/production/eolien

Disponibilité de l'éolien : c'est le temps pendant lequel le système physique est apte à produire de l'énergie. Une éolienne est disponible 98% du temps, les 2% restant sont mobilisés pour des questions de maintenance. Les bridages chiroptères(chauve-souris) et acoustiques peuvent aussi contraindre le temps de fonctionnement de l'éolienne, en plus des 98% de disponibilités annoncées par le constructeur de l'éolienne.

Rendement de l'éolien De manière générale le rendement définit la capacité que possède un système physique à transformer un certain type d'énergie en un autre type d'énergie. Dans le cas de l'éolien cela se traduit par le fait que 40% de l'énergie du vent captée par l'éolienne sera transformée en électricité. La limite physique de Betz plafonne le rendement d'une éolienne à 59%. A titre de comparaison pour les moteurs thermiques on est aux alentours de 25% de rendement (réacteur nucléaire, moteur de voiture...).

Facteur de charge : cette grandeur correspond au rapport entre l'énergie électrique effectivement produite pendant un an et cette même quantité d'énergie produite si le système avait fonctionné à sa puissance nominale (maximale) pendant toute une année. En ce qui concerne l'éolien ce facteur de charge est de 25%[8]. A titre de comparaison, celui du nucléaire est de 70%, et du solaire est à 13.5%[9].

Démontage

En France, l'opération de démontage des installations éoliennes est strictement encadrée par la loi. **La loi met le démontage et la remise en état des parcs éoliens uniquement à la charge de l'exploitant du parc éolien** pour prévenir tout danger et impact sur l'environnement[10]. Ce texte est complété par l'arrêté du 22 juin 2020 (modifié en juillet 2023), modifiant l'arrêté du 26 août 2011, venant préciser les obligations en matière de démontage des éoliennes et de remise en état du site[11].

De fait, les textes de loi prévoient :

- Le **démontage complet des éoliennes** et du poste électrique.
- **L'excavation des fondations.** Une dérogation pourra être délivrée par le préfet pour la partie inférieure des fondations « sur la base d'une étude démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable ».
- Le retrait d'une partie des câbles, la partie qui demeure enterrée sur le site restera inerte.
- La remise en état des terrains, sauf si leur propriétaire souhaite leur maintien en l'état. **L'état dans lequel doit être remis le site à son arrêt définitif est déterminé dès l'arrêté d'autorisation ICPE** (donc avant la construction du projet), après avis de l'exploitant, du maire (ou le président de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière d'urbanisme) et du propriétaire.
- La valorisation ou l'élimination des déchets de démolition ou de démontage : « Les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou, à défaut, éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet ».

Dès la mise en service des éoliennes l'exploitant constitue les garanties financières nécessaires à des opérations de démantèlement d'un montant de 75 000 € pour une éolienne de puissance inférieure ou égale à 2MW. Lorsque la puissance unitaire installée est supérieure à 2MW, la garantie est de 75 000 € + 25 000€ par MW supplémentaire. Les modalités de constitution sont définies dans le code de l'environnement, **et imposent à l'exploitant de présenter un engagement écrit d'un établissement de crédit, entreprise d'assurance ou société de caution mutuelle, ou d'effectuer une consignation auprès de la Caisse des Dépôts et consignations.**

---

[8] panorama de l'électricité renouvelable au 31 décembre 2019 réalisé par Enedis

[9] Enedis panorama de l'électricité renouvelable mars 2020

[10] Article R515-101 et suivants du code de l'environnement

[11] Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

En cas de défaillance de l'exploitant, ce qui n'est jamais arrivé en France, les opérations de remise en l'état du site sont assurées par ces garanties financières préalables à la mise en activité d'une installation.

Par conséquent, le démantèlement et la remise en état est complétement pris en compte par la société de projet. Un parc éolien est parfaitement réversible, l'occupation du sol initial (forêt, agriculture) pourra donc être retrouvé.

Bénéfices économiques

Coût

⇨ Pour aller à l'essentiel : page 18 de l'éolien en 10 questions de l'ADEME

Aujourd'hui l'éolien est une source de production d'électricité mature et dont les bénéfices pour la collectivité sont croissants.

Depuis l'été 2021 une crise énergétique semble s'inscrire dans la durée et se traduit par une hausse des coûts de l'énergie de manière générale dont l'électricité. Cela est causé par plusieurs facteurs :

- Contraction énergétique qui est une conséquence directe des réserves fossiles qui s'amenuisent malgré une consommation toujours aussi élevée de ces énergies. Cette problématique avait été soulevée dès les premiers rapports du GIEC dans les années 90.
- Reprise économique importante suite au confinement ayant mis à l'arrêt l'économie mondiale pendant plusieurs mois
- Guerre en Europe sur le sol ukrainien qui a également entraîné un retard dans l'approvisionnement énergétique et impliquée des sanctions européennes contre la Russie, un des premiers pays exportateurs d'énergies fossiles en Europe

L'éolien étant une énergie renouvelable se retrouve impacté dans une moindre mesure par cette augmentation des coûts des énergies fossiles. A ce titre, lorsque les coûts de revente d'électricité se sont envolés à partir de l'été 2021 jusqu'à aujourd'hui ceux de **l'éolien sont restés stables ce qui a permis à l'Etat français de gagner 6,2 milliards d'euros sur les périodes 2022-2023 (source : délibération de la Commission de Régulation de l'Energie le 13/07/2023).** De manière plus large, ce gain a permis de financer en grande partie le bouclier tarifaire sur cette même période pour permettre aux ménages français d'atténuer l'envolée des coûts de l'énergie. **Il est à noter que ces coûts sont en réalité passés du simple au double voire triple** (sources : données des marchés de l'électricité sur le site ECO2Mix de RTE).

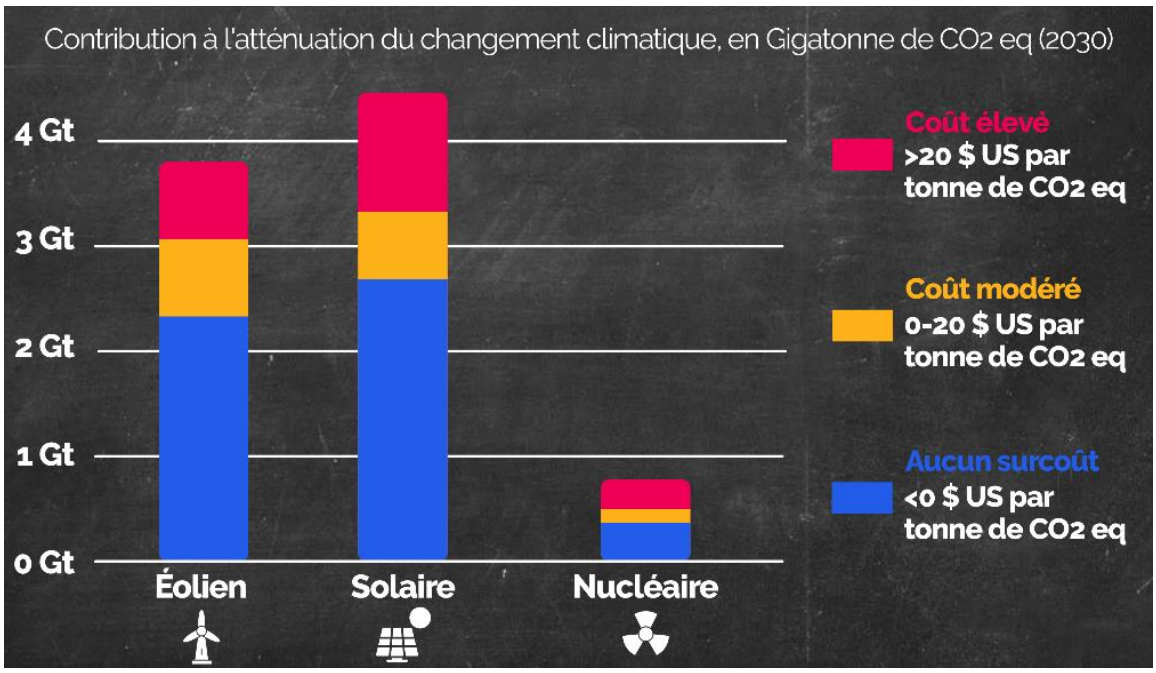
Par ailleurs, le dernier rapport du GIEC publié en 2022 fait état, entre autres, des différentes sources de production d'électricité en mettant en lumière leurs impacts respectifs sur la diminution des émissions de carbone dans notre environnement d'ici à 2030. **Il en ressort que deux types de production d'électricité surpassent toutes les autres : le solaire et l'éolien (source : graphe ci-dessous issu des données du GIEC).**

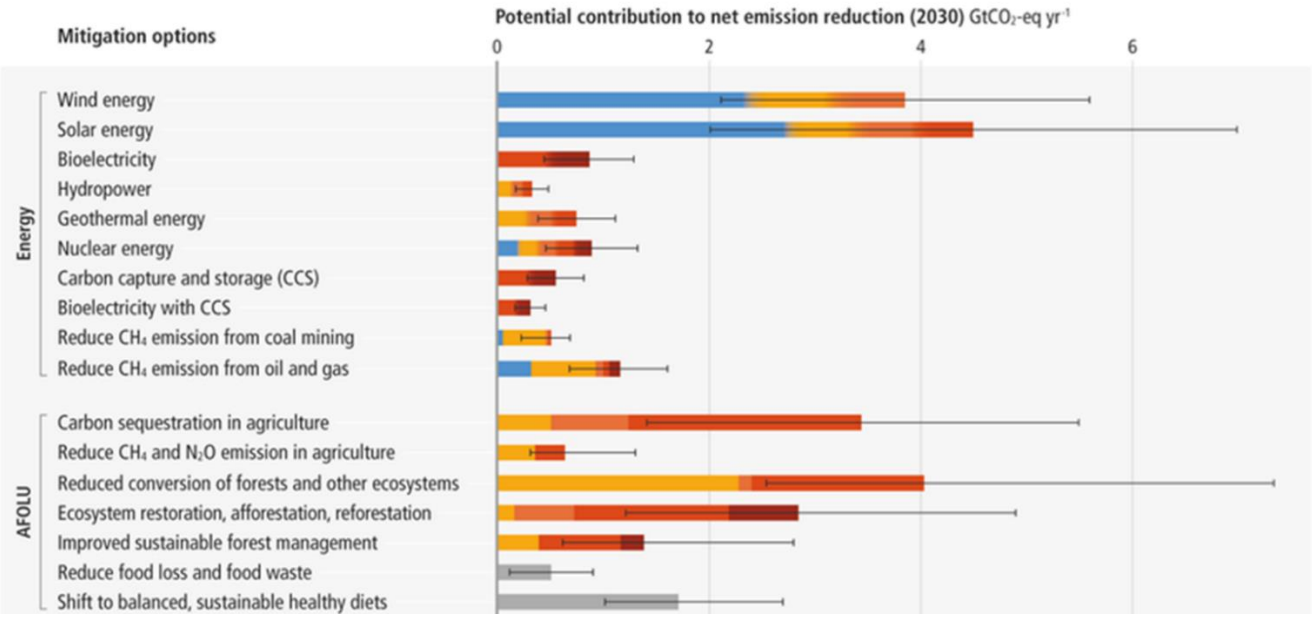
Ces résultats publiés dans le dernier rapport du GIEC permettent de comparer le coût économique couplé au gain carbone pour chaque action définie.

Pour rappel, l'humanité rejette 37 Gt (Gigatonnes) de CO_2 par an et nous devons atteindre le zéro carbone net d'ici à 2050 afin d'éviter les scénarios désastreux d'un environnement à +3°C voir +4°C en 2100.

Ainsi, en lisant les graphes du GIEC ci-dessous cela se traduit par un **potentiel de la part du solaire et de l'éolien d'atténuer de quasiment 8 Gt de CO_2 le rejet annuel global de carbone, soit une diminution de près de 22% uniquement avec un déploiement important de ces deux énergies.**

Les autres pourcents restants se concentrent sur une nouvelle mobilité au niveau des transports, des changements au sein de l'alimentation et l'agriculture, un développement de la culture en faveur de la sobriété énergétique couplée à l'efficacité.


Contribution à l'atténuation du changement climatique, en Gigatonne de CO2 eq (2030)
4 Gt
3 Gt
2 Gt
1 Gt
0 Gt
Éolien
Solaire
Nucléaire
Coût élevé
>20 $ US par tonne de CO2 eq
Coût modéré
0-20 $ US par tonne de CO2 eq
Aucun surcoût
<0 $ US par tonne de CO2 eq


Mitigation options
Potential contribution to net emission reduction (2030) GtCO2-eq yr-1
0
2
4
6
Energy
Wind energy
Solar energy
Bioelectricity
Hydropower
Geothermal energy
Nuclear energy
Carbon capture and storage (CCS)
Bioelectricity with CCS
Reduce CH4 emission from coal mining
Reduce CH4 emission from oil and gas
AFOLU
Carbon sequestration in agriculture
Reduce CH4 and N2O emission in agriculture
Reduced conversion of forests and other ecosystems
Ecosystem restoration, afforestation, reforestation
Improved sustainable forest management
Reduce food loss and food waste
Shift to balanced, sustainable healthy diets

Emploi

Avec 22 500 emplois directs et indirects, la filière éolienne démontre également que la transition énergétique est porteuse d'emploi, avec une progression de 39% par rapport à 2018 [12].

Il n'existe pas de fabricants français d'éoliennes à destination du marché français, mais les principaux constructeurs d'éoliennes sont européens. Il existe en France une chaîne de valeur liée à l'industrie : 23% des emplois concernent la fabrication de composants (p. 58 du même document). Par ailleurs, la problématique industrielle de la France n'est pas propre à l'éolien, mais est générale. La France est le pays du G7 qui a connu la plus forte désindustrialisation avec le Royaume-Uni (article de la tribune de novembre 2020 : La France, championne des délocalisations selon France stratégie).

Tourisme

⇨ Pour aller plus loin : Témoignages de maires qui ont mis en place des projets diversifiés grâce à l'installation d'un parc éolien

Il est difficile de corréler l'évolution du tourisme qui est sujet à des aléas multiples (conjoncture économique en tête) à la mise en place d'un parc éolien. Toutefois**, les différentes enquêtes menées tant en France qu'à travers le monde ont montré que les touristes ne fuyaient pas et n'avaient pas l'intention de fuir les lieux touristiques situés à proximités de parcs éoliens.** Localement, les parcs éoliens peuvent constituer, par ailleurs, un lieu de sortie éducative pour les scolaires, les lycéens et les étudiants. Ils entrent dans le cadre du tourisme scientifique, du tourisme industriel, de l'écotourisme et du tourisme vert, autant de formes nouvelles et originales de découverte. Des aires avec panneaux d'informations ainsi que des sentiers d'interprétation peuvent être aménagés aux abords d'un parc.

Le Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement de l'Aude a réalisé une étude en 2002 sur l'impact touristique des éoliennes[13].. Le but de cette enquête était de connaître l'opinion des touristes fréquentant les hébergements situés sur des communes ayant des éoliennes sur leur territoire, ou sur des communes limitrophes. L'étude a interrogée 88 établissements, dont 38 sur des communes sur lesquelles se situe un parc éolien et 50 sur des communes limitrophes. **Cette enquête a montré qu'il y a très majoritairement une acceptation (implicite ou explicite) de la présence des parcs éoliens dans l'Aude.**

La mise en place d'un parc éolien est souvent le point de départ de nombreux projets. Il en favorise beaucoup d'autres qui sont au service de la population : création ou maintien de services publics, amélioration énergétique des foyers, développement de transports propres, réduction des déserts médicaux, soutien au crèche municipale, ainsi que mise en place de projet touristique.

Par exemple, à Ally, en Haute-Loire, l'installation d'un parc éolien a permis de développer une véritable offre touristique autour du vent et du patrimoine local. Il y a une offre touristique importante avec de nombreuses visites payantes chaque année gérés par l'association Action Ally 2000[14]. Elle anime des visites du Moulin avec une vue panoramique sur le parc éolien, des visites d'un parc éolien, des visites de l'ancienne mine et recherche de minéraux et des activités de loisirs (cerfs-volants (démonstration et fabrication), char à voile).

---

[12] France Energie Eolienne, *Observatoire de l'éolien 2020*, *Analyse du marché, des emplois et des enjeux de l'éolien en France,* septembre 2020, page 6, lire en ligne.

[13] C.A.U.E de l'Aude, *Enquête concernant l'impact économique des éoliennes dans l'Aude et leur perception par les touristes*, octobre 2002, lire en ligne

[14] Vous pouvez retrouver toutes les informations sur leur site internet : ally43.fr.

Patrimoine immobilier

La présence d'un parc éolien ne modifie pas les caractéristiques objectives d'une habitation comme son état, sa taille, sa situation ou encore son équipement. Ce sont d'abord ces caractéristiques qui font la valeur d'un bien.

Une enquête[15] menée en 2002 par le Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement (CAUE) de l'Aude **a conclu que les éoliennes n'avaient pas d'impact significatif sur le marché de l'immobilier alors qu'à l'époque ce département comptait parmi les plus denses en éoliennes.** Sur les 33 agences immobilières interrogées, 8 estimaient que les installations avaient un impact négatif, 18 considéraient qu'elles n'avaient aucun impact et 7 jugeaient qu'elles avaient un impact positif sur le marché de l'immobilier.

Pour rappel l'Aude compte, en novembre 2019, 429 MW de parcs éoliens, tandis que la Loire accueille déjà quelques parcs éoliens pour une puissance de 42 MW.

L'augmentation ou la baisse de la valeur de l'immobilier dans les communes rurales dépend beaucoup des services publics disponibles pour les habitants une crèche, une école, une bibliothèque, des associations et activités sportives diverses. Ainsi, les différentes taxes et revenus que perçoivent les collectivités lors de l'exploitation d'un parc éolien contribuent largement au développement local et au maintien des services aux habitants, ce qui favorise la valorisation immobilière.

[15] C.A.U.E de l'Aude, *Enquête concernant l'impact économique des éoliennes dans l'Aude et leur perception par les touristes*, octobre 2002, lire en ligne

Environnement

L'énergie éolienne produit de l'électricité éolienne sans dégrader la qualité de l'air, sans polluer les eaux, sans polluer les sols.

Paysage

Nos paysages récents ont été façonnés par l'ère des énergie fossiles (charbon, pétrole). En effet il s'agit de l'approvisionnement avec une énergie abondante et relativement peu chère des utilisateurs finaux que sont les particuliers, les entreprises, les agriculteurs, le transports etc… Nous avons été habitués à ne pas nous préoccuper d'où provient l'énergie. La transition énergétique nécessite de se réapproprier cette question, à l'aune des enjeux du changement climatique.

L'ADEME a publié une étude spécifique à la Bourgogne-Franche-Comté[16], en interrogeant divers élus et riverains. L'étude souligne que les éoliennes deviennent rapidement un élément du paysage pour les habitants et les élus concernés. La perception varie en fonction de la densité des installations et du niveau d'information des riverains. Une saturation des territoires par les éoliennes peut engendrer un rejet, tandis qu'une meilleure concertation locale et une communication transparente facilitent leur intégration.

L'étude paysagère et patrimoniale[17] est menée à différentes échelles (aires d'étude éloignée, rapprochée et immédiate) et permet de mettre en évidence les sensibilités paysagères et patrimoniales vis-à-vis de l'éolien. Ces sensibilités sont des éléments déterminants de la conception du parc éolien sur le territoire concerné. Les parcs éoliens peuvent, à ce titre, relever d'une fonction paysagère. Par exemple, la disposition des éoliennes pourra participer à l'organisation du paysage en s'appuyant sur les lignes structurantes de celui-ci (ligne de crête, routes, alignements d'arbres, etc.).

L'étude paysagère et patrimoniale permet d'analyser les effets du projet éolien sur le paysage et le patrimoine, et donc, par itération, d'adapter chaque projet aux spécificités du territoire dans lequel il s'inscrit. **Cette démarche a pour vocation de permettre à la fois une bonne insertion paysagère du parc éolien, tout en préservant le patrimoine situé à proximité** et d'assurer le respect d'un cadre réglementaire strict.

Santé

L'impact sanitaire des éoliennes a fait l'objet de plusieurs rapports dont le plus récent a été publié en 2017 par l'Académie nationale de médecine[18]. En voici les grandes lignes :

- L'Académie nationale de médecine considère que les émissions acoustiques audibles des éoliennes sont, bien souvent, *« très en-deçà de celles de la vie courante »*. En tout état de cause, elles ne peuvent être à l'origine de troubles physiques.
- L'Académie nationale de médecine estime, par ailleurs, que les infrasons émis par les éoliennes peuvent *« raisonnablement être mis hors de cause »*, donc qu'ils ne provoquent pas d'effets sur la santé.
- Les nuisances visuelles telles que les effets stroboscopiques et le clignotement des feux de signalisation ne sont pas retenues par les académiciens comme pouvant induire un risque sanitaire.

Les conclusions de ces études indiquent qu'« *aucune maladie ni infirmité ne semble pouvoir être imputée* » au fonctionnement des éoliennes.

[16] Panorama de l'éolien en Bourgogne-Franche-Comté - La librairie ADEME

[17] Intégrée à l'étude d'impact préalable à la délivrance de l'autorisation d'exploiter par le Préfet (voir section étude d'impact de ce document).

[18] « Nuisances sanitaires des éoliennes terrestres », Académie nationale de médecine, mai 2017.

Acoustique

⇨ Pour aller à l'essentiel : page 13 de l'éolien en 10 questions de l'ADEME

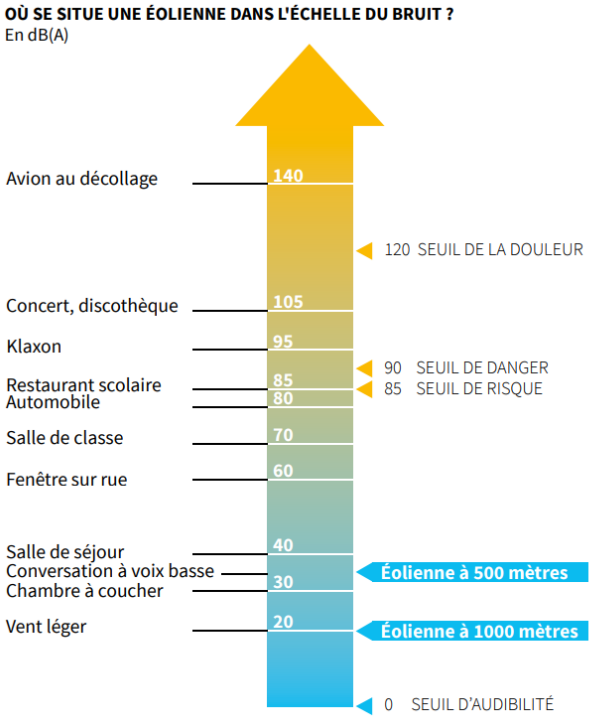
Les émissions sonores de parcs éoliens sont régies par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux éoliennes soumises à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ces dispositions reprennent pour l'essentiel celles qui prévalent dans la réglementation sur les bruits de voisinage[19] définie dans le code de la santé publique[20]. Cette réglementation est considérée par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) comme « parmi les plus protectrices pour les riverains »[21], en comparaison des législations étrangères.

Cette réglementation s'appuie sur la notion de valeur d'émergence qui correspond à la différence entre le bruit ambiant, bruit mesuré avec l'installation en fonctionnement, et le bruit résiduel, bruit mesuré sans le fonctionnement des éoliennes. Lorsque le bruit résiduel est supérieur à 35 dB(A) le parc éolien doit respecter les seuils d'émergences suivant à l'intérieur des zones à émergence réglementée (dont les habitations, éloignées au minimum de 500 m du parc éolien) :

- ne pas dépasser + 5 dB(A) le « jour « (7h - 22h),

- ne pas dépasser + 3 dB(A) la « nuit « (22h - 7h).

Le seuil de 35 dB(A) limitant le bruit des éoliennes au niveau des premières habitations, c'est-à-dire selon la configuration à minimum 500 mètres, correspond à un bruit inférieur à une conversation à voix basse.



Source du graphique : ADEME

Infrason

Une étude[22] a été menée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) au sujet d'effets sanitaires pour les riverains qui sont exposés aux infrasons générés par des éoliennes (ondes sonores se situant en-dessous de la limite moyenne d'audition humaine, soit environ 20Hz). **Aucun lien n'a pu être prouvé scientifiquement entre les infrasons et l'existence des effets sanitaires**[23]. À titre de comparaison, les infrasons émis par notre organisme (battements cardiaques ou respiration) et transmises à notre oreille interne sont plus intenses que ceux émis par les éoliennes.

---

[19] Décret n°2006-1099 du 31 août 2006 et son arrêté d'application du 5 décembre 2006
[20] Articles R.1334-32 à R.1334-35 du code de la santé publique
[21] Avis de l'AFSSET - mars 2008 - Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes
[22] ANSES, Exposition aux basses fréquences et infrasons des parcs éoliens : renforcer l'information des riverains et la surveillance de l'exposition aux bruits, mars 2017, lire en ligne
[23] Etude « Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes », ANSES, mars 2017

Avifaune

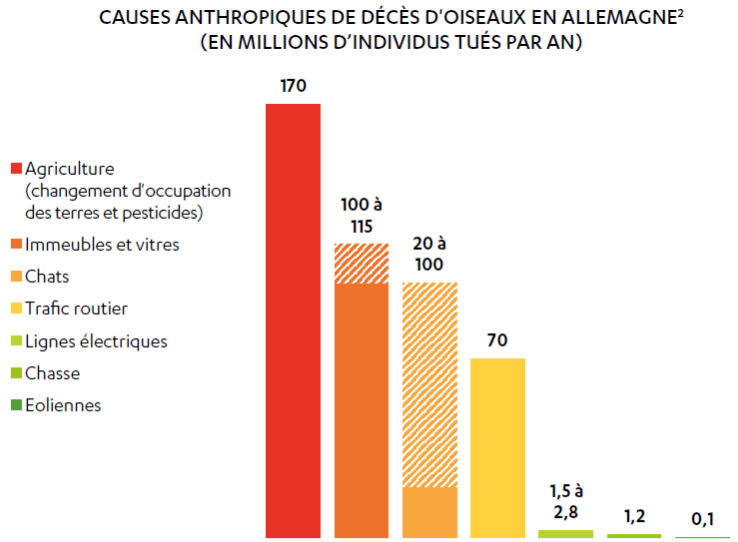
Le développement éolien porte une attention particulière envers l'avifaune, notamment les chiroptères et l'avifaune. Toutes les espèces n'ont pas la même sensibilité par rapport à l'éolien. L'étude d'impact, obligatoire, mesure les enjeux et les sensibilités des espèces présentent sur le site. Des mesures d'évitements, de réductions et de compensations sont mises en place si besoin. Cette étude est analysée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et juge de la pertinence du parc et des mesures, dans le cadre de l'autorisation du parc.

Les éoliennes peuvent produire un « effet barrière » et perturber les axes migratoires et le cycle de vie des oiseaux. Un parc éolien situé entre une zone de chasse et une zone de reproduction constitue un obstacle et un risque de fragmentation d'habitat. Le risque d'éloignement des oiseaux nicheurs accentué autour des éoliennes en raison du mouvement des pales ou des émissions sonores peut aussi constituer une perte d'habitat[24].

Le mouvement des pales peut engendrer des collisions mortelles avec les oiseaux. Le taux de mortalité peut être significatif pour un parc particulièrement dense et mal placé. Selon la LPO, **le taux de mortalité varie de 0 à 20 oiseaux/éolienne/an**. La sensibilité varie fortement en fonction des sites. **A titre de comparaison, la LPO évalue le taux de mortalité causé par les réseaux routier et électrique, respectivement 30 à 100 oiseaux/km et 40 à 120 oiseaux/km.**

Aussi les chats domestiques ou errants sont de redoutables prédateurs des oiseaux. On estime leur population en France entre 21 et 23 millions d'individus. **Selon différentes études et méthodes, un chat bien nourri peut capturer en moyenne 27 proies par an, contre 273 pour un chat errant et 1 071 pour un chat haret (chat domestique retourné à l'état sauvage)[25].**

Le NABU en Allemagne a rédigé un rapport en 2018 intitulé « La Grande tuerie des oiseaux » avec pour objectif d'analyser et de mettre en lumière les raisons profondes du déclin des différentes espèces avifaunes. En sachant que l'Allemagne possède trois fois plus d'éoliennes qu'en France sur un territoire plus petit en termes de superficie il en ressort que l'impact de l'éolien sur les oiseaux est relativement très faible par rapport à d'autres infrastructures comme les routes.



[1] Eoliennes & Biodiversité : Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer (LPO, 2019)
[2] « La grande tuerie d'oiseaux » (« Das große Vogelsterben ») (NABU, 2018)

[24] https://www.lpo.fr/actualites/impact-de-l-eolien-sur-l-avifaune-en-france-la-lpo-dresse-l-etat-des-lieux
[25] https://www.lpo.fr/les-causes-de-detresse/predation-du-chat-domestique

Natura 2000

L'objectif d'une zone Natura 2000 n'est pas uniquement de « préserver la diversité biologique et du patrimoine naturel » mais de **concilier cette préservation avec les projets d'aménagement ou les activités humaines compatibles** (voir définition sur le site écologie.gouv.fr).

A titre d'exemple les Parcs Naturels Régionaux, dont le degré de protection est supérieur aux zones Natura 2000, n'excluent pas non-plus le développement de projets éoliens mais l'encadrent. Certains même inscrivent dans leur charte des objectifs de **mixte énergétique renouvelable équivalent à la consommation énergétique du territoire**.

Même l'UNESCO qui peut être considéré comme le degré de protection ultime du patrimoine mondial n'exclue pas les projets éoliens. L'UNESCO est consciente (voir description sur ce site Centre du patrimoine mondial - Énergie éolienne) des effets néfastes du réchauffement climatique sur le patrimoine mondial et identifie les énergies renouvelables et notamment l'éolien comme étant un moyen de le préserver. L'UNESCO rappelle notamment les objectifs 7 et 13 (on pourrait aussi citer le 12) sur le développement durable des Nations Unis qui visent à **« garantir à tous une énergie abordable, fiable, durable et moderne »** et **« exhorte … à lutter contre le changement climatique et ses impacts y compris des efforts de décarbonisation rapides et intensifs »**.

Couloir d'oiseaux migrateurs

Seules les études permettent de définir :

- Quelles espèces utilisent ce couloir et quelles quantités d'oiseaux
- Quel est le tracé précis de ce couloir et la largeur de la route migratoire
- A quelles périodes la migration s'effectue
- …

Pour rappel, l'axe majeur du développement d'un projet qui est « Eviter, Réduire, Compenser » les impacts négatifs. En fonction des résultats des études, les actions pourraient être les suivantes par ordre prioritaire :

- Choisir une implantation d'éolienne qui « Evite » le couloir (qui peut parfois être d'une centaine de mètre seulement).
- Mettre en place un système de surveillance des oiseaux et de bridage voire d'arrêt des éoliennes afin de « Réduire » les risques de collisions. Ces systèmes sont de plus en plus perfectionnés. Ne pas implanter d'éolienne pour 2 passages d'oiseaux par an, serait totalement disproportionné. En revanche, envisager d'arrêter totalement les éoliennes 2 fois par an ou même plusieurs jours peut être totalement envisageable sans impact rédhibitoire sur l'économie du projet.
- En dernier recours, c'est une « Compensation » qui s'opérerait avec une obligation d'investir dans des programmes de préservation ou de repeuplement d'espèces.

Béton

A Chamole (*source : association citoyenne*), le massif d'une éolienne a nécessité 680 m^3 de béton. Ce n'est pas négligeable, mais au regard de l'électricité fourni et du nombre de foyer alimentés c'est peu (2000 foyers pendant 20 ans). A titre de comparaison, pour construire un simple garage de 15 m^2, il faut 1 m^3 de béton. Pour construire une maison de 100 m^2 il faut environ 70 m^3. A titre de comparaison dans le secteur énergétique, il faut environ 400 000 m^3 de béton pour l'EPR de Flamanville, soit de quoi construire les fondations de 1 250

éoliennes de 3 MW. Ou encore 6 millions de m^3 pour le stockage des déchets radioactifs de Bure soit 14 000 éoliennes terrestres de 3 MW[26]

Rappelons que le béton est intégralement retiré en fin de vie de l'éolienne.

Terres rares

⇨ Pour aller plus loin : ADEME, Fiche technique, *Terres rares, énergies renouvelables et stockage d'énergie*, Novembre 2019

Les terres rares ne sont pas rares contrairement à ce que leur dénomination laisse penser. Elles sont davantage présentes dans la croute terrestre que l'or et l'argent. Elles sont néanmoins complexes à exploiter car elles sont incluses dans la structure atomique d'autres minéraux.

Par ailleurs, les terres rares sont utilisées par de nombreux secteurs d'activités tels que les nouvelles technologies (smartphones, ordinateurs etc..), la catalyse pétrolière, l'industrie automobile (hors électrique), certaines batteries (pas les batteries lithium-ion par exemple qui sont les plus courantes), le nucléaire, les lampes économiques etc. [27]

Le sujet des terres rares revient très souvent lors des débats autour de l'éolien or il n'a jamais été vraiment d'actualité. En effet, **moins de 6% des éoliennes [28] terrestres installées en France contiennent des terres rares**.

Cette quasi-absence de terres rares dans les éoliennes terrestres s'explique par un fait géopolitique qui s'est déroulé en 2011. La Chine était déjà le premier producteur au monde de terres rares à cette époque et elle a effectué un embargo sur cette matière première ce qui a eu pour résultat une hausse des prix sur le marché. Cette tactique politique a été condamnée par l'Organisation Mondiale du Commerce. Cependant cela a eu pour effet d'inciter les turbiniers d'éoliennes à se détacher des terres rares pour la production d'aimants (sur les modèles qui en utilisent) et donc d'utiliser des matériaux supraconducteurs plus classiques.

En revanche, les éoliennes en mer (offshore) contiennent davantage de terres rares car cela permet une diminution de la masse de l'aimant permanent dans la turbine et donc une diminution de la taille de la nacelle et des fondations mais aussi une diminution des coûts de maintenance car les terres rares sont également moins sensibles à la corrosion de l'eau salée. Aussi elles sont plus puissantes que leurs homologues terrestres.

---

[26] FEE_kit_DEF2_WEB_16mars.pdf

[27] BRGM, *les terres rares, un groupe de métaux stratégiques*, janvier 2017, lire en ligne

[28] https://www.connaissancedesenergies.org/energies-renouvelables-lademe-fait-le-point-sur-les-besoins-de-terres-rares-191127