
Mémoire en réponse aux observations émises pendant l'Enquête Publique

Projet éolien du Cap Estève
FERME EOLIENNE DU CAP ESTEVE
8 octobre 2021



Sommaire

Préambule	4
01 Sur le plan environnemental	5
01.1 Biodiversité (faune, avifaune et chiroptères)	6
01.1.1 Avifaune	6
01.1.2 Chiroptères	8
01.1.3 Phase chantier	9
01.2 Environnement (Paysage, PNR du Haut-Languedoc)	11
01.2.1 Paysage	11
01.2.2 Charte du PNR du Haut-Languedoc	13
02 Sur le plan humain	14
02.1 Effets stroboscopiques	15
02.2 Balisage lumineux	17
02.3 Incendies	18
02.4 Géologie et hydrogéologie	20
02.5 Acoustique	22
03 Sur le plan économique	23
03.1 Tourisme et attractivité	24
03.2 Emploi et éolien	28
03.3 Efficacité énergétique	32
03.4 Démantèlement et recyclage	35
03.5 Bilan carbone	38

Table des illustrations

Figure 1 : Trajectoires de vol de l'Aigle Royal (source : association BECOT).....	7
Figure 2 : Extrait de la ZIV réalisée à l'échelle immédiate (source : Artifex)	12
Figure 3 : Distance entre les éoliennes du Cap Estève et les zones d'habitat.....	22
Figure 4 : Enquête d'opinion sur l'éolien (source : « L'énergie éolienne, comment les français et les riverains de parcs éoliens la perçoivent-ils ? », Harris interactive, 2021)	24
Figure 5 : Image générale de l'éolien auprès des riverains de parcs éoliens dans plusieurs régions (source : « L'énergie éolienne, comment les français et les riverains de parcs éoliens la perçoivent-ils ? », Harris interactive, 2018).....	25
Figure 6 : Exemples de contribution de l'éolien au développement du tourisme (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021).....	26
Figure 7 : Affiche pour des visites du parc éolien de Cuq-Serviès (81) (source : https://www.tourisme-tarn.com/agenda/visite-du-parc-eolien-de-cuq-servies/).....	27
Figure 8 : Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2017 et 2020 (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021).....	28
Figure 9 : Localisation des bassins d'emplois éoliens en France (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)	29
Figure 10 : La répartition des emplois éoliens par région (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)	29
Figure 11 : Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021).....	30
Figure 12 : Exemples de contribution de l'éolien aux services publics (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021).....	31
Figure 13 : Nombre d'heures de fonctionnement d'une éolienne par an (source : Engie Green).....	32
Figure 14 : Variations saisonnières comparées de la consommation électrique et de la production électrique éolienne (source : SER / FEE)	34
Figure 15 : Plaquette d'information – Démantèlement & recyclage (source : ENGIE Green).....	37

Préambule

Le présent document entre dans le processus d'Autorisation Environnementale en vue d'exploiter un parc éolien composé de 4 éoliennes et d'un poste de livraison sur les communes de Castanet-le-Haut dans l'Hérault (34) et de Murat-sur-Vèbre dans le Tarn (81) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

La demande d'Autorisation Environnementale a été portée par le pétitionnaire FERME EOLIENNE DU CAP ESTEVE (ex Saméole).

Le document fait suite à l'Enquête Publique qui a eu lieu entre le lundi 23 août 2021 et le jeudi 23 septembre 2021 inclus, et au Procès-Verbal de Monsieur le Commissaire Enquêteur transmis le 24 septembre 2021.

Il apporte des éléments de réponse aux principales observations exprimées pendant l'enquête. Pour une meilleure lisibilité des réponses, celles-ci sont regroupées en 11 thèmes, choisis et listés par Monsieur le Commissaire Enquêteur.

Préalablement, et tout au long de cette Enquête Publique, une large communication a été réalisée afin d'informer la population des communes concernées sur le projet et sur la tenue de l'Enquête.

Un bulletin d'information récapitulant les grandes lignes du projet et son historique a ainsi été distribué courant juillet, dans toutes les boîtes aux lettres des habitants de Castanet-le-Haut (34) et de Murat-sur-Vèbre (81).

Quelques exemplaires de ce même bulletin ont également été diffusés dans les mairies des 6 autres communes concernées par l'Enquête : Cambon-et-Salvergues, Rosis et Saint-Genies-de-Varensal dans le département de l'Hérault, Nages dans le département du Tarn et Arnac-sur-Dourdou et Mélagues dans le département de l'Aveyron.

Enfin, des affichages réglementaires ont aussi été réalisés en amont de l'Enquête Publique :

- 10 panneaux d'avis d'Enquête Publique ont été plantés aux abords du site d'implantation du projet et sur les axes majeurs,
- 8 avis d'Enquête Publique ont été affichés sur les panneaux d'information de chacune des mairies concernées par l'Enquête Publique,
- 12 parutions d'avis d'Enquête Publique ont été réalisées dans les annonces légales de la presse départementale (dans 2 journaux de l'Aveyron, 2 journaux de l'Hérault et 2 journaux du Tarn, avec une parution au moins 15 jours avant et un rappel durant la première semaine d'Enquête) ;

La participation autour du projet pendant l'Enquête Publique a été relativement faible. Pendant le mois d'enquête, 40 observations ont été déposées dont 29 sur le registre informatisé, 7 sur le registre papier de Castanet-le-Haut et 4 sur le registre papier de Murat-sur-Vèbre.

Les thèmes abordés lors de cette Enquête Publique sont variés, mais restent classiques, à l'image des débats généraux tournant autour de l'éolien.

Nous avons décidé de répondre aux thématiques évoquées par M. le Commissaire Enquêteur en les regroupant en trois catégories : environnement, humain, économique.

01 Sur le plan environnemental

01.1 Biodiversité (faune, avifaune et chiroptères)

01.1.1 Avifaune

Thème n°1 – Impact sur la biodiversité

Les observations évoquent :

- La réduction du nombre des oiseaux (30% en trente ans) en citant notamment les risques pour le vautour Percnoptère, le Gypaète barbu et l'Aigle royal

Le chiffre avancé provient d'une étude parue fin mai 2021, réalisée par le Muséum national d'histoire naturelle, sur les résultats de son programme STOC¹ (Suivi Temporel des Oiseaux Communs) de comptage des oiseaux, mené en partenariat avec l'Office français de la biodiversité (OFB) et la Ligue de protection des oiseaux (LPO). Ce programme, créé en 1989 indique effectivement un déclin de certaines espèces ces dernières décennies.

Ce programme Stoc regroupe des ornithologues spécialistes et des passionnés, tous bénévoles, qui deux fois par an se rendent dans une zone tirée au sort dans un périmètre de 10 km autour de chez eux, pour compter les oiseaux vus ou entendus.

Ainsi, sur les 123 espèces parmi les plus communes en France, 43 étaient en déclin en 2019, dont le chardonnet élégant, la tourterelle des bois ou l'hirondelle de fenêtre, mais 32 étaient en expansion comme le Pigeon Ramier, la Mésange Bleue, le Geai des chênes ou encore le Rouge-queue à front blanc, les autres espèces étant stables ou en trop faible effectif pour déterminer une tendance significative.

Ces variations propres à chaque espèce sont liées à leurs exigences écologiques. Les espèces les plus « adaptables » s'en sortent globalement mieux que d'autres. Toutefois, la principale raison du déclin est la diminution des ressources disponibles, comme la nourriture ou des habitats favorables pour s'abriter, se reproduire ou s'alimenter pendant la saison de reproduction ou durant l'hivernage.

La communauté des oiseaux spécialistes des milieux agricoles (Alouette des champs, Perdrix grise...) décline de 30% depuis 1989. De nombreuses études scientifiques pointent l'agriculture intensive, en particulier l'utilisation des pesticides, dont les néonicotinoïdes, qui ont décimé les insectes.

Les oiseaux forestiers ont également perdu 10% de leurs effectifs. Après un fort déclin dans les années 1990, la tendance est stable depuis l'an 2000. Ce bilan moins défavorable

¹ https://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/atoms/files/syntheseoiseauxcommuns2020_final.pdf

d'explique par la progression globale de la surface forestière en France suite à l'abandon des cultures ou de l'élevage sur un territoire (déprise agricole) et une gestion forestière qui tend à laisser davantage de bois mort dans les forêts.

Les 4 millions de données accumulées depuis 30 ans alimentent de nombreux travaux de recherche. Plus d'une centaine de publications scientifiques internationales reposent sur le STOC. Certaines démontrent notamment l'impact du dérèglement climatique sur les communautés d'oiseaux communs : les populations d'oiseaux se décalent vers le nord à la recherche de zones où la température leur convient, mais ce déplacement n'est pas assez rapide.

Ce bilan n'évoque ni l'impact de l'éolien sur ce déclin, ni les chiffres pour les espèces mentionnées. Les deux premières (Vautour Percnoptère et Gypaète Barbu) n'ont d'ailleurs pas été observées lors des inventaires d'EXEN.

La zone d'étude du projet est en revanche située dans le domaine vital de l'Aigle Royal. L'étude d'impact précise à ce titre page 272 : « *Dans notre cas précis, l'Aigle Royal est présent sur le PNR du Haut-Languedoc. La ZIP de Cap Estève étant elle-même sur ce PNR, l'Aigle royal peut potentiellement fréquenter le site, même si aucune observation n'a été réalisée durant les différents suivis. De plus, le site forestier n'est pas intéressant pour cette espèce qui recherche plutôt des zones ouvertes comme zone de chasse principale* ».

L'association BECOT, qui équipe de jeunes Aigles royaux d'émetteurs permettant de connaître leurs mouvements en temps réel, a été contactée en juillet 2019 afin de nous fournir l'ensemble des trajectoires enregistrées dans le secteur.

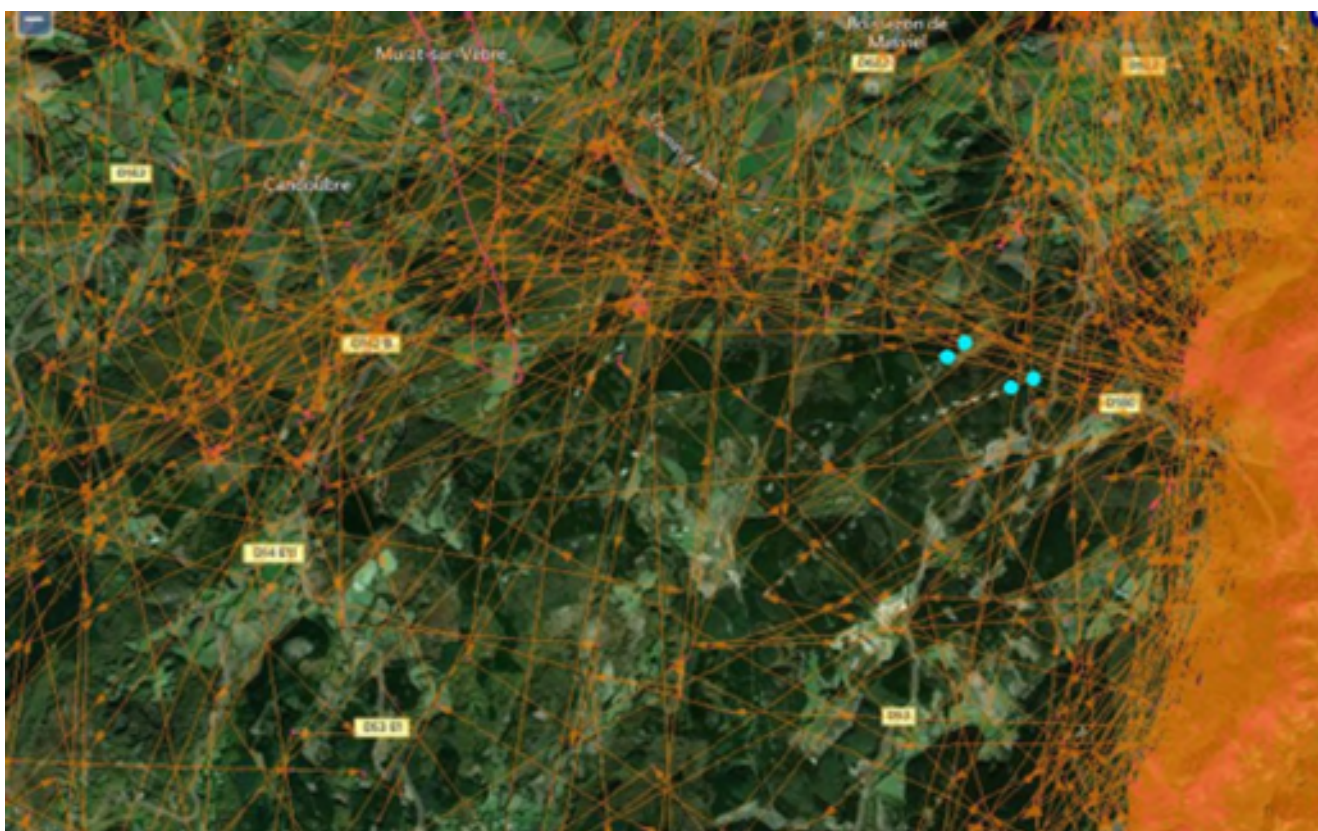


Figure 1 : Trajectoires de vol de l'Aigle Royal (source : association BECOT)

On constate que l'Aigle Royal est susceptible de fréquenter le site d'étude au moins de temps à autre (la densité des trajectoires à proximité des éoliennes du projet – points bleus – est faible au regard des secteurs de moindre altitude de l'Hérault : massif du Caroux).

Christian Itty, président de l'association, a été consulté en mars 2018 : il a indiqué que le couple du Caroux ne fréquente pas la zone du projet et qu'il n'y a pas de données de jeunes ou d'immaturs sur ce secteur.

Malgré tout, et afin de compenser d'éventuels impact du projet sur l'Aigle royal, une mesure compensatoire a été définie visant au maintien en milieu ouvert d'une parcelle de 5 ha en dehors du site d'étude (4 kms), ce qui permettra d'offrir à cette espèce un terrain de chasse attractif (*Tome 3.2 du dossier d'autorisation environnementale – page 307*).

01.1.2 Chiroptères

Thème n°1 – Impact sur la biodiversité

Les observations évoquent :

- L'impact sur les chiroptères dont la population est en constante baisse. Un opposant réclame le bridage de l'ensemble des éoliennes en production pour une vitesse de vent < 7 m/s

S'il est vrai que les effectifs de chauves-souris ont fortement diminué ces dernières années (-38% entre 2006 et 2016²), et que les espèces pour lesquelles les régressions sont les plus marquées correspondent aux espèces les plus sensibles à l'éolien (noctules, pipistrelles), les causes ne peuvent se limiter qu'à l'impact des éoliennes. Ces mammifères subissent en effet la pression d'une multiplicité de facteurs auxquels ils sont fortement sensibles : perte de leurs habitats, pollution lumineuse, pénurie de ressources alimentaires.

Un micro à ultrasons a été posé pendant un an sur le mât de mesure afin d'enregistrer les chauves-souris fréquentant le secteur. Les données recueillies permettent de connaître les espèces présentes. Ces données couplées aux données météorologiques (vent, température) sont précises et donnent une bonne indication de l'activité chiroptère du site. Le bureau d'études Exen a donc pu proposer des mesures de bridage efficaces et adaptées au site.

Ainsi, et au vu des incidences attendues du projet sur certaines des espèces de chiroptères, présents sur la zone d'étude (*Tome 3.2 du dossier d'autorisation environnementale – pages 267-269*), une mesure de régulation de l'activité des éoliennes a été proposée (*Tome 3.2 du dossier d'autorisation environnementale – pages 297-299*), pour laquelle les seuils de bridage ont été relevés, passant notamment de 7 à 8 m/s pour la période la plus à risque (25/08 –

² <https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/biodiversite-le-patrimoine-naturel-de-la-france-deperit-347612>

25/09), suite à l'avis de la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAe) du 19 mars 2020³.

En effet, le bureau d'études EXEN a observé que le nombre de contacts augmente de façon conséquente à partir du 25 août. C'est pourquoi une augmentation du seuil de vitesse de vent en fin d'été/début de l'automne a un impact très intéressant sur le pourcentage « d'activité protégée ». Le reste de l'année, un bridage pour des vents inférieurs à 6 m/s est suffisant pour couvrir plus de 95% de l'activité des chiroptères.

Le bridage final proposé est le suivant :

- du 15/03 au 24/08 pour un vent inférieur à 6 m/s et une température supérieure à 5°C
- du 25/08 au 01/10 : pour un **vent inférieur à 8 m/s** et une température supérieure à 5°C
- du 02/10 au 15/11 : pour un vent inférieur à 6 m/s et une température supérieure à 5°C

Rappelons une nouvelle fois ici que ces seuils dépassent ceux mis en œuvre sur la plupart des parcs éoliens existant de ce secteur géographique et de la Montagne noire.

Enfin, précisons qu'un bridage toute l'année pour des vents inférieurs à 7 m/s serait moins efficace pour les chiroptères et engendrerait plus de pertes de production électrique.

01.1.3 Phase chantier

Thème n°1 – Impact sur la biodiversité

Les observations évoquent :

- La création de pistes génératrices de gènes pour la tranquillité de la biodiversité

L'implantation d'un parc éolien débute par une phase chantier d'environ 10 à 12 mois comprenant notamment la mise en place des pistes d'accès.

Ces travaux peuvent avoir des effets sur le milieu naturel en altérant ou détruisant des habitats naturels en place, mais aussi en dérangeant (fuite de l'avifaune, échec de la nidification) ou détruisant certaines espèces présentes (œufs, larves, juvéniles)

Pour le parc éolien de Cap Estève, environ 2 300 mètres linéaires de pistes existantes seront renforcés et élargis et seuls 232 mètres linéaires de pistes seront à créer, engendrant la destruction directe d'environ 1 657 m² de milieux naturels.

Ces milieux naturels correspondent majoritairement à des plantations de résineux, habitats à très faible enjeu écologique.

³ <http://www.mrae.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2020apo26-3.pdf>

L'élargissement des pistes impactera également le linéaire de haies boisées résineuses. Cependant, cet impact est à relativiser car de nouvelles lisières seront créées, ne remettant pas en cause le fonctionnement écologique (déplacement, alimentation...) de la faune locale.

Afin d'empêcher la destruction et de favoriser la reproduction des amphibiens, des fossés/ornières seront créés en bordure des chemins, permettant l'accumulation d'eau de pluie et créant ainsi des dépressions humides temporaires favorables notamment à la reproduction de la Salamandre tachetée. Ces fossés/ornières seront balisés avant le début des travaux.

Enfin, ces travaux préparatoires seront réalisés entre septembre et octobre, permettant d'éviter les périodes risquées de reproduction de l'avifaune, d'hivernage des amphibiens, reptiles et mammifères terrestres ainsi que les périodes de mise-bas, d'élevage des jeunes et d'hivernation des chiroptères.

01.2 Environnement (Paysage, PNR du Haut-Languedoc)

01.2.1 Paysage

Thème n°2 – Impact sur le paysage

Les observations ont un caractère général en soulignant les effets cumulatifs. L'impact à partir des sommets de l'Espinouse, du Marcou et du village de Boissezon de Masviel est évoqué

Les parcs éoliens sont effectivement assez présents sur ce territoire. Ils sont pour la plupart orientés selon un axe Nord-Est / Sud-Ouest et suivent les lignes de crêtes des monts et puechs. De nombreux parcs ont pris place ces dernières années sur le massif de l'Espinouse, les Monts de Lacaune, le massif du Merdelou et les Monts d'Orb.

C'est pourquoi une analyse des effets cumulés avec les parcs éoliens déjà en exploitation, autorisés et en cours d'instruction a été réalisée par le bureau d'études Artifex (*Tome 3.4 du dossier d'autorisation environnementale – page 152-161*). Cette analyse s'est appuyée sur des simulations paysagères, mais également sur une étude de la saturation visuelle.

La saturation visuelle est définie comme étant le degré au-delà duquel la présence de l'éolien dans le paysage s'impose dans tous les champs de vision.

Cette étude a ciblé la table d'orientation au sommet de l'Espinouse afin de connaître le degré du champ de vision occupé par l'éolien. Il est ainsi conclu :

« L'analyse a permis de mettre en avant une dispersion de l'éolien sur le territoire et ainsi une occupation des horizons marquée. Les éoliennes se rassemblent également dans de petits angles offrant une certaine densité. Les espaces de respiration sont nettement réduits avec l'ajout des parcs en projet. Ils s'inscrivent néanmoins dans les espaces les plus étroits à l'Est, sans impacter le plus grand espace de respiration identifié à l'Ouest du territoire, mais qui reste trop faible pour apprécier ces ouvertures vierges d'éoliennes ».

Concernant la croix du Marcounet, dominant le Mont Marcou, de larges ouvertures visuelles sur les Monts alentour seront possibles (*Tome 3.4 du dossier d'autorisation environnementale – p 180*). Cependant, le site se trouvant à plus de 6km du projet, les incidences visuelles depuis ce lieu seront moindres.

Enfin, le hameau de Boissezon de Masviel étant situé dans un creux, en bordure du ruisseau de Rieu Pourquoié, et entouré par le relief et les boisements, le bureau d'études Artifex a préféré réaliser un photomontage depuis le hameau de Cantarane, situé à environ 500 mètres à l'Ouest, et à 3 km du projet de Cap Estève (*Tome 3.4 du dossier d'autorisation environnementale – p 149*).

La Zone d'Influence Visuelle (ZIV) ci-après est tirée de l'étude paysagère (*Tome 3.4 du dossier d'autorisation environnementale – Illustration 46 p 69*) et ne prend pas en compte certains éléments comme la végétation, l'urbanisation ou encore les petits reliefs (moins de 75 m). Même sans ces éléments, l'impact visuel depuis Boissezon de Masviel est nul (la couleur verte indique l'absence de visibilité du parc éolien), au contraire de Cantarane.

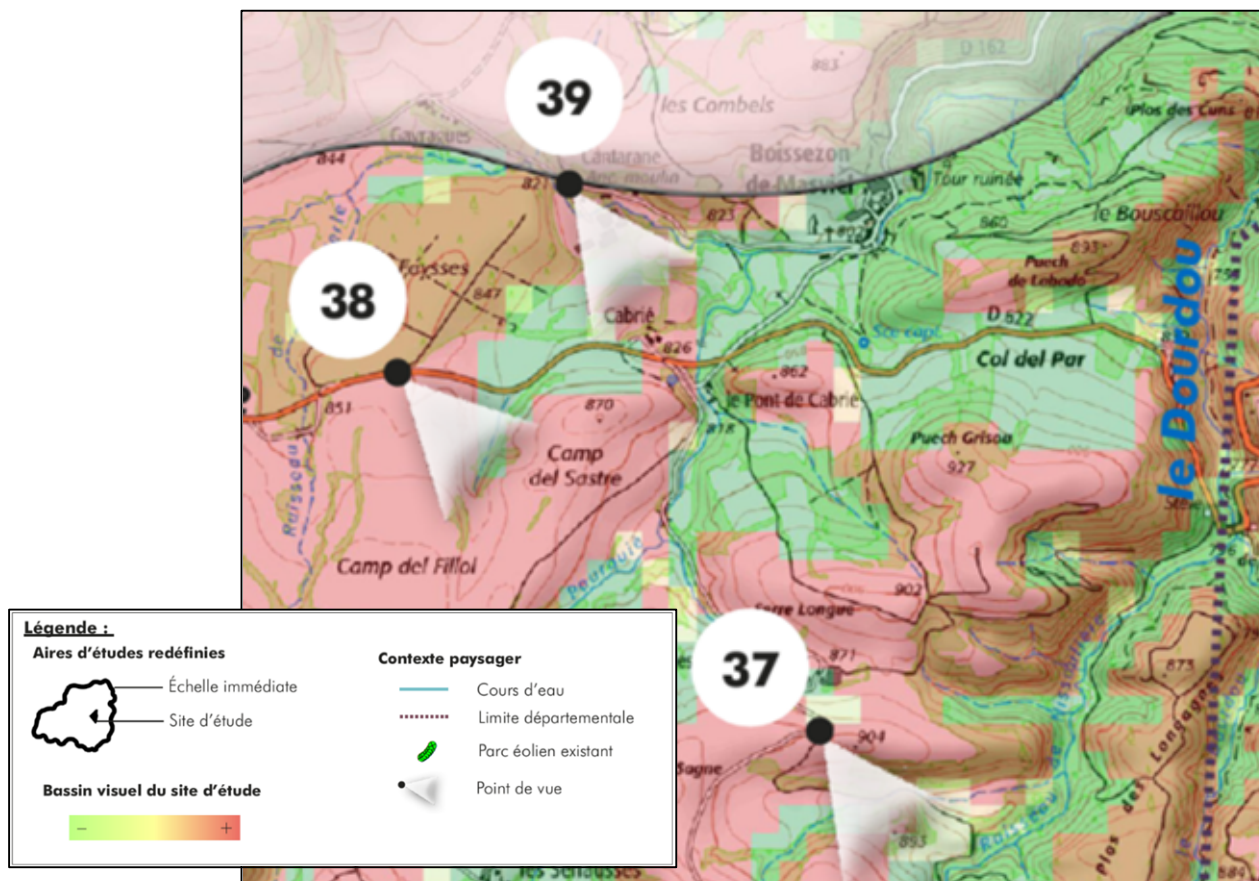


Figure 2 : Extrait de la ZIV réalisée à l'échelle immédiate (source : Artifex)

Il est ainsi conclu :

« Depuis Cantarane, 3 éoliennes du parc en projet de Cap Estève sont visibles, la dernière étant masquée par la végétation depuis ce point d'observation ».

Ce type de hameaux, implanté au cœur des puechs de Lacaunais présente généralement des ouvertures sur le paysage, mais sont la plupart entourés de boisements qui masqueront en partie les vues sur le parc de Cap Estève.

01.2.2 Charte du PNR du Haut-Languedoc

Thème n°5 – Non-respect de la Charte du PNR HL

Cette observation interroge sur le respect de la règle des 300 éoliennes maximum mentionnée dans la charte du Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc

Créé par un décret du 22 octobre 1973, le Parc naturel régional du Haut Languedoc s'étend sur 117 communes de l'Hérault et du Tarn.

Il s'est doté en 2012 d'une charte (adoptée par décret ministériel du 11 décembre 2012) qui détaille les conditions de gestion de son territoire.

Parmi les orientations stratégiques qui en découlent, sont listées cinq conditions à remplir pour un nouveau projet de parc éolien.

Parmi celles-ci, sont visés en particulier la hauteur maximale de 125 m en bout de pales et le nombre plafond de 300 éoliennes sur l'ensemble du territoire du Parc.

L'autorité compétente pour la délivrance des autorisations requises pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien est le préfet de département.

Les préfets de département de l'Hérault et du Tarn prennent en compte ces règles et prévoient qu'en conséquence, tout projet de parc éolien sur le territoire du parc qui entraînerait un dépassement du nombre maximal de 300 éoliennes fasse l'objet d'un refus.

A la date du 01 octobre 2021 et dans l'état des connaissances, le PNR compte 136 éoliennes en fonctionnement auxquelles viennent s'ajouter 137 éoliennes, dont le permis de construire a été accepté. Le plafond limite n'ayant pas encore été atteint, le projet de Cap Estève ne pourra pas être refusé en raison de ce motif.

Notons que le PNR du Haut-Languedoc, qui a donné son avis durant l'instruction n'a pas de réserve particulière concernant ce projet :

En conséquence, sous réserve de ne pas avoir atteint le plafond de 300 éoliennes sur tout le territoire du Parc naturel régional du Haut-Languedoc (limite inscrite dans la nouvelle Charte validée par décret n° 2012-1390 du 11 décembre 2012) et de la prise en compte des mesures formulées ci-dessus, sans évolution des enjeux environnementaux suite aux compléments demandés, je vous informe que le projet éolien de la société SAMEOLE sur les communes de Castanet-le-Haut et Murat-sur-Vèbre, n'appelle pas de réserve particulière de la part du Parc naturel régional du Haut-Languedoc.

02 Sur le plan humain

02.1 Effets stroboscopiques

Thème n°3 – Pollution lumineuse

L'observation évoque les effets stroboscopiques et le balisage des éoliennes.

En France seul l'arrêté du 26 Août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre des ICPE évalue la limite acceptable des effets stroboscopiques pour des bâtiments à usage de bureau situés à moins de 250 m d'une éolienne : pas plus de 30h par an et une demi-heure par jour d'exposition à l'ombre projetée.

Par temps ensoleillé, une éolienne en fonctionnement va générer une ombre mouvante périodique (ombre clignotante), créée par le passage régulier des pales du rotor devant le soleil (effet souvent appelé à tort "effet stroboscopique"). À une distance de quelques centaines de mètres des éoliennes, les passages d'ombres ne seront perceptibles qu'au lever ou au coucher du soleil et les zones touchées varieront en fonction de la saison. Cette ombre mouvante peut toucher les habitations proches du parc éolien.

Plusieurs paramètres interviennent dans ce phénomène :

- La taille des éoliennes ;
- La position du soleil (les effets varient selon le jour de l'année et l'heure de la journée) ;
- L'existence d'un temps ensoleillé ;
- Les caractéristiques de la façade concernée (orientation) ;
- La présence ou non de masques visuels (relief, végétation) ;
- L'orientation du rotor et son angle relatif par rapport à l'habitation concernée ;
- La présence ou non de vent (et donc la rotation ou non des pales).

Ces passages d'ombres seraient d'autant plus gênants pour l'observateur qu'il les subirait longtemps et fréquemment. Au-delà de la gêne engendrée, l'impact de cet effet sur la santé humaine, pour autant qu'il existe, n'est pas décrit avec précision à ce jour. On notera que pour la France, il n'existe pas de réglementation applicable en la matière.

Certains détracteurs des éoliennes évoquent des nausées, étourdissements en lien avec cet effet, mais aucune source scientifique ne conforte ces affirmations. À l'opposé, l'ADEME considère que « *contrairement à certaines informations parfois diffusées (le phénomène) n'est perceptible qu'à proximité des éoliennes et n'engendre aucun risque pour la santé humaine* ».

Le rapport d'enquête "Projets de parcs éoliens à Baie-des-Sables et à l'Anse-à-Valleau" (Québec, 2005)⁴ présente l'analyse suivante :

⁴ <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/parcs-eoliens-baie-des-sables-anse-a-valleau/documentation/>

« Un document traitant de façon critique les formes d'énergies renouvelables et publié par l'Agence Internationale de l'Énergie a abordé l'effet stroboscopique attribuable aux éoliennes ainsi que les dangers potentiels d'ordre épileptique ou photoconvulsif qui pourraient en résulter (International Energy Agency, Benign Energy. The Environmental Implications of Renewables, 1998 (www.iea.org/textbase/nppdf/free/1990/benign1998.pdf). Selon l'Agence, de tels dangers sont très peu probables (extremely unlikely). Elle affirme que l'effet stroboscopique est réduit au strict minimum lorsque la fréquence de rotation des pales est maintenue en deçà de 50 révolutions par minute pour les éoliennes à trois pales. L'étude ajoute également que les risques sont d'autant plus minimes à des distances supérieures à 300 m d'une éolienne).

Une note publiée par le Government Office for the East of England abonde dans le même sens. Cette note précise que le taux critique de clignotements pour le déclenchement de crises photoconvulsives chez des personnes vulnérables se situe entre 2,5 et 40 clignotements par seconde, ou entre 150 et 2 400 clignotements par minute.

Le Health and Safety Executive du Royaume-Uni rapporte pour sa part des études sur la réponse photoconvulsive chez des personnes vulnérables. Elles démontrent que 96 % de ces personnes réagissent à une fréquence de 15 à 20 clignotements par seconde, ce qui se rapproche de la fréquence de clignotement des téléviseurs, de loin les déclencheurs de réactions photoconvulsives les plus importants chez les personnes à risque ».

Le site accessibiliteweg.org recommande, pour la conception de sites Internet, de ne pas introduire de clignotements à un rythme supérieur à 3 par seconde afin de prévenir tout risque auprès des personnes épileptiques photosensibles.

Le site prevention.ch/epilpsieetecrans mentionne que « la bande de fréquence des flash lumineux située entre 10 et 30 Hz (soit 10 à 30 clignotements par seconde) est la plus dangereuse ».

Une étude du CNRS menée par Robert Naquet (Epilepsies and video games : results of a multicentric study - 1998) portant sur 115 patients a précisé les rapports des jeux vidéo et de l'épilepsie photosensible. Lorsque l'écran est balayé de stries, la fréquence la plus propice au déclenchement d'une crise est de 15 éclairs par seconde.

Selon des chercheurs italiens (Nature Neuroscience, mars 2000), les crises se déclenchent lorsque la fréquence des flashes se situe entre 4 et 14 Hz.

La synthèse de ces travaux conduit à considérer qu'en-dessous de 150 clignotements par minute (2,5/s), les risques de crises épileptique chez des sujets photosensibles sont extrêmement réduits et que la plage de fréquence la plus dangereuse se trouve entre 150 et 2 400 clignotements/minute. Ces chiffres sont à rapprocher de la vitesse maximale de rotation des éoliennes du projet (15 tours/minute), qui conduit donc, pour les trois pales, à une fréquence de clignotement de 45 par minute. Un impact des ombres portées sur la santé n'apparaît donc possible qu'exceptionnellement, et pour des sujets présentant une sensibilité très particulière.

Dans le cas du projet de Cap Estève, aucun bureau n'a été recensé à moins de 250 m des machines. De plus, les premières habitations sont à plus de 500 m des éoliennes. Le projet ne sera donc pas à l'origine d'effet lié aux effets stroboscopiques.

02.2 Balisage lumineux

Thème n°3 – Pollution lumineuse

L'observation évoque les effets stroboscopiques et le balisage des éoliennes.

Le respect des normes de sécurité aérienne impose l'utilisation d'un balisage lumineux dans le but de garantir la sécurité du transport aérien et des exercices militaires. Le balisage aéronautique à base de feux à éclats est imposé par la réglementation.

Ces flashes lumineux sont actifs la nuit lorsque la majorité des habitants dorment. Pour les personnes éveillées, ils peuvent représenter une gêne ou au contraire un point de repère utile. Le balisage de couleur rouge la nuit est moins source d'impact que le balisage blanc. L'évolution de la réglementation en faveur du choix de la lumière rouge pour le balisage de nuit est sans conteste une mesure réductrice. En effet, la sensibilité de l'œil humain à la lumière rouge est moins importante qu'à la lumière blanche, et ce à fortiori la nuit où l'éblouissement est le plus important.

De plus, des solutions techniques sont actuellement à l'étude pour réduire cette gêne (angles d'orientation, nouveaux types de feux, règles de synchronisation, balisage périphérique, feux réglables en fonction de la visibilité). Une expérimentation est actuellement menée à Chauché, en Vendée avec des signaux lumineux orientés vers le ciel. Une généralisation de ce système pourrait être engagée dès la fin d'année 2021 pour tous les sites existants. Une autre, à Source-de-Loire, en Ardèche, expérimentant des signaux lumineux allumés uniquement lors du passage d'un aéronef, pourrait être généralisée progressivement à tous les parcs à partir de mi-2022.

Pour le parc éolien de Cap Estève, compte tenu d'une distance minimale de plus de 500 m entre les éoliennes et les habitations ainsi que de l'adoption de feux nocturnes à éclats rouge, l'impact du balisage des éoliennes sur l'habitat est jugé faible.

02.3 Incendies

Thème n°7 – Difficultés d'intervention en cas d'incendie

L'observation interroge sur les possibilités que pourraient avoir les canadais pour intervenir en cas d'incendie.

Selon les DDRM de l'Hérault et du Tarn, les communes de Castanet-le-Haut et Cambon-et-Salvergues présentent un risque faible ou nul et la commune de Murat-sur-Vèbre présente un risque moyen aux feux de forêt.

Le Plan Départemental de Protection des Forêts Contre les Incendies 2013-2019 (PDPFCI) de l'Hérault précise que les communes de Castanet-le-Haut et Cambon-et-Salvergues se situent en zone d'aléa très faible.

Le Plan Départemental de Protection des Forêts Contre les Incendies 2017-2026 (PDPFCI) du Tarn indique que l'aléa subi sur la commune de Murat-sur-Vèbre varie de nul à faible.

Néanmoins, les terrains au droit du projet éolien sont principalement constitués de boisements et donc sujets à l'incendie. Ainsi, aux abords de la zone d'étude, se trouve une cuve « DFCI », destinée au stockage d'eau pour la lutte contre l'incendie.

Concernant ce risque, le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) du Tarn a fait part de ses préconisations concernant le projet éolien. Le SDIS nous conseille notamment de débroussailler le terrain sur un rayon de 50 mètres autour des mats d'éoliennes et ainsi que sur 10 mètres de part et d'autre des voies y donnant accès. Le respect de ces préconisations limitera fortement le risque d'incendie aux abords du parc.

Les voies d'accès seront également maintenues et entretenues durant l'ensemble de la phase exploitation : le site disposera ainsi en permanence d'une voie d'accès carrossable pour permettre l'intervention des services de secours et de défense contre l'incendie.

Si toutefois l'intervention de canadais devait être nécessaire, le parc éolien serait instantanément arrêté afin de faciliter leurs passages. Les éoliennes étant balisées, visibles et répertoriées, les canadais ne risquent pas de leur heurter par inadvertance. De manière générale, les éoliennes ne sont pas une contrainte pour l'intervention de canadais, tout comme les lignes électriques, couvrant des surfaces bien plus importantes, n'empêchent pas l'action des canadais.

Concernant le risque d'incendie de l'éolienne elle-même, celui-ci était causé dans le passé principalement par la foudre. Cependant, les éoliennes modernes sont équipées de systèmes parafoudre dont le fonctionnement est très fiable (*Tome 4.2 – Etude de danger, page 23*). La probabilité d'occurrence d'un incendie est très faible.

D'autre part, les risques d'incendie sont parfaitement maîtrisés grâce à un suivi permanent et à une maintenance du fonctionnement de toutes les composantes du parc éolien. L'ensemble des capteurs d'incendie est contrôlé par le système général de l'éolienne.

En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. L'opérateur du parc éolien est alors prévenu automatiquement et contacte le SDIS en cas de problème avéré, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site.

D'autre part, des extincteurs à CO2 sont placés au niveau des points sensibles que sont la nacelle et le pied de la tour. Ils peuvent être utilisés par les agents de maintenance lorsque ceux-ci se trouvent dans l'éolienne.

02.4 Géologie et hydrogéologie

Thème n°9 – Enjeux géologiques et hydrogéologiques

Cette observation n'est pas argumentée. Pendant mon échange avec son auteur, il a souligné les impacts résultant de la réalisation de nombreux kilomètres de tranchées et des fondations de support des éoliennes.

Une étude hydrogéologique a été réalisée par le bureau d'études ANTEA dans le cadre du développement du présent projet.

Durant la phase de chantier, les travaux d'aménagement du parc éolien peuvent avoir un impact sur la qualité et la quantité des ressources en eau souterraine.

Dans le cadre de ce projet, aucune piste nouvelle ne sera créée au sein des périmètres de protection rapprochée des sources de Cap Estève et de l'Adrech. Seules deux pistes d'accès seront réalisées pour l'accès aux éoliennes E1 et E2 dans le secteur de la source de l'Adrech, pour un total de 150 mètres linéaires. Ces pistes seront créées à l'intérieur du périmètre de protection éloignée de la source mais en dehors de son bassin d'alimentation. Aucun impact n'est donc attendu.

Concernant le captage de Cap Estève, la piste d'accès à l'ouvrage de captage doit être utilisée pour le passage des câbles électriques enterrés à une profondeur de 0,80 à 1 mètre. La portion de piste située en amont topographique du captage représente un linéaire d'environ 220 mètres. Au droit du captage, la piste le surplombe de 3 à 4 mètres, ce qui rend cette portion particulièrement sensible vis-à-vis de la vulnérabilité de l'aquifère alimentant la source. Il est toutefois important de préciser que la réalisation de la tranchée, la pose du câble et le rebouchage seront effectués à l'avancement, ce qui réduit considérablement les risques de pollution liés aux possibilités de mobilisation des matières en suspension lors de l'ouverture de la tranchée.

Le seul risque réel de pollution est dû à la présence d'un engin motorisé et d'une fuite éventuelle (de la partie hydraulique ou du réservoir) au moment du passage au droit de la zone sensible. Sur la portion de piste la plus sensible, les travaux seront effectués sur une courte période de temps (1 journée), ce qui réduit de manière significative les risques de pollution accidentelle. L'impact de ces travaux sur la ressource en eau souterraine est donc négligeable. En outre, afin de réduire ce risque, des mesures ont été proposées (*Tome 3.6 du dossier d'autorisation environnementale – p 16-17*).

Contrairement à la source Cap Estève, le captage de la source de l'Adrech est positionné à environ 80 m en contrebas de la piste qui doit faire l'objet de réaménagement. Celle-ci doit être recalibrée (élargissement en déblais ou en remblais selon la topographie) dans le cadre du projet pour permettre le passage des engins de transport. Comme indiqué précédemment, la nature poreuse de l'aquifère alimentant la source favorise une autoépuration naturelle qui va notamment réduire la présence de matières en suspension à l'émergence en cas d'apports sur le bassin d'alimentation. Cette autoépuration est liée aux longs temps de transferts souterrains

observés dans ce type d'aquifère. Ceci rend cette ressource en eau de l'Adrech peu vulnérable vis-à-vis des travaux envisagés (terrassements superficiels et passages ponctuels d'engins) d'autant plus que les zones de déblais (mise à nu du sous-sol) sont restreintes sur le linéaire de piste inclus dans le bassin d'alimentation de la source, si l'on se réfère aux éléments topographiques relatifs aux travaux dont nous disposons. L'impact de ces travaux sur la ressource en eau souterraine de l'Adrech peut donc être considéré comme négligeable.

Dans le cadre du projet, la mise en place de 4 éoliennes est également prévue. Elles se situent toutes en dehors du bassin d'alimentation des sources de Cap Estève et de l'Adrech. Ces travaux n'auront donc aucun impact sur ces ressources en eau souterraine.

L'ensemble de ces risques reste donc limité en raison d'une part, des faibles quantités de produits potentiellement polluants sur le chantier (essentiellement liés aux réservoirs des engins) et d'autre part, de la durée du chantier limitée dans le temps (3 à 6 mois pour les phases de terrassement).

A noter également que des Demandes d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) seront réalisées lors de la préparation de la construction du projet afin de vérifier, avec les services concernés que toutes les servitudes et contraintes techniques ont bien été prises en compte avant le lancement du chantier.

Concernant les enjeux géologiques au droit des fondations des éoliennes, une étude géotechnique comprenant des forages dans le sol et le sous-sol sera effectuée avant la construction du parc afin de déterminer l'importance des fondations. Cette étude précisera la stabilité du sol, les caractéristiques géotechniques du sous-sol, la présence ou non d'un aquifère superficiel, et devra confirmer l'absence de cavités.

En fonction des résultats de ces sondages, le dimensionnement des fondations pourra être proposé. La qualité des fondations et leur dimensionnement seront ensuite vérifiés par un bureau de contrôle tout au long de sa réalisation, afin d'assurer la parfaite stabilité de chaque éolienne.

02.5 Acoustique

1 observation émet des réserves. Elle émane des propriétaires du gîte du hameau du Devès. Ces réserves portent sur l'impact sonore.

Ce hameau était inhabité au moment de la réalisation des différentes études. Il n'a ainsi pas été sélectionné par le bureau d'études DELHOM Acoustique comme point de mesures du bruit résiduel lors la campagne acoustique effectuée du 26 novembre au 09 décembre 2018.

L'étude acoustique a néanmoins bien pris en compte ce hameau dans les calculs d'impacts sonores, en se servant des mesures de bruit résiduel réalisées à Ginestet, hameau situé à environ 500 mètres à l'Est, qui ont servi à caractériser l'environnement sonore du Devès (voisinages proches, altitudes similaires).

Tout comme Ginestet, le hameau du Devès se situe à plus d'un kilomètre des 4 éoliennes.

Commune	Lieu-dit	Eoliennes			
		E1	E2	E3	E4
Castanet-le-Haut	Les Clèdes	705 m	513 m	950 m	1,09 km
	L'Espinouse	1,08 km	1,07 km	1,64 km	1,66 km
	Le Devès	1,42 km	1,23 km	1,07 km	1,28 km
	Ginestet	1,45 km	1,24 km	1,27 km	1,48 km
Murat-sur-Vèbre	Faulat	1,13 km	1,13 km	553 m	557 m

Figure 3 : Distance entre les éoliennes du Cap Estève et les zones d'habitat

Les calculs d'impact acoustique réalisés par le bureau d'études DELHOM ont montré que des dépassements des émergences autorisées seront constatées sur ce hameau, uniquement par vents de sud-est entre 10,5 et 11,5 m/s en période nocturne (*Tome 3.5 du dossier d'autorisation environnementale – p 12*).

C'est pourquoi un plan de bridage a été proposé (bridage des éoliennes E2, E3 et E4 pour ce cas) et permettra de respecter la réglementation acoustique. Ainsi, le niveau de bruit ambiant sera < à 35 dBA par vent de sud-est entre 10,5 et 11,5 m/s en période nocturne (*Tome 3.5 du dossier d'autorisation environnementale – p 14*).

Afin de rassurer ces personnes, il est important de préciser que conformément à la réglementation en vigueur, le maître d'ouvrage doit réaliser une campagne de réception acoustique au niveau des différents voisinages dans les mois suivant la mise en fonctionnement des installations. Ces mesures de contrôle, avec arrêts des éoliennes, s'effectueront pour les différentes configurations de vent et périodes (jour, nuit). Les résultats des mesures, permettront, le cas échéant, d'adapter le plan de gestion des éoliennes aux conditions réelles de l'exploitation.

03 Sur le plan économique

03.1 Tourisme et attractivité

Thème n°4 – Perte d'attractivité du territoire, impact sur le tourisme et les acteurs locaux

Ces observations mentionnent que le développement de l'éolien est de nature, par son impact environnemental, notamment la détérioration des paysages, à réduire la fréquentation touristique et, en conséquence, à impacter le commerce et l'artisanat local.

La mesure des effets provoqués par un parc éolien sur le tourisme dans la zone alentour est complexe. Cependant, depuis le développement de l'énergie éolienne en France, plusieurs études et enquêtes ont été réalisées afin d'évaluer les éventuels impacts des parcs éoliens sur l'acceptation de l'éolien ou le tourisme. À ce jour, aucune étude indépendante n'a montré un impact négatif sur le tourisme suite à l'implantation d'un parc éolien.

D'une manière générale, l'énergie éolienne est souvent perçue positivement par le public, car il s'agit d'une industrie respectueuse de l'environnement, même pour les habitants des communes proches d'un parc éolien.

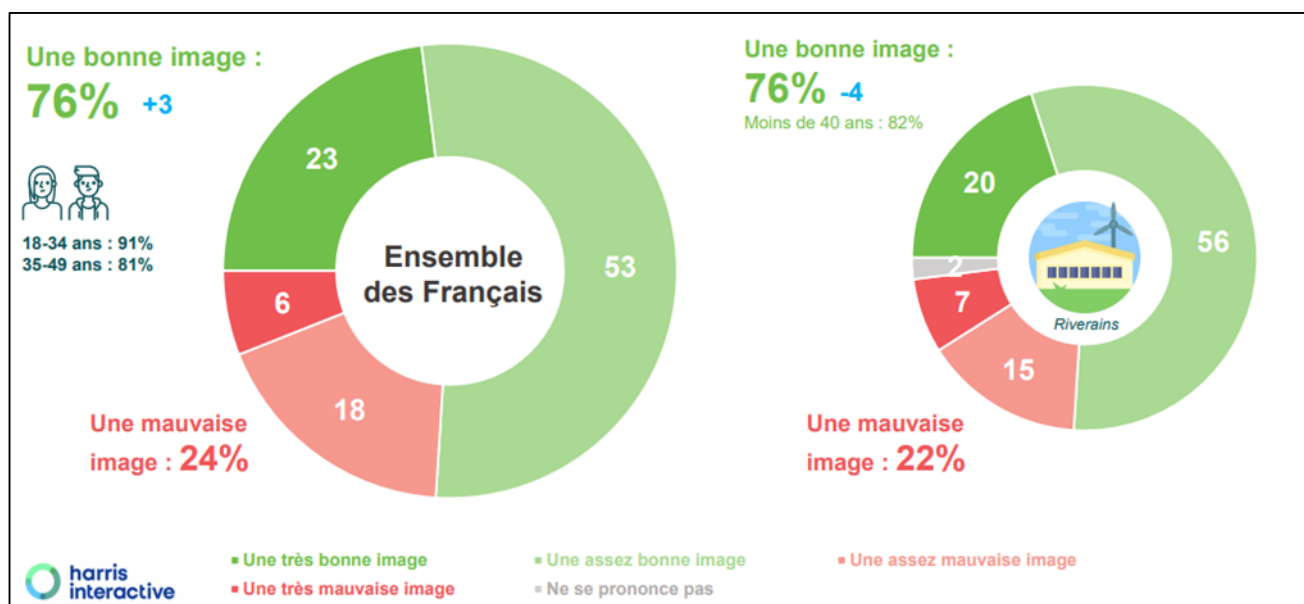


Figure 4 : Enquête d'opinion sur l'éolien (source : « L'énergie éolienne, comment les français et les riverains de parcs éoliens la perçoivent-ils ? », Harris interactive, 2021)

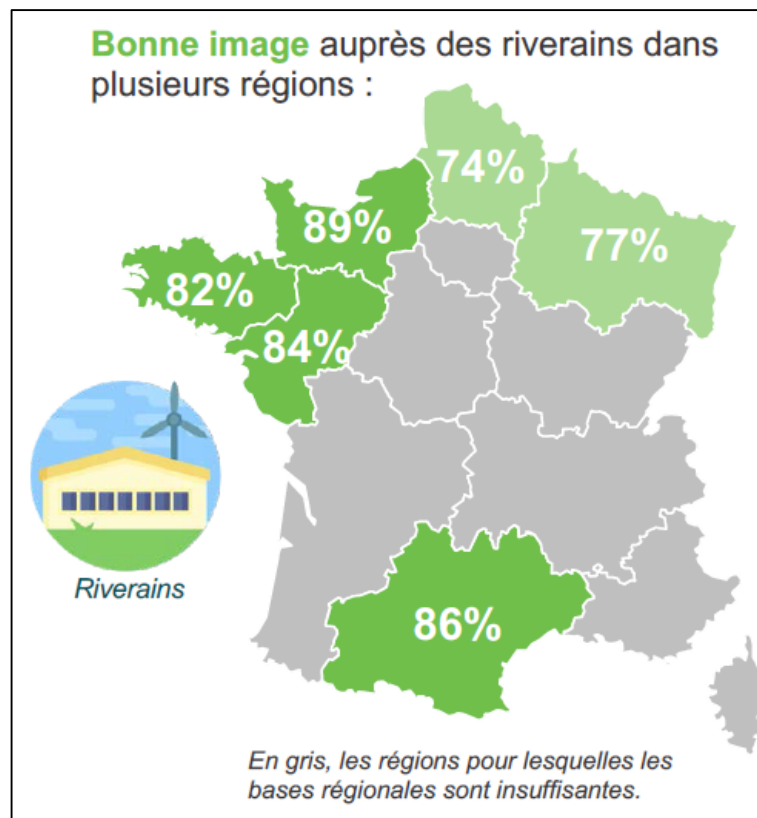


Figure 5 : Image générale de l'éolien auprès des riverains de parcs éoliens dans plusieurs régions (source : « L'énergie éolienne, comment les français et les riverains de parcs éoliens la perçoivent-ils ? », Harris interactive, 2018)

Il arrive également que les parcs éoliens 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. Un parc éolien peut devenir un objet d'attraction touristique, particulièrement dans les espaces où l'implantation d'aérogénérateurs est récente. Malgré leur caractère conjoncturel, ces visites peuvent avoir des conséquences économiques (commerces, restaurants...) pour un espace rural. Les retombées n'en sont qu'améliorées lorsque l'offre d'animation et de communication est structurée.

Prenons l'exemple des éoliennes de Peyrelevade (19). Durant les six premiers mois d'exploitation, l'installation de production d'électricité de Peyrelevade a été visitée par plus de 500 personnes chaque week-end. Le parc éolien a donc connu un succès touristique inattendu qui ne se dément pas. Il faut dire que cette installation éolienne était la seule dans un rayon de quelques centaines de kilomètres et elle a suscité la curiosité de la population de la région et des touristes. Le nombre de visiteurs a été tellement important que quelques habitants de la zone d'étude ont créé une association « Energies pour demain » pour animer des visites du parc éolien. Il se tient également un festival culturel au pied des éoliennes tous les deux ans. »

Autre exemple dans l'Indre, où le maire de Saint-Georges-sur-Arnon, Jacques Pallas, affirme que « l'éolien a eu un impact sur (sa) commune, mais un impact positif ! » Selon l'article⁵, le

⁵ <https://fee.asso.fr/actu/eolien-et-immobilier-pas-incompatible/>

prix de l'immobilier a augmenté depuis l'installation de 14 éoliennes (9 sur la commune de Saint-Georges-sur-Arnon et 5 sur celle de Migny) faisant passer le coût des terrains de 10 € / m² à 25 €. La population également a augmenté « *de 310 habitants en 1996, à 638 au dernier recensement* ». Enfin, le maire note que plus de 3 000 personnes sont venues sur la commune pour voir le parc et les projets qui en ont découlé (la mairie a créé une maison de l'énergie). « *La commune va accueillir le nouveau centre de maintenance de Nordex. Aujourd'hui, c'est 14 techniciens qui y travaillent et qui vivent et achètent sur la commune* ».

Le parc éolien de Bouin, situé dans un secteur touristique de Vendée, est devenu un atout pour le tourisme de la commune depuis maintenant 15 ans. Des visites sont organisées tout au long de l'année. Le public est varié : vacanciers, scolaires, comités d'entreprise, associations de retraités, élus qui veulent implanter des éoliennes dans leur commune...

A Saint-Nazaire, il existe un projet touristique d'ampleur autour de l'éolien. Le centre d'exploration de l'éolien en mer invitera les visiteurs à découvrir la filière industrielle et à comprendre le choix de la France de faire de l'éolien en mer.

Le parc d'Ally-Mercoeur en Auvergne est un autre exemple représentatif de l'impact touristique et des retombées économiques qui en découlent pour un territoire. La commune a complètement intégré les éoliennes dans son patrimoine et dans sa communication en lien avec l'attractivité de la ville⁶. Depuis 2009, les Associations Ally 2000 et AMDERA 43 proposent de coupler les visites des parcs éoliens à celles des moulins traditionnels et à d'autres sites tournés vers les énergies renouvelables et les économies d'énergie : chaudières à bois et granulés, panneaux solaires, ...

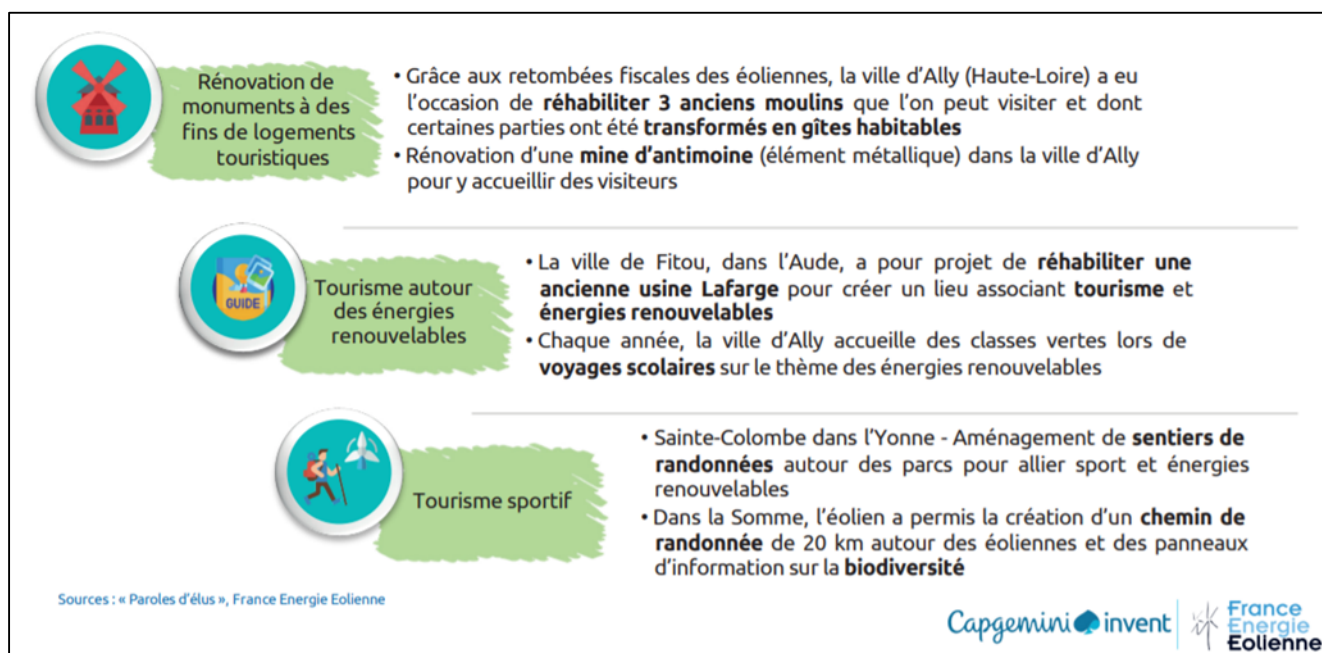


Figure 6 : Exemples de contribution de l'éolien au développement du tourisme (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

⁶ <https://ally43.fr/visites-guidees/eoliennes/>

On peut enfin citer l'exemple local du parc éolien de Cuq-Serviès, à proximité de Castres, qui fait l'objet depuis plusieurs années de visites touristiques par l'association IDRR (Institut de Développement des Ressources Renouvelables) du Tarn.



Figure 7 : Affiche pour des visites du parc éolien de Cuq-Serviès (81) (source : <https://www.tourisme-tarn.com/agenda/visite-du-parc-eolien-de-cuq-serviès/>)

Enfin, les retombées financières du projet peuvent aider les communes dans leur développement comme par exemple en rénovant l'école du village, la salle des fêtes ou installer de nouveaux lampadaires,...

03.2 Emploi et éolien

Thème n°6 – Intérêt du projet en terme d'impact économique

« Au-delà de l'impact économique résultant du déclin de l'attractivité touristique du territoire au regard de ses richesses naturelles, les observations soulignent le faible nombre d'emplois locaux créés et estime que les revenus supplémentaires que les communes pourront obtenir ne sauraient compenser les effets négatifs de la réalisation du projet ».

Comme mis en évidence dans l'Observatoire de l'éolien 2021⁷, la filière éolienne est à l'origine de créations d'emplois locaux et non délocalisables qui s'inscrivent dans la durée : « avec un total de 22 600 emplois en France [soit 6 emplois créés par jour], l'éolien est le premier employeur énergies renouvelables en France et s'impose comme levier de création d'emplois durables dans les territoires ».

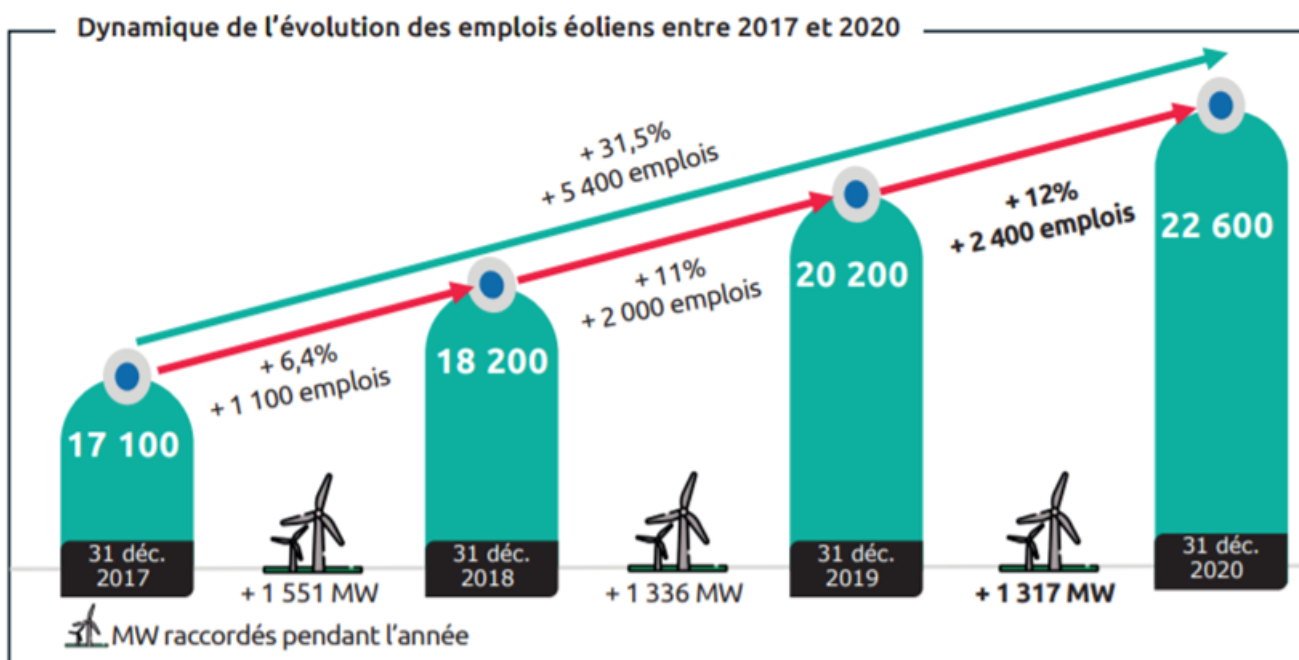


Figure 8 : Dynamique de l'évolution des emplois éoliens entre 2017 et 2020 (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

La région Occitanie est à ce titre la cinquième région de France en termes d'emplois liés à cette industrie.

⁷ <https://fee.asso.fr/pub/observatoire-de-leolien-2021/>

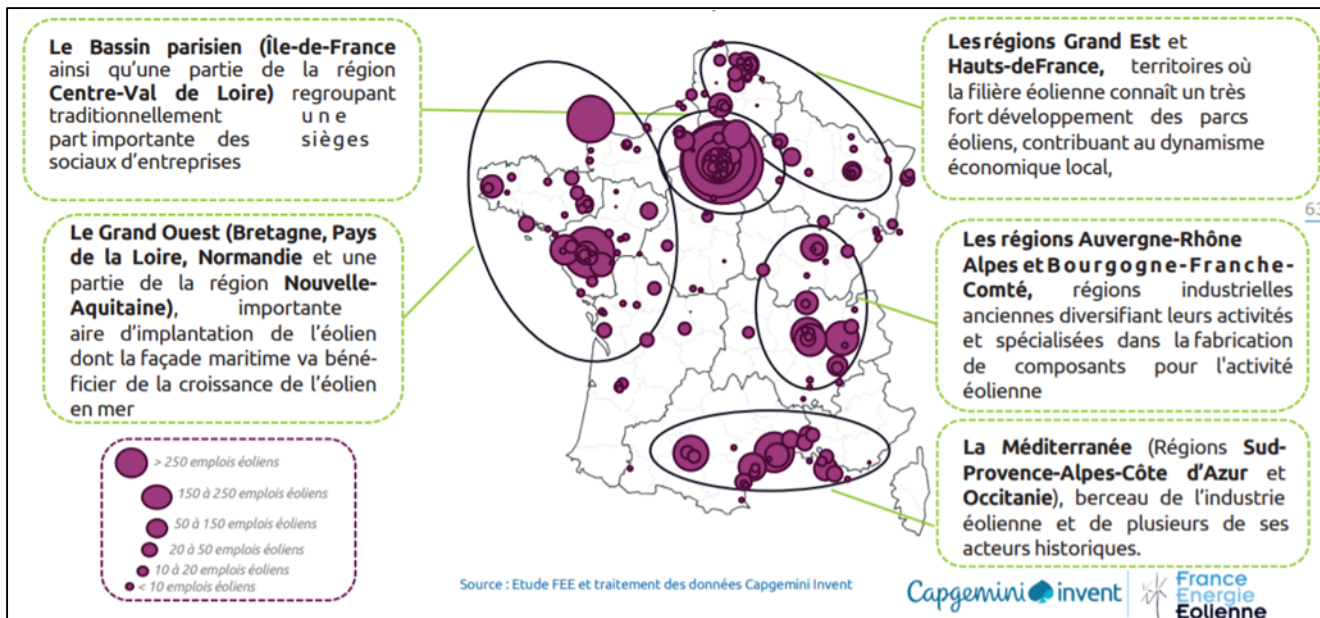


Figure 9 : Localisation des bassins d'emplois éoliens en France (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

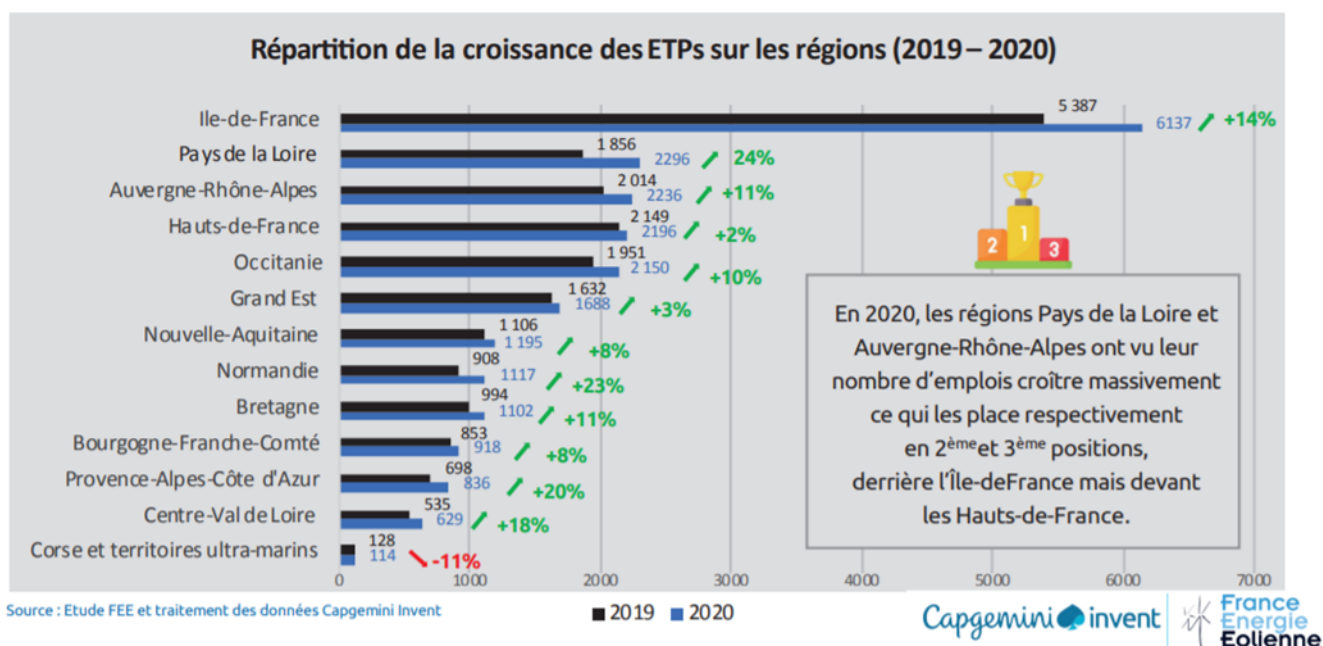


Figure 10 : La répartition des emplois éoliens par région (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

Concernant l'emploi local, les travaux de préparation (terrassement, génie civil) puis de raccordement (pose et branchements) renforcent l'activité des entreprises locales. La construction du parc éolien qui s'étale sur une période d'environ 12 mois viendra également renforcer l'économie locale, principalement la restauration, les hébergements, les déplacements mais aussi les sous-traitances et approvisionnements en matériaux. La maintenance du parc générera quant à elle de l'activité durant toute la durée d'exploitation du parc.

Pour le projet de Cap Estève, il est estimé que

- environ 30% de l'investissement correspondra à des travaux réalisés par des entreprises régionales, soit près de 4 millions d'euros hors taxes lors de la phase de construction.
- environ 2 emplois de techniciens de maintenance pourraient être créés et plusieurs emplois induits liés à certaines opérations spécifiques : fourniture pour remplacement de pièces mécaniques ou électriques défectueuses, moyens de levage, suivis environnementaux, entretiens des aménagements paysagers, etc.

Concernant les revenus fiscaux, ils sont de l'ordre de 10 à 15 000 € pour chaque MW raccordé et par an, redistribués entre les différentes collectivités en fonction principalement du régime fiscal de l'établissement public de coopération intercommunale auquel apparten(en)t la(es) commune(s) d'implantation.

Ainsi, le développement d'un parc éolien sur un territoire permet aux communes rurales de diminuer les impôts locaux, d'emprunter de l'argent ou de financer des projets, contribuant significativement à l'amélioration de plusieurs services publics tels que la réfection des routes, la construction/rénovation de lieux culturels et touristiques, la mise en place de la fibre optique ou la rénovation de l'éclairage public.

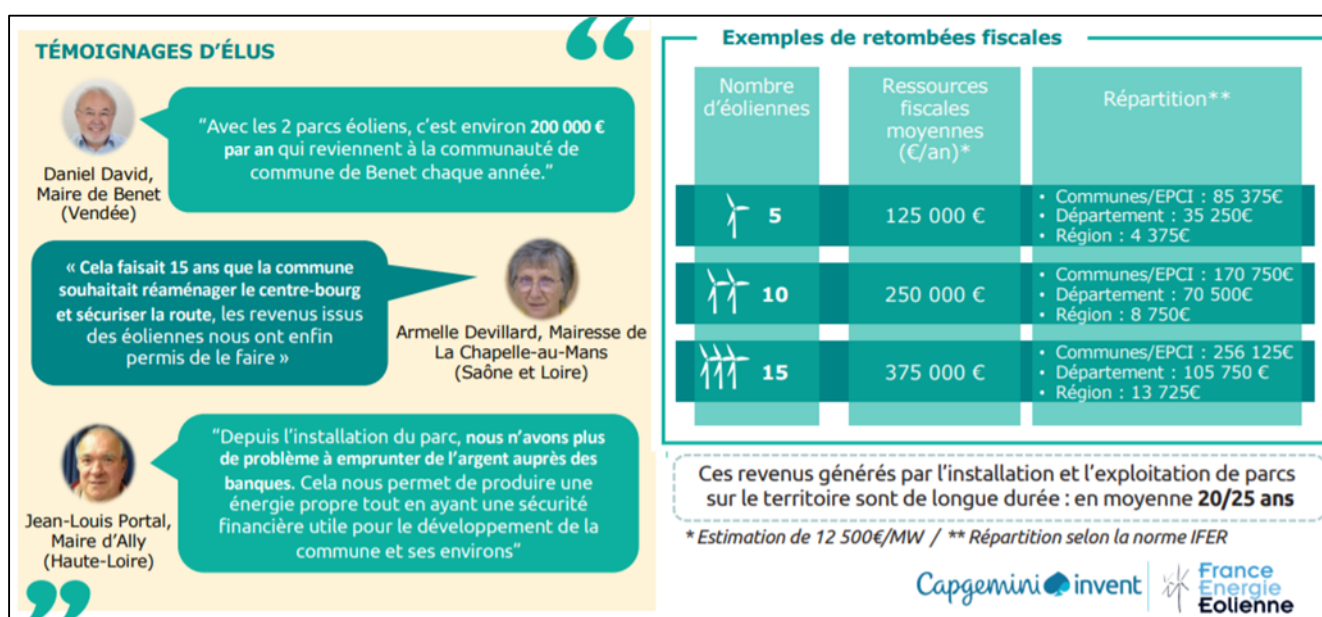


Figure 11 : Les retombées économiques et fiscales pour les collectivités locales (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

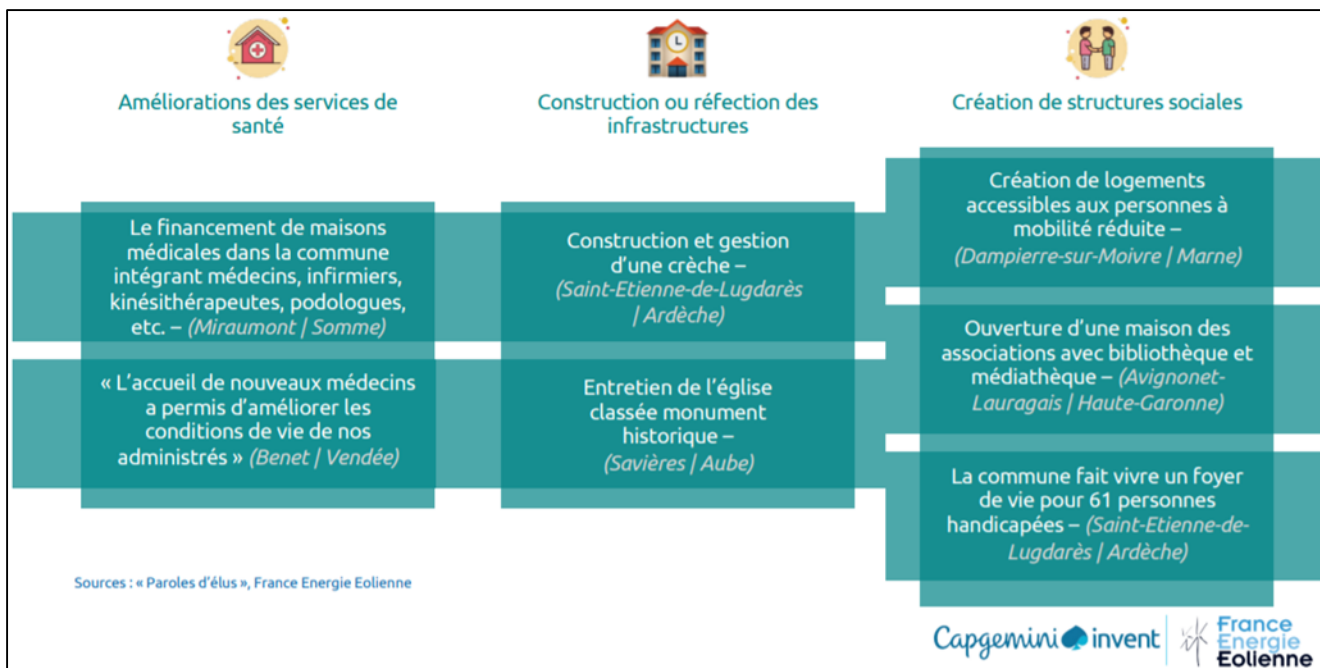


Figure 12 : Exemples de contribution de l'éolien aux services publics (Source : Etude FEE et traitement des données Capgemini Invent, Observatoire de l'éolien, 2021)

03.3 Efficacité énergétique

Thème n°8 – Efficacité énergétique des éoliennes

Par cette observation, leurs auteurs doutent de l'efficacité de l'énergie éolienne, son faible rendement, capable d'alimenter le réseau seulement 100 jours par an.

Il est souvent reproché aux éoliennes de ne fonctionner que 25% de l'année. Elles fonctionnent en réalité environ 80 % du temps mais avec des vitesses de vent variables⁸, l'équivalent de production à pleine puissance représentant ainsi 25% de sa capacité de production. Le graphique ci-dessous reprend ce principe de fonctionnement :

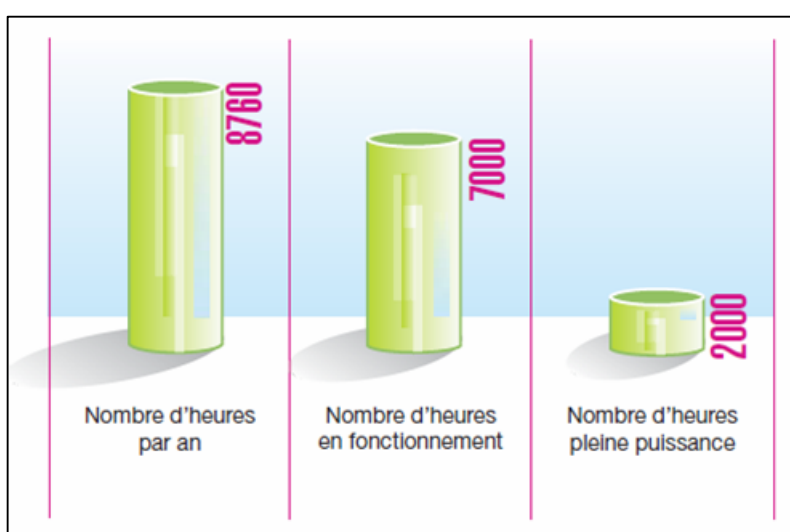


Figure 13 : Nombre d'heures de fonctionnement d'une éolienne par an (source : Engie Green)

Si la **production d'une éolienne** est effectivement **variable**, elle est en revanche **prévisible**. Elle est prévisible à l'échelle annuelle mais également prévisible trois à cinq jours à l'avance, par interprétation des données météorologiques.

Disposant de **trois zones géographiques où s'appliquent des régimes de vents différents** : façade Manche-Mer du Nord, front atlantique et zone méditerranéenne, les variations de la production éolienne s'équilibrent au niveau national. Ainsi, le travail du gestionnaire du réseau électrique, RTE (Réseau de Transport Électrique), est d'ajuster en permanence la production et la consommation.

Vus les objectifs de développement de l'éolien en France à l'horizon 2028 (la programmation pluriannuelle de l'énergie a fixé des objectifs de 34,1 GW pour une option basse à 35,6 GW

⁸ L'élu et l'éolien – L'essentiel de ce que les collectivités territoriales doivent savoir – AMORCE – Décembre 2017 – page 23

pour une option haute, en éolien terrestre), la prise en compte de la variabilité de l'éolien n'est et ne sera pas contraignante.

A ce sujet, RTE⁹ tire les conclusions suivantes :

« On retiendra de ce rapide tour d'Europe que l'intégration massive d'éoliennes dans un système électrique dépend surtout des conditions naturelles : qualité du gisement de vent, possibilités de foisonnement, ressource hydroélectrique. A ce titre, la situation française est bien mieux adaptée à l'éolien qu'en Allemagne ou au Danemark ».

« On le constate, l'existence en France de trois gisements de vent quasiment décorrélés permet un foisonnement de la production d'éolienne qui réduit de manière significative son intermittence ».

« Malgré l'intermittence, un parc éolien participe à l'équilibre offre-demande, contribuant ainsi à l'ajustement du parc à hauteur d'une fraction de la puissance éolienne installée. C'est la puissance substituée, définie comme la puissance d'un moyen de production conventionnel qui peut être substituée par un parc éolien pour un même niveau de qualité de fourniture, soit encore une durée annuelle moyenne de défaillance égale ».

« On constate aujourd'hui que les fluctuations inter-journalières de consommation sont principalement régulées par les effacements tarifaires, les échanges frontaliers et le parc hydraulique. [...] Pour un parc éolien de 10 000 MW, l'aléa de vent n'est pas de nature à modifier fondamentalement ce principe de gestion de la production ».

Si la question de la variabilité est posée, c'est également car le système électrique français n'est pas conçu pour des énergies de flux. Il a été essentiellement construit autour de grandes à très grandes centrales (nucléaires) et autour de grands stockages (hydrauliques).

De la même façon, la tarification électrique ne favorise pas les énergies de flux. Par exemple, la tarification actuelle heures creuses / heures pleines a été mise en place pour compenser la non-souplesse des centrales nucléaires et inciter à la consommation d'électricité la nuit à des moments où les centrales nucléaires continuent à produire alors que la consommation chute naturellement.

D'autre part, d'après les informations du Syndicat des Energies Renouvelables (SER), la production éolienne est globalement plus importante en hiver qu'en été, ce qui correspond aux besoins saisonniers de consommation électrique.

⁹ Bilan prévisionnel à l'horizon 2020, RTE, 2007

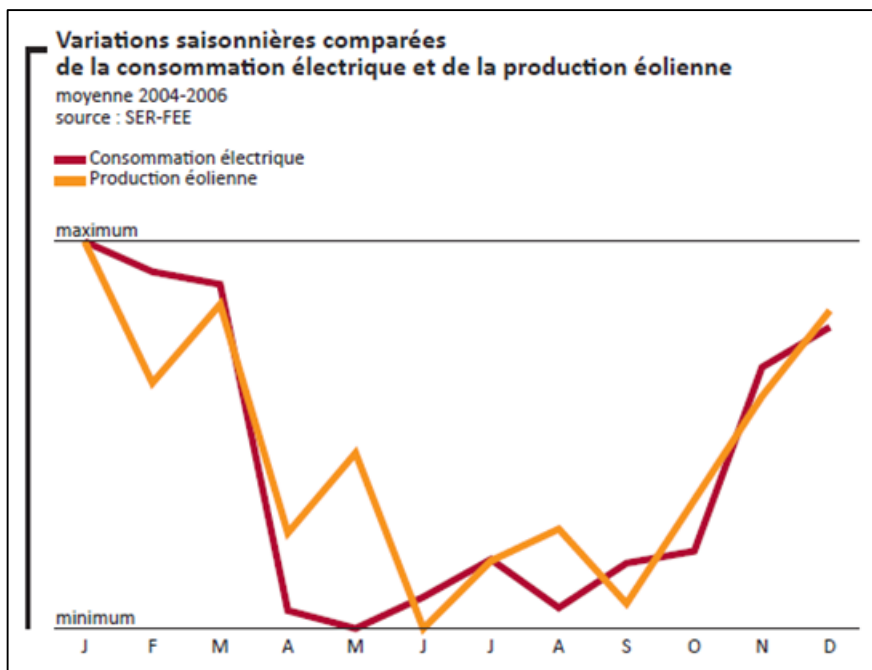


Figure 14 : Variations saisonnières comparées de la consommation électrique et de la production électrique éolienne (source : SER / FEE)

03.4 Démantèlement et recyclage

Thème n°10 – Recyclage des matériels en fin de vie

Cette observation interpelle sur l'efficacité écologique du recyclage des matériels après 20 ans d'exploitation.

Aujourd'hui selon l'ADEME, environ 90% du poids d'une éolienne est recyclable.

Le premier retour d'expérience d'ENGIE Green (maison mère de la société FERME EOLIENNE DU CAP ESTEVE) a été positif. En effet, la société a démantelé en 2019 le plus ancien parc éolien de France à Port-la-Nouvelle (Aude). Plus de 96% des composants ont été recyclés, 3% ont été acheminés vers des circuits de valorisation et 1% seulement du poids des éoliennes a été acheminé comme déchets. Les pales ont notamment été valorisées à près de 94%, dont 58% recyclées (la fibre de verre) et 36% (la résine) utilisés pour améliorer la performance du processus du recyclage.

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 fixe d'ailleurs des objectifs pour 2022 et 2024 concernant le recyclage ou la réutilisation des éoliennes. Pour 2022, au moins 90% de la masse totale des aérogénérateurs devra être recyclée ou réutilisée. Ce taux passera à 95% en 2024.

La partie la plus importante restant à recycler reste les pales. Actuellement celles-ci sont revalorisées sous forme thermique (exemple : cimenterie), leur résine thermodurcissable ne permettant pas une autre utilisation.

De nouveaux projets voient le jour afin d'obtenir des pales 100% recyclables grâce à l'utilisation de résine thermoplastique (exemple : projet ZEBRA mené par l'Institut de recherche technologique Jules Verne et pour lequel ENGIE fait partie du consortium).

Une part très importante des éoliennes est donc recyclable et/ou réutilisable et des recherches en continu sont menées afin d'améliorer encore plus ce sujet.

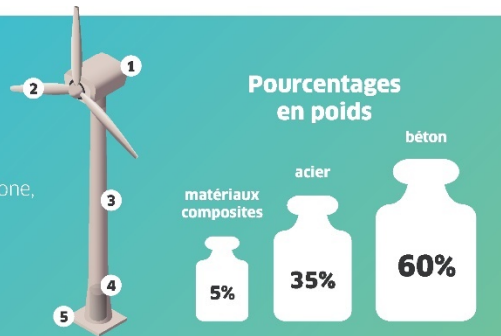
Ci-après, une plaquette réalisée par ENGIE Green pour comprendre les enjeux du démantèlement et du recyclage des parcs éoliens en France.

Le démantèlement et le recyclage d'un parc éolien

La durée de vie d'un parc éolien est d'environ 20 à 25 ans. Une fois l'exploitation achevée, l'exploitant du parc éolien est tenu par la réglementation de procéder à son **démantèlement et à la remise en état du site**. Les 1^{ers} parcs éoliens arrivés en fin de vie en France ont été démantelés en 2017 dans le cadre d'opération de renouvellement, consistant à optimiser la performance d'un site en **remplaçant les anciennes éoliennes par des éoliennes plus puissantes et plus performantes**.

De quoi une éolienne est-elle composée ?

- **Nacelle et moyeu (1)** : acier et composites de résine, de fibre de verre et carbone,
- **Pales (2)** : composites de résine, de fibre de verre et carbone,
- **Mât (3)** : béton et acier,
- **Transformateur et installations de distribution (4)** : déchets électroniques et électriques,
- **Fondations (5)** : béton et acier.



Le démontage (ou démantèlement) : cadre réglementaire

Étapes des travaux de démantèlement

- Installation du chantier,
- Découplage du parc,
- Démontage, évacuation et traitement de tous les éléments constituant les éoliennes,
- Excavation totale des fondations**.



crédit photo : Sauc'lic Multimedia

Une éolienne se démonte en une journée, ni pour les riverains, ni pour l'environnement : le site est remis à son état initial.

Le démantèlement et la remise en état du site

Les éoliennes sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Cela nécessite que la question du démontage soit totalement anticipée, en prenant en compte l'avis du maire de la commune d'implantation et celui du propriétaire du terrain.

Le démantèlement des installations éoliennes est strictement **encadré par la loi*** et comprend l'ensemble du processus de recyclage des installations :

- **Le démontage des éoliennes, postes et câbles électriques,**
- **L'excavation totale des fondations**** et le remplacement par des terres similaires au terrain d'origine,
- **Le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès** et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation,
- **La valorisation ou l'élimination des déchets** de démolition et de démontage d'une éolienne dans des filières dûment autorisées à cet effet.

Le mécanisme de garantie financière

Pour couvrir les frais de démantèlement, l'exploitant du parc éolien constitue les **garanties financières nécessaires à la remise en état du site**, avant même la mise en service du parc éolien. Le montant, fixé par arrêté ministériel, s'élève à **50 000 € pour une éolienne d'une puissance < ou = à 2 MW. Pour une éolienne > à 2 MW s'ajoutent 10 000 € par MW supplémentaire (ex : pour une éolienne de 3 MW, la garantie financière est de 60 000 €)**. Les premiers démantèlements réalisés en France confirment que ce montant correspond au coût réel de déconstruction d'une éolienne.

De ce fait, le propriétaire d'un terrain sur lequel est installée une éolienne n'aura donc **jamais à prendre en charge le coût de démantèlement**, même en cas de faillite de la société qui a installé les éoliennes.

* Article R. 553-6 du code de l'environnement (arrêté du 26 août 2011, modifié le 22 juin 2020). ** Sauf si une étude environnementale démontre un impact négatif : l'excavation reste tout de même obligatoire sur 2 m pour les sols à usage forestier (1 m dans les autres cas).

Les filières de recyclage et de traitement des composants

L'éolien, une énergie pensée pour être recyclée

Aujourd'hui, selon l'ADEME, environ 90% d'une éolienne est recyclable et ses différentes composantes sont prises en charge par des filières de revalorisation.



ENGIE Green a récemment démonté et recyclé le plus ancien parc éolien de France à Port-la-Nouvelle (Aude)

+ de 96% de composants recyclés !

Flashez ce code pour voir cet impressionnant chantier de démontage :



Le **traitement et le recyclage des éoliennes** est encadré par la Loi (Code de l'Environnement, art. R.515-106).

Lorsque les éoliennes ne peuvent pas être réutilisées, la priorité va au recyclage :

- **Les métaux** (acier, cuivre, fonte, aluminium) sont **entièrement recyclés**,
- **Les matériaux composites** sont pris en charge par des filières spécialisées, dans le cadre d'une **valorisation thermique et énergétique**, ou réemployés pour d'autres parcs éoliens,
- **Le béton** est **réutilisé sous forme de granulats**, ou pour la **fabrication de béton neuf** (par exemple pour renforcer les chemins privés aux alentours du parc éolien).

Tous ces éléments sont triés et acheminés vers un centre de traitement spécialisé et agréé.

À savoir :

- Il n'est en aucun cas possible de mettre en décharge les pales des éoliennes dans un pays de l'UE,
- Il n'est en aucun cas possible d'abandonner des éoliennes sur le territoire français.

Pour aller plus loin :

Plusieurs projets de R&D sont en cours pour améliorer encore davantage la recyclabilité de certaines parties comme les pales (2% du poids total de l'éolienne), qui sont actuellement valorisées de façon thermique ou broyées pour servir à la fabrication de ciment. Les projets de recherche se tournent du côté des matières innovantes pour remplacer la composition actuelle par des matériaux composites durables comme les thermoplastiques qui peuvent être refondus après usage.

L'objectif de la filière éolienne est d'atteindre **100% de recyclage des éoliennes** le plus rapidement possible.

Volumes futurs en matière de démantèlement

Depuis le 1^{er} juillet 2020, la Loi fixe des objectifs de recyclage pour les parcs éoliens démantelés après le 1^{er} janvier 2022 : 90 % de la masse de l'aérogénérateur et 35 % de celle du rotor, puis des objectifs progressifs de recyclabilité après le 1^{er} janvier 2023.

Dès 2025, l'ADEME s'attend à un volume annuel de démantèlement pouvant atteindre **1 GW** (dans l'hypothèse d'une durée de vie moyenne de 20 ans), soit **3 000 à 15 000 tonnes de matériaux composites par an**.

En résumé

L'énergie éolienne a une empreinte environnementale particulièrement faible. C'est une des énergies les plus efficaces pour lutter contre le réchauffement climatique.

L'éolien ne produit aucun déchet dangereux.

Le cycle de vie d'un parc éolien est entièrement maîtrisé, de sa fabrication à son recyclage.

L'implantation d'un parc éolien suit une procédure environnementale précise et rigoureuse, pour toujours améliorer son empreinte énergétique.

L'énergie est notre avenir, économisons-la !
engie-green.fr



Figure 15 : Plaquette d'information – Démantèlement & recyclage (source : ENGIE Green)

03.5 Bilan carbone

Thème n°11 – Impact carbone des éoliennes

L'observation met en cause le bilan carbone positif de l'énergie éolienne en évoquant les émissions induites par les process de fabrication, les transports, l'installation, le recyclage des matériaux pour des équipements dont la durée de vie est de 20 ans.

Le cycle de vie d'une éolienne (fabrication, acheminement sur site, installation, et démantèlement) représente un « coût » en énergie. L'ADEME estime que le taux d'émission du parc éolien français est en moyenne de 12,7 g CO₂ /kWh (sur la base des données du parc effectif en 2013, soit 3 658 éoliennes).

L'éolien terrestre est particulièrement efficient, une éolienne produit la quantité d'énergie qu'elle a consommée au cours de son cycle de vie en 12 mois. Le facteur de récolte, qui permet de connaître le nombre de fois où l'énergie est amortie, c'est-à-dire le nombre de fois où la turbine produit la quantité d'énergie qu'elle a consommée au cours de son cycle de vie, est de 19 pour le parc éolien terrestre français.¹⁰

Dans un document de vulgarisation¹¹ de 2016, l'ADEME précise :

« La production d'électricité d'origine éolienne est caractérisée par un très faible taux d'émission de CO₂ : 12,7 gCO₂/kWh pour le parc installé en France¹². Ces émissions indirectes, liées à l'ensemble du cycle de vie d'une éolienne, sont faibles par rapport au taux d'émission moyen du mix français qui est de 82 gCO₂/kWh¹³. D'autre part, la production éolienne permet d'éviter le recours aux centrales thermiques à combustibles fossiles et contribue ainsi à diminuer les émissions de CO₂ directes pour la production d'électricité¹⁴.

L'éolien présente également l'un des temps de retour énergétique parmi les plus courts de tous les moyens de production électrique¹⁵ : les calculs sur le parc français montrent que l'énergie nécessaire à la construction, l'installation et le démantèlement futur d'une éolienne est compensée par sa production d'électricité en 12 mois. En d'autres termes, sur une durée de vie de 20 ans, une éolienne produit 19 fois plus d'énergie qu'elle n'en nécessite pour sa construction, son exploitation et son démantèlement. Enfin, l'exploitation d'une éolienne ne génère pas directement de déchets ni de pollution de l'air et ne nécessite pas de prélèvement

¹⁰ Impacts environnementaux de l'éolien français, ADEME 2015

¹¹ Energie éolienne (L') – ADEME » (<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis-ademe-eolien-201604.pdf>)

¹² Etude ADEME : « Analyse du Cycle de Vie de la production d'électricité d'origine éolienne en France », 2016.

¹³ Base Impacts, année de référence 2011

¹⁴ On observe depuis 2008 une tendance globale à la baisse du taux d'émission de CO₂/kWh, qui reflète l'évolution du mix électrique français : augmentation de la part d'EnR, diminution des centrales thermiques. Sur le marché de l'électricité, l'injection d'électricité éolienne (prioritaire) se fait au détriment des moyens de production les plus chers, et se substitue donc majoritairement aux centrales à combustible fossile. Pour comparaison, la production des centrales à charbon représente moins de la moitié de la production électrique de l'éolien en France, mais est responsable de 36% des émissions directes de CO₂ du secteur électrique en France (d'après RTE, Bilan électrique 2015).

¹⁵ Rapport GIEC « Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation », 2011

ni de consommation d'eau. L'énergie éolienne contribue donc efficacement aux objectifs énergie-climat et à l'indépendance énergétique du pays, car elle injecte sur le réseau une énergie produite localement, sans importation de combustible. »

Fin de document

FERME EOLIENNE DU CAP ESTEVE
Filiale de ENGIE Green
215, rue Samuel Morse
Le Triade II
34967 Montpellier cedex2, France

[engie-green.fr](https://www.engie-green.fr)