



Commune de Sévigny-Waleppe (Ardennes)

Enquête Publique relative à une demande d'Autorisation
d'exploiter un parc de production d'énergie électrique à
partir de l'énergie mécanique du vent composée de cinq
aérogénérateurs et de deux postes de livraison

MEMOIRE EN REPONSE

Le vent a de l'avenir

SEPE de Sévigny

Table des matières

3 Preamble

4 Observations par courrier électronique.....

4 Observation numérique numéro 1.....

5 Observation numérique numéro 2.....

6 Observation numérique numéro 3.....

6 Observation numérique numéro 4.....

6 Observation numérique numéro 5.....

7 Observation numérique numéro 6.....

7 Observation numérique numéro 7.....

7 Observation numérique numéro 8.....

8 Observation numérique numéro 9.....

9 Observation numérique numéro 10.....

9 Observation numérique numéro 11.....

9 Observation numérique numéro 12.....

9 Observation numérique numéro 13.....

10 Observations écrites sur le registre des réclamations

10 Observation registre numéro 1.....

11 Observations reçues par courrier.....

11 Observation reçue par courrier numéro 1

SEPE de Sévigny

Préambule

La société SEPE DE SEVIGNY, groupe AALTO POWER, est porteur d'un projet d'implantation de 5 éoliennes ainsi que 2 postes de livraison sur la commune de Sévigny-Walleppe, dans le département des Ardennes.

Le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) a été déposé en Préfecture des Ardennes le 29 juin 2018.

Ce projet est soumis à enquête publique. Celle-ci s'est déroulée du vendredi 3 janvier 2020 au vendredi 7 février 2020.

A l'issue de cette enquête publique, Monsieur le Commissaire Enquêteur a remis à la SEPE DE SEVIGNY le 10 février 2020, l'ensemble des observations consignées sur les différents registres d'enquête.

Dans le présent mémoire en réponse, la SEPE DE SEVIGNY apporte des éléments de réponse aux remarques et interrogations exprimées par le public et le Commissaire Enquêteur. Les réponses ont été apportées à chacune des observations et interrogations apportées par le public.



GROUPE
alto power

SEPE de Sévigny

Le vent a de l'avenir

Observations par courrier électronique

Observation numérique numéro 1

Concernant les doutes émis par les académies de médecine des sciences des beaux-arts et de nombreux autres scientifiques, nous souhaitons porter à votre connaissance l'étude de l'Académie nationale de médecine en date du 9 mai 2017 (cf. Annexe 1).

Il ressort de ce rapport les recommandations suivantes (en bleu, nos observations sur certains points) :

La décision de développer davantage encore l'énergie éolienne est un fait politique aujourd'hui gravé dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. La problématique de ce rapport était d'analyser la réalité de son impact sanitaire et de dégager des pistes susceptibles d'en diminuer la portée éventuelle.

L'éolien terrestre présente indubitablement des effets positifs sur la pollution de l'air et donc sur certaines maladies (asthme, BPCO, cancers, maladies cardio-vasculaires). **Par ailleurs, il ne semble pas induire directement des pathologies organiques.** Toutefois, il appert de l'étude de la littérature et des doléances exprimées par de multiples associations de riverains qu'au travers de ses nuisances sonores et surtout visuelles, il affecte la qualité de vie d'une partie des riverains et donc leur « état de complet bien-être physique, mental et social » lequel définit aujourd'hui le concept de santé.

Dans le double souci d'améliorer l'acceptation du fait éolien et d'atténuer son retentissement sanitaire, direct ou indirect, sur une frange de la population de riverains, le groupe de travail recommande :

- De faciliter la concertation entre les populations riveraines et les exploitants ainsi que la saisine du préfet par les plaignants, de s'assurer que l'enquête publique est conduite avec la rigueur décrite dans les textes et effectivement mise en œuvre, et de veiller à ce que les riverains se sentent mieux concernés par les retombées économiques,
 - L'enquête publique a été menée avec toute la rigueur requise.
 - De même, la SEPE de SEVIGNY a organisé une permanence publique en mairie de Sévigny-Walleppe le 29 mars 2018, avant le dépôt de la Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), afin d'informer la population de l'avancement du projet et du résultat des études environnementales, paysagères et acoustiques (cf. annexe 2)
- De déterminer la distance minimale d'implantation à la première habitation en fonction de la hauteur des nouvelles éoliennes afin de ne pas majorer leur impact visuel et ses conséquences psychiques et somatiques,



- De systématiser les contrôles de conformité acoustique dont la périodicité doit être précisée dans tous les arrêtés d'autorisation et non au cas par cas.

- Une étude acoustique par un Bureau d'Etudes indépendant (ORFEA) a été menée et était disponible dans le DDAE

- D'encourager les innovations technologiques susceptibles de restreindre et de « brider » en temps réel le bruit émis par les éoliennes afin d'atténuer - malgré l'absence de preuves formelles de sa nocivité - les effets ressentis, et d'en équiper les éoliennes les plus anciennes,
- De revenir pour ce qui concerne leur bruit (et tout en laissant les éoliennes sous le régime des Installations Classées pour le Protection de l'Environnement) au décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits du voisinage (relevant du code de Santé publique et non de celui de l'Environnement), ramenant le seuil de déclenchement des mesures d'émergence à 30 dB A à l'extérieur des habitations et à 25 à l'intérieur,
- D'entreprendre, comme recommandé dans le précédent rapport, une étude épidémiologique prospective sur les nuisances sanitaires.

Concernant la mise en doute par Monsieur Decrouy de l'indépendance de la justice face aux consignes gouvernementales, nous ne souhaitons pas répondre et souhaitons simplement rappeler que l'instruction de DDAE dans le domaine éolien obéit à un ensemble de règles auxquelles sont soumis les services d'instruction en Préfecture.

Observation numérique numéro 2

Nous avons répondu sur l'aspect sanitaire des parcs éoliens ci-dessus.

Concernant la faune qui serait « en danger », une étude spécifique réalisée par un Bureau d'Etudes indépendant (ENVOL) a détaillé l'état initial de la faune dans la zone d'études et un second Bureau d'Etudes indépendant (Jacques et Chatillon) en a étudié les impacts en cas d'installation d'éoliennes dans cette même zone, tout en préconisant des mesures spécifiques dans la logique Eviter-Réduire-Compenser. Bien entendu, la SEPE de Sévigny s'engage à respecter ces préconisations en cas d'obtention de l'Autorisation Environnementale.

Concernant le prix de l'immobilier qui baisserait de « 15% », Madame Gillet n'apporte aucune étude démontrant son propos. A notre connaissance, aucune étude indépendante n'a d'ailleurs été diligentée sur cette question.

Madame Gillet indique ensuite que les éoliennes « dénaturent le paysage ». Cette remarque étant subjective, nous ne souhaitons pas y répondre.

Enfin, Madame Gillet affirme que les éoliennes « n'apportent pas de solutions en termes d'énergie ». Sur ce point, il nous semble intéressant de rappeler que l'ensemble des éoliennes

installées en France ont produit en 2019 plus de 7 % de l'électricité consommée en France, un pourcentage en constante progression et qui n'est pas anecdotique. Par ailleurs, le 9 février 2020, les éoliennes ont également produit 18% de l'électricité consommée en France.

Observation numérique numéro 3

Nous n'avons pas de commentaires supplémentaires à apporter eu égard aux réponses ci-dessus.

Observation numérique numéro 4

Ici également, nous n'apportons pas d'éléments supplémentaires si ce n'est une remarque concernant les retombées économiques ne permettant pas à elles seules de maintenir les populations en place.

Bien entendu, les retombées financières d'un parc éolien (fiscalité, loyers, conventions de chemins ou encore mesures d'accompagnement) ne permettent pas seules de résoudre les questions d'exode rural.

Néanmoins, et à titre d'exemple, le groupe Aalto Power est propriétaire et exploitant d'un parc éolien sur la commune de Bussière Saint Georges en Creuse depuis 2012. La population de cette commune s'est accrue entre 2011 et 2016 de près de 10% (233 habitants en 2011 contre 255 en 2016), ainsi que l'annexe 3 le présente (source : INSEE).

Les retombées économiques du parc éolien ne sont bien sûr pas les seules raisons ayant amené une population nouvelle à s'installer sur la commune mais ont certainement permis à la municipalité de financer des actions rendant la commune attractive pour de nouveaux habitants potentiels.

Observation numérique numéro 5

Madame Anne Aunime affirme que « l'argent promis aux communes ne sera jamais donné ».

Sur l'ensemble des parcs éoliens détenus en propriété et exploités par Aalto Power, nous avons signé avec les communes d'implantation des conventions liées à l'utilisation des chemins communaux pour la construction et l'exploitation des parcs ainsi que des conventions de mesures compensatoires ou d'accompagnement afin de contractualiser notre engagement sur toute la durée de vie des installations.

Enfin, concernant le démantèlement, le Décret du 26/08/2011 rappelle dans les autorisations administratives pour chaque parc sont très clairs : l'exploitant est tenu de démanteler à ses frais le parc éolien. Aalto Power est donc tenu de respecter ses engagements sur ce point.

Observation numérique numéro 6

Après consultation du Compte Rendu n°14 de la Commission Parlementaire (Annexe 4) dite Aubert, nous ne comprenons pas la référence de Monsieur Lebré.
Par ailleurs, ses remarques mériteraient d'être précisées au regard du rapport de la Cour des Comptes du 18 avril 2018 (Annexe 5).

Observation numérique numéro 7

Sur la question de l'augmentation des taxes pour financer ses machines, Madame Mie n'apporte aucune précision quant au type de taxe évoquée.

Si elle pense à la CSPF, payée par l'ensemble des foyers français, il est important de noter que le soutien à l'éolien terrestre n'en représente qu'une petite partie, à savoir 17% (source Commission de Régulation de l'Energie, cf. Annexe 6).

En conséquence, le coût de l'énergie éolienne pour les français s'est élevé à 1 € par mois et par foyer en 2018.

Si elle évoque en revanche l'augmentation de taxes locales, nous ne pouvons certainement pas établir de lien avec l'implantation éventuelle d'un parc éolien. En règle générale, sur les communes où nos parcs éoliens sont implantés, on observe plutôt une stabilisation voire une diminution des impôts locaux, en raison des retombées fiscales et financières générées par l'installation du parc.

Nous avons répondu il nous semble aux autres commentaires de Madame Mie dans les premières réponses.

Observation numérique numéro 8

Nous laisserons à Monsieur Leguy la responsabilité de son propos sur le fait que l'éolien soit un non-sens écologique, d'autant qu'une éolienne une fois construite « rembourse » son coût écologique de fabrication, de transport et d'installation en 9 à 12 mois de production (temps de retour énergétique), tout en produisant de l'électricité propre pendant une trentaine d'années.

Sur le fait que cela ne profite qu'aux promoteurs, il est important de noter que les personnes et entités suivantes profitent des retombées économiques d'un parc éolien (ici pour notre projet de Sévigny) :

- Propriétaires fonciers et exploitants agricoles : perception des loyers pendant 30 ans

- Association Foncière de Sévigny-Waleppe : redevance perçue pour l'utilisation des chemins de l'AF pendant 30 ans
- Commune de Sévigny-Waleppe, Communauté de Communes, Département des Ardennes, Région Grand Est : perception des impôts et taxes afférents à l'exploitation du parc éolien pendant toute sa durée d'exploitation
- Commune de Sévigny-Waleppe : perception à l'instant de la mise en construction du parc éolien des mesures d'accompagnement, à définir avec le Conseil Municipal (mesures diverses à proposer), pour un montant significatif (supérieur à 100 000 €)

Concernant le bétonnage des terres agricoles, il est important de rappeler la quantité de béton nécessaire à la réalisation d'une fondation, dont le diamètre n'exécède pas 21 mètres. Il s'agit de 500 m³ maximum de béton, matière inerte et qui ne pollue pas, spécialement dans le cas de notre projet de Sévigny, les nappes phréatiques n'affleurant pas (cf. EIE Jacques et Chatillon) sur la zone.

Concernant l'utilisation d'huiles fossiles, elle est extrêmement limitée, car les huiles utilisées pendant l'exploitation des machines peuvent être soit minérales soit synthétiques. Globalement, il sera nécessaire d'utiliser environ 600 litres de ces huiles par machine sur une période de 3 à 5 ans (cf. EIE).

Sur l'utilisation de terres rares, il est important de noter que seules 3 % des éoliennes terrestres installées en France en comportent dans leur fabrication (source ADEME, cf. annexe 6), en quantité très limitée.

L'hexafluorure de soufre est un gaz inflammable utilisé en faible quantité comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique au niveau du poste de livraison. Ses risques sont pris en compte dans l'étude de danger du dossier de DDAE.

Observation numérique numéro 9

Concernant les nuisances lumineuses nocturnes, l'armée de l'air et la Direction Générale de l'Aviation Civile nous imposent des règles précises pour le balisage des parcs éoliens. Nous ne sommes donc pas décisionnaires.

En revanche, un groupe de travail piloté par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire travaille avec la Défense sur une réforme de ces balisages pour les rendre moins prégnants dans le paysage, notamment nocturne.

Nous ne comprenons pas le « deux poids deux mesures pour l'attribution des permis de construire ».

Nous avons déjà répondu sur une éventuelle dévalorisation du parc immobilier.

Concernant la saturation visuelle, l'étude d'impact incluse dans notre DDAE détaille la densification dont notre projet serait l'objet (p170 EIE).

Observation numérique numéro 10

Nous avons répondu à la plupart des éléments de cette observation dans nos réponses précédentes

Observation numérique numéro 11

Nous avons répondu à la plupart des éléments de cette observation dans nos réponses précédentes

Observation numérique numéro 12

La plupart des demandes de Monsieur Vacher ont été traitées plus haut ou devraient faire l'objet de demandes au représentant de la circonscription dans laquelle il réside.

En effet, la SEPE de Sévigny n'a pas vocation à amender la loi ou autre réglementation.

Observation numérique numéro 13

Le site auquel Monsieur Ponsinet fait référence est un site anti-éolien. Aussi, nous ne comprenons pas l'observation ou la question à laquelle il souhaiterait nous voir répondre.

Observations écrites sur le registre des réclamations

Observation registre numéro 1

Il s'avère qu'effectivement, Dizy le Gros est à ce jour entouré d'un grand nombre d'éoliennes, construites, accordées ou en projet. Notre projet vient ainsi en densification de l'existant, comme cela est présenté dans l'étude d'impact paysager.

Concernant les ondes émises, l'étude d'impact environnemental est disponible.

Enfin, concernant l'indemnisation des riverains proches des éoliennes n'est pas prévue par la réglementation, excepté pour les propriétaires et exploitants de parcelles concernées par les implantations d'éoliennes elles-mêmes.

En revanche, nous rappelons que les retombées économiques de ces parcs éoliens ne sont pas négligeables et bénéficient aux riverains des parcs éoliens, par le biais des budgets communaux qui permettent de financer un certain nombre d'actions au niveau local.

Observations reçues par courrier

Observation reçue par courrier numéro 1

- les garanties financières de 50 000€ pour le démantèlement et la remise en état du site sont notablement insuffisantes elles devraient être de 300 000€.

Le calcul du montant des garanties financières est donné dans l'annexe 1 de l'arrêté du 26 août 2011 : $M = N \times Cu$ (N = nombre d'unité de production d'énergie et Cu est le coût unitaire forfaitaire correspondant au démantèlement d'une unité, à la remise en état des terrains, à l'élimination ou à la valorisation des déchets généraux. Ce coût est fixé à 50 000 euros. Ce qui représente dans le cas du projet de Sévigny, un montant supérieur à 250 000 euros.

- le dossier administratif de 1 500 pages est fait pour noyer le poisson et décourager les remarques.

Le contenu du dossier de demande d'autorisation d'exploiter est réglementé par les articles R 181-13 et D181-15-2 du code de l'environnement.

- le secteur est en overdose d'éoliennes. L'étude sur l'avifaune et les chiroptères conclut que l'importance des populations est faible, conséquence pour Monsieur Camuzeaux du parc éolien. Ces nouvelles implantations diminueront encore plus cette faune.

Un suivi des populations de chiroptères et d'avifaune sera mis en place, conformément à l'arrêté ministériel du 11 août 2011 au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement puis une fois tous les 10 ans. Des mesures correctives seront prises (arrêt du fonctionnement de l'éolienne selon des conditions de vent et de température, ...).

La mortalité des oiseaux liée aux éoliennes est comprise entre 0 et 60 par éolienne et par an (Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, MEDD). Ces chiffres varient avec la sensibilité de chaque site mais restent relativement faibles au regard des impacts d'autres infrastructures (ligne haute tension, véhicules, surfaces vitrées). À titre de comparaison, le réseau routier « tue » 30 à 100 oiseaux/km/an (réseau autoroutier français = 10 000km) (Source : Ligue de Protection des Oiseaux (LPO)).

- l'étude environnementale réalisée par Envol Environnement situé Sévigny Waleppe dans la Marne, Monsieur Camuzeaux s'interroge sur le professionnalisme d'Envol Environnement. Nous ne comprenons pas la remarque de Monsieur Camuzeaux.

En effet, la seule référence au département de la Marne dans l'étude écologique d'Envol Environnement est à la page 92 où il est fait mention de l'inventaire des espèces patrimoniales :

« D'après la Carte 18, les principaux bastions de l'espèce sont situés dans le département de la Marne, dans le Nord-ouest de l'Aisne ainsi que dans le département de l'Oise. Nous notons qu'un nid a été recensé à 4,5 kilomètres au Sud du projet ce qui traduit la possible reproduction de l'espèce non loin du site. »

- pour 3 éoliennes sur 5, la distance de 200 mètres entre les éoliennes et l'espace boisé n'est pas respectée. Y a-t-il un arrêt des éoliennes prévu aux périodes sensibles pour les chiroptères.

En page 405 de l'étude écologique d'Envol Environnement de novembre 2018 :

« 2.3.4. La mise en place d'un système d'asservissement des éoliennes situées en boisement Bien que les éoliennes E3, E4, E5 et E6 soient situées à plus de 100 mètres de tout boisement, nous proposons la mise en place d'un dispositif de bridage préventif sur les éoliennes E3, E4, E5 et E6 du 01 avril au 30 septembre.

Notons que pour les différentes périodes étudiées, l'étude d'impact a mis en avant des risques très faibles de collisions et de barotraumatisme. »

- quelles preuves y a-t-il que le bridage sera efficace, contrôlé et sur quelle durée.

Le site fera l'objet d'un suivi des chiroptères conformément à l'arrêté ministériel du 11 août 2011 au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement puis une fois tous les 10 ans. Ce suivi doit permettre d'estimer la mortalité des chiroptères et des oiseaux due à la présence d'éoliennes. Par ailleurs les parcs éoliens sont classés ICPE, l'inspecteur des installations classées peut donc vérifier à tout moment le respect des prescriptions qui seront inscrites dans l'arrêté d'autorisation du parc éolien.

-Monsieur Camuzeaux aimerait connaître les résultats des suivis environnementaux et par quel organisme ont-ils été réalisés.

En page 293 de l'étude écologique d'Envol Environnement de novembre 2018 :

« Pour nous permettre d'avoir une idée de la sensibilité de la zone d'étude, nous avons synthétisé les résultats du suivi post-implantation (comportemental et de mortalité) du parc éolien existant dénommé « Energie du Porcien ». Ce suivi a été réalisé par le bureau d'études Ecosphere au cours de l'année 2016, sollicité par la société Akvo Energy. Cette étude a visé

le suivi des comportements des chiroptères et le suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux.»
Les suivis écologiques post implantation du parc éolien Energie du Porcien sont en annexe de l'étude en page 430.

- Monsieur Camuzeaux s'interroge sur l'implantation en U des éoliennes ce qui pour lui représente un piège infranchissable pour toute la population animale.

Les implantations ont été étudiées en fonctions des contraintes environnementales, écologiques, paysagères étudiées par les bureaux d'études Jacques et Chatillon et Envol.
L'implantation retenue a pris en compte les recommandations formulées en faveur de la protection de l'avifaune par une préservation maximale des haies et des lisières qui servent de zones de refuge, de haltes et de reproduction de l'avifaune sur le site.
La totalité des éoliennes sera installée en dehors des espaces vitaux identifiés des espèces patrimoniales inventoriées. Les zones d'observation de l'«Cdicnème criard et du Busard Saint-Martin ont été évitées.

- Pourquoi le projet ne s'inspire-t-il pas de ce que fait l'Allemagne en matière d'éclairage des éoliennes.
Concernant les nuisances lumineuses nocturnes, l'armée de l'air et la Direction Générale de l'Aviation Civile nous imposent des règles précises pour le balisage des parcs éoliens. Nous ne sommes donc pas décisionnaires.

En revanche, un groupe de travail piloté par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire travaille avec la Défense sur une réforme de ces balisages pour les rendre moins prégnants dans le paysage, notamment nocturne.

- Pourquoi affirmer que l'église de Sévigny Waleppe classée depuis 1995, étant déjà en co-visibilité avec des éoliennes existantes ne craint pas l'ajout de nouvelles éoliennes.

En page 116 de l'étude paysagère :

« Il y a une covisibilité directe entre le parc éolien de Sévigny-Waleppe Sud, les éoliennes du projet et l'église de Sévigny-Waleppe, classée monument historique. Cependant, le rapport d'échelle entre la partie visible de cette église, en période hivernale comme sur le photomontage, et la taille des éoliennes est harmonieux. En effet, l'éolienne la plus proche y est perçue comme de taille inférieure à la partie de l'église que l'on peut voir. Le recul est donc suffisant pour garder ce rapport d'échelle.
En période estivale, les arbres localisés devant cette église créent un filtre végétal ne laissant dépasser principalement que la flèche. Globalement, le village de Sévigny-Waleppe possède

un couvert végétal important permettant de limiter les covisibilités entre la silhouette de la commune et le projet. »

- Pourquoi la Mission Régionale d'Autorité Environnementale émet elle un avis subjectif tout à fait contestable sur une photo prise de la grange au bois.

La MRAE reprend des éléments de l'étude paysagère : page 119

Le photomontage 12 (Figure 65) illustre les vues sur le projet depuis la ferme de la Grange aux Bois située au Sud du projet. Le relief remonte légèrement en direction du projet ; les éoliennes du projet sont ainsi situées sous la ligne d'horizon et ne sont donc pas entièrement visibles. L'implantation entre les éoliennes du projet et celles des parcs de Sévigny-Waleppe Nord et Sud permet des interdistances semblant régulières et par conséquent des alignements. L'implantation homogène induit une certaine lisibilité de l'implantation.

De plus, la partie Nord de la Grange aux Bois est constituée d'un haut muret le long de la parcelle, limitant les vues sur le projet.

L'incidence visuelle du projet aux limites de la Grange aux Bois vient renforcer l'incidence existante, créée par les parcs construits. De plus, ces éoliennes sont bien intégrées dans le paysage éolien visible depuis la Ferme, en se positionnant dans un espace déjà occupé par la composante éolienne. Elles modifient peu le paysage, créant une incidence visuelle supplémentaire faible à modérée.

Annexe 1

ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE

Rapport, le 9 mai 2017

<http://www.academie-medicine.fr/mardi-9-mai-2017-a-14h30/>

NUISANCES SANITAIRES des éoliennes terrestres

Patrice TRAN-BA-HUY *
au nom d'un groupe de travail ** rattaché à la Commission XIV
(Déterminants de santé – Prévention - Environnement)

Un rapport exprime une prise de position officielle de l'Académie. L'Académie saisie dans sa séance du mardi 9 mai 2017, a adopté le texte de ce rapport avec 92 voix pour, 1 voix contre et 4 abstentions.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en rapport avec le contenu de ce rapport.

L'extension programmée de la filière éolienne terrestre soulève un nombre croissant de plaintes de la part d'associations de riverains faisant état de troubles fonctionnels réalisant ce qu'il est convenu d'appeler le « syndrome de l'éolienne ». Le but de ce rapport était d'en analyser l'impact sanitaire réel et de proposer des recommandations susceptibles d'en diminuer la portée éventuelle. Si l'éolien terrestre ne semble pas induire directement des pathologies organiques, il affecte au travers de ses nuisances sonores et surtout visuelles la qualité de vie d'une partie des riverains et donc leur « état de complet bien-être physique, mental et social » lequel définit aujourd'hui le concept de santé.

* Membre de l'Académie nationale de médecine
** Membres du groupe de travail : CH, Chouard, E. Cabanis, A. Chays, MT, Hermannge, Y. Toulou et présidé par P. Tran Ba Huy.

Dans le double souci d'améliorer l'acceptation du fait éolien et d'atténuer son retentissement sanitaire, direct ou indirect, le groupe de travail recommande :

- s'assurer que, lors de la procédure d'autorisation, l'enquête publique soit conduite avec le souci d'informer pleinement les populations riveraines, de faciliter la concertation entre elles et les exploitants, et de faciliter la saisine du préfet par les plaignants ;

- n'autoriser l'implantation de nouvelles éoliennes que dans des zones ayant fait l'objet d'un consensus de la population concernée quant à leur impact visuel, sachant que l'augmentation de leur taille et leur extension programmée risquent d'altérer durablement le paysage du pays et de susciter de la part de la population riveraine – et générale – opposition et ressentiment avec leurs conséquences psychiques et somatiques ;

- systématiser les contrôles de conformité acoustique dont la périodicité doit être précisée dans tous les arrêtés d'autorisation et non au cas par cas ;

- encourager les innovations technologiques susceptibles de restreindre et de « brider » en temps réel le bruit émis par les éoliennes et d'équiper les éoliennes les plus anciennes ;

- ramener le seuil de déclenchement des mesures d'émergence à 30 dB A à l'extérieur des habitations et à 25 à l'intérieur, (tout en laissant les éoliennes sous le régime des Installations Classées pour le Protection de l'Environnement) ;

- entreprendre, comme recommandé dans le communiqué du 8 mars 2006*, une étude épidémiologique prospective sur les nuisances sanitaires.

* « Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme »

<http://www.academie-medicine.fr/publication10035507/>

Contenu

INTRODUCTION	5
I. LE RAPPORT DE 2006, LEGISLATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES	5
II. LE SYNDROME DES EOLIENNES	5
III. LES NUISANCES SANITAIRES	5
1. Les nuisances visuelles	6
2. Les nuisances sonores	6
3. Les facteurs psychologiques	8
4. Synthèse des nuisances	9
IV. DISCUSSION ET ACTIONS POSSIBLES	9
V. LES RECOMMANDATIONS	11
RÉFÉRENCES	13
ANNEXES	17

INTRODUCTION

La filière éolienne terrestre constitue une alternative écologique aux besoins énergétiques croissants de nos sociétés industrielles. En termes de capacité de production, elle occupe aujourd'hui la deuxième place des énergies renouvelables (EnR), derrière la filière hydraulique mais devant les filières solaire et bioénergétique (Annexe I). Toutefois le développement de cette source d'EnR soulève un nombre croissant de plaintes de la part d'associations de riverains faisant état de troubles fonctionnels réalisant ce qu'il est désormais convenu d'appeler le « syndrome de l'éolienne ».

C'est pour répondre à ces plaintes que le Secrétaire Perpétuel de notre institution a confié à un groupe de travail l'actualisation du rapport sur « Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme » rédigé en 2006 sous l'autorité du Professeur Claude-Henri Chouard [1]. Sans ignorer ni minimiser le moins du monde les importantes implications socio-économiques, politiques, écologiques ou énergétiques du problème, il est posé ici en préambule que seuls ont été abordés et discutés les aspects sanitaires des éventuelles nuisances.

I. LE RAPPORT DE 2006, LEGISLATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES

Dans ses conclusions, ce rapport recommandait : i) la réalisation d'une enquête épidémiologique approfondie sur les dommages sanitaires, notamment audits, causés par les éoliennes ; ii) de suspendre à titre conservatoire la construction d'éoliennes d'une puissance supérieure à 2,5 MW à moins de 1500 mètres des habitations ; iii) de considérer les éoliennes comme des installations industrielles et qu'à ce titre elles soient soumises aux mêmes contraintes et réglementations, notamment en matière de nuisances sonores.

A la suite de diverses enquêtes et rapports, la loi du 12 juillet 2010 dite Grenelle 2 complétée par le décret du 23 août 2011 et l'arrêté du 26 août 2011 ne prenait en compte que la dernière recommandation puisqu'elle fixait à 500 mètres la distance minimale entre éoliennes et habitations, ne diligenterait aucune enquête épidémiologique, privait les présents rapporteurs de données sanitaires solides, mais plaçait toutefois les éoliennes sous le régime des installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)*

* Ce régime permet d'encadrer les ouvrages et installations susceptibles de générer des impacts significatifs sur le voisinage, la santé, la protection de la nature, etc. ainsi que des risques vis-à-vis de la sécurité des personnes.

Mais c'est la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (n°2015-992 du 17 août 2015) qui fixe désormais le cadre de la politique éolienne. Les principales dispositions pour notre propos en sont :

-la part des EnR dans le mix énergétique de la France est fixée à 32% à l'horizon 2030,

-la part de l'éolienne terrestre est définie par La Programmation Pluriannuelle des Energies (PPE) qui prévoit pour la filière éolienne un développement annuel visant à atteindre 15 000.

MW en 2018 et entre 21 800 et 26 000 MW en 2023 (au 30 juin 2016, environ 4 000 éoliennes regroupées au sein de 1 400 fermes produisaient une puissance de 10 850 MW). Elle devrait ainsi couvrir environ 10% de l'électricité consommée en France métropolitaine (contre 5% aujourd'hui),

-la distance entre habitations et éoliennes est maintenue à 500 mètres,

-une simplification administrative est assurée par la généralisation d'une procédure d'autorisation unique regroupant l'ensemble des autorisations nécessaires à la construction et à l'exploitation d'un parc éolien. Cette procédure unique est pérennisée dès le premier mars 2017 à travers une « autorisation environnementale » dispensant du permis de construire pour l'éolien terrestre.

II. LE SYNDROME DES EOLIENNES

Est regroupé sous ce vocable un ensemble de symptômes très divers [1,2,3,4] rapportés à la nuisance des éoliennes. On peut schématiquement les distinguer en : troubles du sommeil, fatigue, nausées, etc. ; neurologiques : céphalées, acouphènes, troubles de l'équilibre, vertiges, etc. ; psychologiques (stress, dépression, irritabilité, anxiété, difficultés de concentration, troubles de la mémoire, etc.) ; endocriniens (perturbation de la sécrétion d'hormones stéroïdes, etc.) ; cardio-vasculaires (hypertension artérielle, maladies cardiaques ischémiques, tachycardie, etc.) ; socio-comportementaux (perte d'intérêt pour autrui, agressivité, baisse des performances professionnelles, accidents et arrêts de travail, démenagement, dépréciation immobilière, etc.).

L'analyse de ces symptômes appelle les commentaires suivants : i) ils ne semblent guère spécifiques et peuvent s'inscrire dans ce qu'il est convenu d'appeler les Intolérances Environnementales Idiopathiques ; ii) certains symptômes, rares, peuvent avoir une base organique comme les troubles du sommeil ou les équivalents du mal des transports ; iii) la très grande majorité d'entre eux est plutôt de type subjectif, fonctionnel, ayant pour point commun les notions de stress, de gêne, de contrariété, de fatigue... ; iv) ils ne concernent qu'une partie des riverains, ce qui soulève le problème des susceptibilités individuelles, quelle qu'en soit l'origine (cf. infra).

III. LES NUISANCES SANITAIRES

Si l'on excepte les risques traumatiques liés aux bris de pales, projections de blocs de glace l'hiver dont l'occurrence reste exceptionnelle, trois facteurs concourent aux doléances exprimées :

1. Les nuisances visuelles

La stimulation lumineuse stroboscopique liée à la rotation des pales lorsqu'elles sont observées sous un certain éclairage a été dénoncée comme étant susceptible de provoquer des crises d'épilepsie.

Le clignotement des feux de signalisation, par son caractère répétitif et obsédant la nuit, est également dénoncé par des associations de plaignants.

La défiguration du paysage constitue, par son retentissement psychologique et la dévalorisation immobilière qu'elle entraîne, une nuisance réelle sur laquelle nous reviendrons.

2. Les nuisances sonores

Le bruit est de loin le grief le plus souvent allégué par les plaignants.

i) Caractéristiques des fréquences éoliennes

Hormis dysfonctionnement mécanique ou accident imprévu, le bruit généré par le rotor de l'éolienne et par la rotation de ses pales, notamment lorsque celles-ci passent devant le mât, est essentiellement composé de basses fréquences et d'infra-sons (Annexe II). La gamme des fréquences perçues par l'oreille humaine s'étendant de 20 à 20 000 Hz, les basses fréquences sont - arbitrairement - comprises entre 100 et 20 Hz et les infra-sons au-dessous.

C'est donc dans ce spectre fréquentiel qu'il faut rechercher les causes possibles des troubles.

Les infrasons ont longtemps été considérés comme le facteur essentiel de nuisance [5] et une littérature considérable leur a été consacrée.

Etant situés au-dessous des 20 Hz, ils sont donc théoriquement inaudibles par l'oreille humaine, sauf s'ils sont présentés à une intensité suffisamment forte.

Leurs seuils d'audibilité en dB A (voir annexe III) ont fait l'objet de nombreux travaux [6,7,8]. A titre d'exemple, la figure et le tableau ci-dessous en donnent les valeurs.

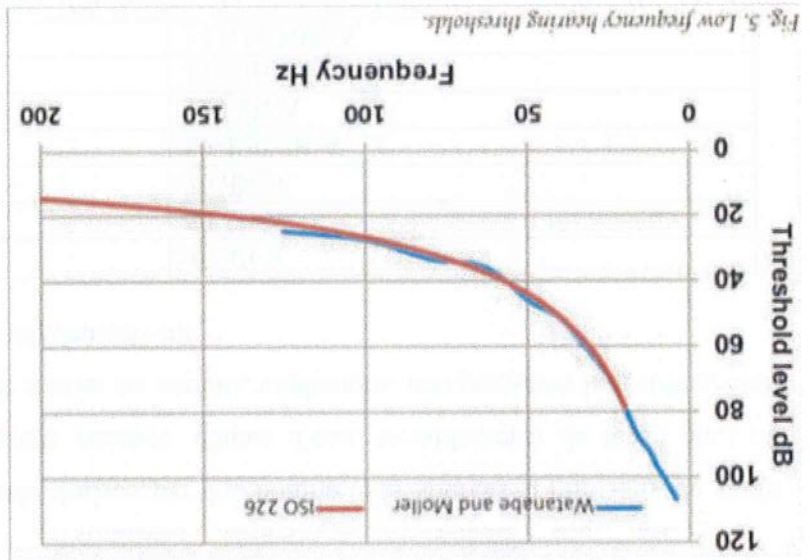


Tableau 1. Seuils d'audibilité d'après Watanabe et Moller [6]

Fréquences en Hz	Seuils d'audibilité en dB
20	12
16	82
12	90
8	98
4	107
2	115
1	120
20	75

Ces valeurs élevées sont confirmées par une étude utilisant l'IRMF [9] montrant qu'à la fréquence 12 Hz le seuil de réponse du cortex auditif (et uniquement lui) est de 110 dB SPL (et non dB A) (pour les problèmes techniques inhérents à la technique d'IRMF voir [10]).

Ces seuils d'audibilité très élevés sont à comparer aux mesures effectuées aux distances réglementaires minimales d'éloignement (500 mètres) qui montrent que l'intensité des infrasons et des basses fréquences émis par les éoliennes est faible, ne dépassant jamais 60 dB [11, 12,13](Tableau 2 et Annexe IV).

Le bruit éolien « entendu » et « rajouté » au bruit résiduel (bruit de fond) est donc essentiellement composé de *basses fréquences* mais, comme souligné plus bas, leur intensité demeure très faible et c'est dans d'autres caractéristiques que réside sans doute une nuisance possible (cf. infra).

Ces multiples données suggèrent qu'il est très improbable qu'aux intensités ainsi définies, les infrasons puissent être audibles par l'oreille humaine, ce qui ne signifie toutefois pas qu'ils ne puissent être ressentis (cf. infra).

Par comparaison également, signaux que les infrasons émis par notre propre corps (battements cardiaques ou respiration) et transmis à l'oreille interne au travers de l'aqueduc cochléaire sont plus intenses que ceux émis par les éoliennes [17].

Leventhall [16].

Tableau 4. Exemples d'intensités d'infrasons de sources naturelle ou artificielle. D'après

Rase campagne	40 dB A
Bruit d'un centre-ville	60 dB A
Ressac de la mer	70 dB A
Centrale électrique	80-120 dB A
Voyage en voiture vitres ouvertes	120 dB A
Tempête	135 dB A
Cabine d'hélicoptère	115-150 dB A

[15, 16] sont présentées dans le tableau suivant. Pour comparaison, les intensités émises par les nombreuses sources d'infrasons de notre environnement, naturelles (vagues océanes, chutes d'eau, tremblements de terre, etc.) ou artificielles (vibrations du trafic routier ou aériens, explosions, compresseurs industriels, etc.)

Adams [14].

Tableau 3. Seuils de gêne occasionnée par les infrasons. D'après Moorhouse, Waddington et

Fréquences en Hz	6	12	16	20
Intensités en dB A	92	87	83	74

D'un point de vue clinique, les seuils au-delà desquels les infrasons seraient susceptibles d'occasionner une gêne sont mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 2. Bruit généré par une ferme de 10 éoliennes. D'après Hayes McKenzie [12].

Fréquences en Hz	11-22	31	63	125
Intensités en dB A mesurées à 500 mètres	55	55	54	50
Intensités en dB A mesurées à 816 mètres	52	52	52	48

iii) Pathogénie

Par quel(s) mécanisme(s), le bruit ainsi défini peut-il expliquer les manifestations cliniques du syndrome éolien? Trois sont décrits dans la littérature.

- *Une stimulation de l'oreille interne.*

. Une étude [18] conclut que : i) les infrasons provoquent une réponse des cellules ciliées externes de la cochlée alors qu'ils ne sont pas perçus par les cellules ciliées internes, seules cellules réellement sensorielles, et sont donc « inaudibles » ; ii) des impulsions de 0,3 Hz semblent induire un flux d'endolymphe vers le sac endolympatique ; iii) les cellules ciliées vestibulaires, quoique codant les fréquences < à 30 Hz, ne répondent pas aux infrasons véhiculés par voie aérienne.

Cet article très fréquemment cité suggère que les infrasons peuvent affecter l'oreille. En réalité, son analyse appelle les remarques suivantes : i) il ne s'agit pas d'un travail clinique ni expérimental mais théorique, reposant sur l'analyse de modèles et de données électrophysiologiques, biomécaniques, et acoustiques ; ii) ses conclusions sont prudentes, les auteurs estimant qu'à l'état normal les infrasons, quoiqu'« inaudibles » par l'oreille humaine, pourraient certes influencer la physiologie de l'oreille interne – mais par forcément sa fonction, hormis pathologie préexistante (type maladie de Menière ou déhiscence canalaire).

Une deuxième étude [19] menée sur trois familles ayant « déménagé » pour cause de nuisances met en cause une stimulation des otolithes, structures calcaires surplombant l'épithélium sensoriel de l'utricule et du saccule, ce que confirme une autre étude expérimentale [20]. Les symptômes rapportés par certains membres de ces familles étaient similaires à ceux du mal des transports, lequel est provoqué par des très basses fréquences inférieures à 1 Hz. C'est à 0,8 Hz et surtout à 0,2 Hz que la réponse otolithique serait la plus intense. Ainsi, les infrasons produits par les éoliennes pourraient déclencher chez les riverains prédéposés des symptômes identiques à ceux du mal des transports. On peut toutefois signaler que cette étude est en contradiction avec l'étude précédente qui suggère que les cellules ciliées vestibulaires sont très peu sensibles aux basses fréquences.

Une autre étude [11] incrimine également les pulsations pressionnelles infrasoniques qui pourraient stimuler le système vestibulaire. Il en résulterait des symptômes classiquement observés dans les pathologies vestibulaires.

- *Une stimulation d'organes viscéraux*

- *L'effet « nocebo »*

Toute nouvelle technologie charrie son lot de peurs et de fantasmes et peut fournir une explication rationnelle à des troubles fonctionnels pré-existants. Une étude scandinave montre en effet qu'en l'absence de tout environnement nocif un nombre significatif d'individus se plaignent de symptômes divers (gastro-intestinaux, musculaires, névralgiques, etc.) [32,33].

- *L'incidence des nouvelles technologies*

Qu'ils soient provoqués par ou associés aux nuisances visuelles et sonores, les facteurs psychologiques jouent un rôle probable dans leur ressenti [2,25,31,32]. Ces facteurs ont été souvent discutés dans la littérature et peuvent être regroupés en quatre rubriques.

3. Les facteurs psychologiques

Une autre étude [11] suggère que certaines basses fréquences (autour de 30 Hz) interféreraient avec les ondes « Beta » cérébrales du sommeil qui sont associées avec les réactions d'alerte, de stress et d'anxiété. Cette interférence expliquerait les troubles du sommeil. Mais ce mécanisme est très controversé.

Toutes les données de la littérature concordent pour souligner l'effet très négatif du bruit sur le sommeil. De fait, les troubles du sommeil représentent sans doute la doléance la plus constante des riverains. Ils sont d'ailleurs objectivés par les enregistrements somnographiques effectués par des cliniques du sommeil. Ces études concluent qu'à l'intérieur d'un périmètre de 1,5 km le bruit émis par les éoliennes perturberait la qualité du sommeil [23-30].

- *Une action directe du bruit sur le sommeil*

La propagation aérienne des ondes acoustiques pressionnelles de basses et très basses fréquences et/ou leurs harmoniques provoquerait des phénomènes de résonance dans les cavités thoraciques et abdominales contenant de l'air, expliquant les sensations de vibration ou de pulsation ressenties [21] (cf. Annexe III). On ne peut nier également le rôle possible des propriocepteurs cutanés procurant une sensation vibro-tactile. Toutefois ces mécanismes extra-auditifs ne semblent survenir qu'aux fortes intensités.

Il s'agit de l'inverse de l'effet placebo, consistant en l'induction psychologique d'une douleur ou d'une douleur [34]. Cet effet semble bien pouvoir s'appliquer aux infrasons. Une récente étude néozélandaise conduite en double aveugle a comparé les effets d'une exposition de 10 minutes soit à une stimulation placebo (c'est-à-dire au silence), soit à des infrasons, sur des sujets recevant préalablement une information soulignant soit les méfaits, soit l'innocuité de ces derniers. Seuls les sujets ayant reçu les informations négatives rapportèrent des symptômes, qu'ils aient été ou non soumis à l'exposition aux infrasons !!! [34,36,37]. Cette expérience souligne le rôle éventuellement négatif de certains médias et autres réseaux sociaux.

En d'autres termes, la crainte de la nuisance sonore serait plus pathogène que la nuisance elle-même.

- Les facteurs individuels

Le fait que seule une partie de la population riveraine manifeste une gêne peut s'expliquer par les écarts inter-individuels de sensibilité auditive qui peuvent atteindre jusqu'à 15 dB [38] ainsi que par l'existence d'une pathologie auditive type hyperacousie ou presbyacousie à l'origine d'un recrutement (c'est-à-dire un pincement du champ de confort auditif).

Mais la personnalité des sujets joue également un rôle manifeste. Certains profils, émotifs, anxieux, fragiles, hypochondriaques voire « écologiquement engagés » prêteront une attention « négative » à toute perturbation de leur environnement. D'un point de vue médical, il ne peut être nié que ces facteurs soient responsables de symptômes psychosomatiques (insomnie, dépression, troubles de l'humeur, etc.), lesquels, fragilisant l'individu, peuvent à terme retentir sur sa santé.

De plus la sensation de violation de leur habitat, espace-refuge, par une intrusion sonore – ou plus encore - visuelle ne peut que majorer cette « attention négative ».

- Les facteurs sociaux et financiers.

Plusieurs facteurs contribuent fortement à susciter des sentiments de contrariété, d'insatisfaction voire de révolte [29,35,36,39,40] : i) sentiment d'être mis devant le fait accompli et d'être impuissant face aux pouvoirs publics qui apparaissent inaccessibles voire indifférents aux plaintes et réclamations déposées par les riverains ; ii) mécontentement des

riverains dont le bien immobilier est dévalué par la présence d'engins inesthétiques polluant leur panorama quotidien ; iii) diffusion via notamment les médias, les réseaux sociaux voire certains lobbies d'informations non scientifiques accordant des rumeurs pathogéniques non fondées ; iv) absence d'intéressement aux bénéfices financiers... Ce dernier point mérite attention. En effet, des études épidémiologiques ont clairement montré que l'intéressement des riverains aux retombées économiques diminuait significativement le nombre de plaintes [41]. Rappelons ici que les redevances versées par les exploitants ne profitent qu'aux propriétaires ou locataires, fermiers bien souvent, des terrains utilisés ou à la communauté des communes.

4. Synthèse des nuisances

Une analyse critique des nuisances énoncées ci-dessus conduit aux conclusions suivantes.

Le rôle négatif des **facteurs visuels** ne tient pas à une *stimulation stroboscopique*. Si celle-ci peut certes provoquer à certaines heures de la journée et dans certaines conditions une gêne assimilée par les plaignants à « une alternance d'éclairage et de pénombre » dans leurs lieux d'habitation, le risque d'épilepsie dite photosensible, lié aux « ombres mouvantes » (shadow flickers), ne peut être raisonnablement retenu car *l'effet stroboscopique* de la lumière « hachée » par la rotation des pales nécessite des conditions météorologiques et horaires exceptionnellement réunies [42,43] et aucun cas d'épilepsie n'est avéré à ce jour. De même le *rythme de clignotement des feux de signalisation* est-il nettement situé au-dessous du seuil épiléptogène.

En revanche *la défiguration du paysage* par des structures considérées comme inesthétiques voire franchement laides par les riverains plaignants doit être considérée comme relevant non d'un problème d'esthétique environnementale (le temps influera probablement sur nos critères de beauté architecturale) mais d'une réelle nuisance sanitaire. En effet, la « pollution visuelle » de l'environnement qu'occasionnent les fermes éoliennes avec pour corollaire la dépréciation immobilière des habitations proches génère des sentiments de contrariété, d'irritation, de stress, de révolte avec toutes les conséquences psychosomatiques qui en résultent [32]. Et les impressions persistantes de développement de l'éolien terrestre (l'installation d'environ 500 nouvelles éoliennes dont la hauteur devrait atteindre 200 mètres ou plus est prévue pour les 5 ans à venir !) ne pourront qu'amplifier des sentiments en voie d'être partagés par une proportion croissante de la population française.

Curieusement, cette nuisance visuelle ne semble pas ou très peu être prise en considération par les décisionnaires politiques ou les promoteurs et industriels concernés (étant posé qu'aucun d'entre eux n'installerait ou n'acquerrait une propriété à proximité d'un parc éolien !).

Le rôle de l'intensité du bruit éolien dans les symptômes allégués est diversement appréciée dans la littérature. Majeur pour l'OMS, il est contesté par d'autres auteurs. Toutes les études montrent en effet que cette intensité est relativement faible, restant souvent très en-deçà de celles de la vie courante, lesquelles dans une étude scandinave menée dans une municipalité de banlieue varient de 45 à 72 dB A [44]. Par ailleurs, les plaintes ne semblent pas directement corrélées à cette intensité [45].

Le rôle des infrasons, souvent incriminé [5], peut être raisonnablement mis hors de cause à la lumière des données physiques, expérimentales, et physiologiques mentionnées plus haut [45,47,48] sauf peut-être dans la survenue de certaines manifestations vestibulaires, toutefois très mineures en fréquence par rapport aux autres symptômes.

En revanche, *le caractère intermittent, aléatoire, imprévisible, envahissant du bruit généré par la rotation des pales*, survenant lorsque le vent se lève, variant avec son intensité, interdisant toute habitude, peut indubitablement perturber l'état psychologique de ceux qui y sont exposés. Ce sont notamment *les modulations d'amplitudes* causées par le passage des pales devant le mât qui sont dénoncées comme particulièrement dérangeantes [49].

En tout état de cause, *les nuisances sonores semblent relativement modérées aux distances « réglementaires », et concerner surtout les éoliennes d'anciennes générations.*

Il convient par ailleurs de souligner que ces nuisances *n'affectent qu'une partie des riverains* variant selon diverses enquêtes de 4 à 20 % d'entre eux^(25,43), valeurs à rapprocher de celles établies par des études canadiennes et britanniques estimant que près de 10% de la population générale est gêné par les sources habituelles de nuisances sonores (trafic routier, aérien, ferroviaire, etc.) [45,50].

En résumé, *les nuisances sanitaires semblent avant tout d'ordre visuel (défiguration du paysage et ses conséquences psychosomatiques) et à un moindre degré sonore (caractère intermittent et aléatoire du bruit généré par les éoliennes d'anciennes générations).* Au plan médical, *le syndrome des éoliennes réalise une entité complexe et subjective dans l'expression clinique de laquelle interviennent plusieurs facteurs.* Certains relèvent de

l'éolienne, d'autres des plaignants, d'autres encore du contexte social, financier, politique, communicationnel.

IV. DISCUSSION ET ACTIONS POSSIBLES

Ces facteurs de nuisances étant identifiés, l'analyse de la littérature médicale et scientifique (plus d'une soixantaine d'articles ont été publiés à ce jour sur les effets sanitaires des éoliennes) ne permet pas de démontrer que celles-ci - lorsqu'elles sont correctement situées - retiennent significativement sur la santé. En d'autres termes, aucune maladie ni infirmité ne semble pouvoir être imputée à leur fonctionnement [51, 52,53].

Le problème toutefois est que la définition de la santé a évolué et que, d'après l'OMS, elle représente aujourd'hui *un état de complet bien-être physique, mental et social*, ne consistant pas seulement en l'absence de maladie ou d'infirmité.

Dans cette acception, force est d'admettre que le syndrome des éoliennes, quelque subjectifs qu'en soient les symptômes, traduit une souffrance existentielle, voire une détresse psychologique, bref une atteinte de la **qualité de vie qui, toutefois, ne concerne qu'une partie des riverains** [54].

Une action mérite donc d'être engagée pour obtenir une meilleure acceptation du fait éolien imposé par les autorités publiques et limiter la dégradation de la qualité de vie ressentie par les plaignants.

1. Lutte contre le bruit

Pour autant que les nuisances sonores soient avérées, cette lutte pourrait reposer sur un certain nombre de mesures.

i) Protection sonore

Pour des raisons physiques bien établies (voir Annexe III), des mesures de protection contre les basses fréquences et les infrasons sont aujourd'hui *peu efficaces* : i) leur absorption par les murs ou autres obstacles est faible en raison de leurs grandes longueurs d'onde ; ii) leur

atténuation par éloignement de la source ne résout que partiellement le problème : 1 kilomètre diminue de 10 dB un son de 1000 Hz mais seulement de 0,1 dB un son de 10 Hz : iii) leur diffusion omnidirectionnelle rend difficile leur contention.

Sans doute les progrès technologiques voire architecturaux rendront-ils possible cette protection.

iii) *Plafonnement du bruit ambiant et principe d'émergence*

Le bruit généré par une ferme éolienne doit respecter le critère d'émergence (Annexe V).

Celui-ci conduit à d'abord définir le *bruit résiduel* : il s'agit du bruit de fond mesuré au niveau des habitations situées au plus près du site d'implantation. On peut alors définir le *bruit ambiant*, somme du bruit de fond et de celui rajouté de celui de l'éolienne.

Deux situations se présentent alors :

- le bruit ambiant ne dépasse pas 35 dB A, aucune règle ne s'applique au bruit de l'éolienne,

- le bruit ambiant dépasse 35 dB A, on introduit alors le principe d'émergence.

Le principe d'émergence stipule que le bruit de l'éolienne doit être limité de telle façon que le bruit ambiant ne dépasse pas le bruit résiduel de 5 dB A le jour (de 7 à 22h) et de 3 dB A la nuit (de 22 à 7 h) (voir Annexe V).

Pour simple exemple, si le bruit résiduel est mesuré en un point à 45 dB, le bruit émis par l'éolienne sera limité de telle façon qu'en ce point le niveau sonore ambiant ne dépasse pas 50 dB A dans la journée et 48 dB A la nuit.

Ce critère d'émergence maximale appelle les remarques suivantes :

1. *Le bruit résiduel* varie au cours de la journée en fonction de multiples facteurs : conditions climatiques (vent, humidité, température, etc.), activités environnementales (trafic, nature, etc.), topographie des lieux, etc.

Le respect du critère d'émergence nécessite donc un monitoring en temps réel qui, d'après certains témoignages, n'est pas assuré dans tous les parcs éoliens.

2. L'éloignement des éoliennes

Notons toutefois que ces mesures n'agiraient pas sur le caractère irrégulier, aléatoire, du bruit généré même atténué.

souhaitable.

semble déjà exister et sa généralisation sur toutes les éoliennes, même anciennes, serait fonctionnellement voire l'arrêt des éoliennes, constitue la solution de choix. Cette technologie localisant les sources sonores prédominantes et déclenchant automatiquement une baisse de performances, basées sur un monitoring acoustique estimant les émergences en temps réel, l'orientation des pales face au vent et devant le mat. La mise en place de modes de bridage pales ou Dinotail placées sur le bord de fuite des pales), ou en une modification de consistant par exemple en des ajouts aérodynamiques (type ailettes intégrées sur la surface des Des améliorations techniques visant à réduire les turbulences ont été et sont développées

Significative, elle ferait taire toute critique vis-à-vis des nuisances sonores.

iii) *Diminution du niveau de la source sonore.*

droit d'exiger ne sont pas systématiquement effectués (voir annexe VI).

Par ailleurs, certaines associations signalent que les contrôles acoustiques qu'elles ont en de ne pas dépasser 40 dB A à la façade des habitations (l'ANSES recommandant 42 dB A).

Pour comparaison, il est intéressant de noter qu'en matière de transport, l'OMS recommande éoliennes étant « favorisées » par rapport aux autres bruits ordinaires...

2. Le *bruit ambiant* se situerait en moyenne de 30 à 50 dB A [55]. Mais il n'est pas plafonné. Ceci signifie que même si le bruit résiduel est important, ce principe autorise un « rajout » de 5 dB le jour et de 3 dB la nuit.
3. Par ailleurs, ce seuil de 35 dB est supérieur à celui défini pour les bruits perçus dans les autres types d'habitations (c'est-à-dire non concernées par les fermes éoliennes). Pour ces dernières, le seuil est fixé à 30 dB à l'extérieur des habitations et à 25 dB à l'intérieur (article R1334-32 et R1334-33 du code de Santé Publique - décret du 31 août 2006). En d'autres termes, le seuil à partir duquel intervient une limitation de 5 dB à un ajout sonore (bruits de voisinage, etc.) dépend du type d'émetteur du bruit, les éoliennes étant « favorisées » par rapport aux autres bruits ordinaires...

V. LES RECOMMANDATIONS

Manifesteront les doléances manifestées par de nombreuses associations suggèrent que cette phase d'enquête publique n'est pas conduite avec la rigueur suffisante. De même, les requêtes pour non-conformité aux critères d'émergence sonore doivent-elles être davantage entendues et satisfaites. De nombreux riverains se plaignent de s'être heurtés à un « mur préfectoral ».

L'analyse des doléances montre que beaucoup de riverains se plaignent d'avoir été mis devant le fait accompli, n'apprenant l'installation d'une ferme que lorsque débute le chantier d'implantation. Les procédures d'installation de fermes éoliennes prévoient pourtant qu'une campagne publique d'information est organisée dans un périmètre de 6 Kms autour du futur site (Annexe VI) et que toute la population concernée puisse exprimer son avis, ses suggestions voire éventuellement ses contre-propositions.

i) L'information du public

En tout état de cause, la nuisance sonore des éoliennes de nouvelles générations ne paraît pas suffisante pour justifier un éloignement de 1000 Mètres.

Afin d'atténuer l'impact sonore, réel ou supposé, des éoliennes, il serait tentant de reprendre la recommandation de 1000 mètres. Mais cette recommandation se heurterait à plusieurs objections d'ordre politique et industriel : i) une telle mesure impliquerait l'arrêt d'environ la moitié des chantiers de construction actuellement en cours ; ii) l'éloignement des éoliennes aurait peu d'impact, les constructeurs augmentant alors leur puissance et donc leur niveau d'émission sonore tout en respectant les critères acoustiques d'émergence au site d'habitation ; iii) l'adoption d'un minimum de 1000 mètres en réduisant la superficie des fermes compte tenu des terrains disponibles en France réduirait – selon des sources politiques et industrielles - significativement la couverture des régions en électricité (pour autant que les autres sources d'approvisionnement, notamment nucléaire, fassent défaut).

La distance entre premières habitations et éoliennes fait l'objet de réglementations ou de recommandations variables en Europe, aux Etats-Unis, au Canada, etc. Elle varie ainsi de 500 à 2 000 mètres [1,56]. En France, comme signalé plus haut, elle est donc fixée à 500 mètres, les diverses démarches visant à la porter à 1 000 ou 1 500 mètres n'ayant finalement pas été retenues.

La décision de développer davantage encore l'énergie éolienne est un fait politique aujourd'hui gravé dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. La problématique de ce rapport était d'analyser la réalité de son impact sanitaire et de dégager des pistes susceptibles d'en diminuer la portée éventuelle.

L'éolien terrestre présente indubitablement des effets positifs sur la pollution de l'air et donc sur certaines maladies (asthme, BPCO, cancers, maladies cardio-vasculaires). Par ailleurs, il ne semble pas induire directement des pathologies organiques. Toutefois, il appert de l'étude de la littérature et des doléances exprimées par de multiples associations de riverains qu'au travers de ses nuisances sonores et surtout visuelles, il affecte la qualité de vie d'une partie des riverains et donc leur « état de complet bien-être physique, mental et social » lequel définit aujourd'hui le concept de santé.

Dans le double souci d'améliorer l'acceptation du fait éolien et d'atténuer son retentissement sanitaire, direct ou indirect, sur une frange de la population de riverains, le groupe de travail recommande :

-de faciliter la concertation entre les populations riveraines et les exploitants ainsi que la saisine du préfet par les plaignants, de s'assurer que l'enquête publique est conduite avec la rigueur décrite dans les textes et effectivement mise en œuvre, et de veiller à ce que les riverains se sentent mieux concernés par les retombées économiques, de déterminer la distance minimale d'implantation à la première habitation en fonction de la hauteur des nouvelles éoliennes afin de ne pas majorer leur impact visuel et ses conséquences psychiques et somatiques,

-de systématiser les contrôles de conformité acoustique dont la périodicité doit être précisée dans tous les arrêtés d'autorisation et non au cas par cas,

-d'encourager les innovations technologiques susceptibles de restreindre et de « brider » en temps réel le bruit émis par les éoliennes afin d'atténuer - malgré l'absence de preuves formelles de sa nocivité - les effets ressentis, et d'en équiper les éoliennes les plus anciennes,

-de revenir pour ce qui concerne leur bruit (et tout en laissant les éoliennes sous le régime des Installations Classées pour le Protection de l'Environnement) au décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits du voisinage (relevant du code de Santé publique et non de

celui de l'Environnement), ramenant le seuil de déclenchement des mesures d'urgence à 30 dB A à l'extérieur des habitations et à 25 à l'intérieur, -d'entreprendre, comme recommandé dans le précédent rapport, une étude épidémiologique prospective sur les nuisances sanitaires.

REFERENCES

- [1] Chouard CH et coll. Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme. Rapport à l'Académie Nationale de Médecine. Bull Natle Acad Med 2006; 190: 753-4.
- [2] Chapman S. Symptoms, diseases and aberrant behaviors attributed to wind turbine exposure. 2013 <https://www.tobacco.health.usyd.edu.au/assets/...>(In Rubin) Med 2006; 190: 753-4.
- [3] Colby WD, Dobie R, Leventhall G et al. Wind turbine sound and health effects. An expert panel review. American wind energy association and Canadian wind energy association. 2009.
- [4] Knopper LD, Olsson CA. Health effects and wind turbines: a review of the literature. Environmental Health 2011; 10: 78.
- [5] Alves-Pereira M, Castelo Branco NA. Vibracoustic disease : biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling. Progress in Biophysics Mol Biol 2007; 93: 256-79.
- [6] Watanabe T, Moller H. Low frequency hearing thresholds in pressure field and in free field. J Low Frequency Noise Vibration 1990; 9: 106-15.
- [7] Moller H, Pedersen SCS. Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise and Health 2004; 6: 37-57.
- [8] Moller H, Pedersen CS. Low-frequency noise from large wind turbines. J Acoust Soc Am 2011; 129: 3727-44.
- [9] Dommes E, Bauknecht et al. Auditory cortex stimulation by low-frequency tones: an fMRI study. Brain Res 2009; 130: 129-137.
- [10] Bola L., Zimmermann M., Mostowski et al. « Task specific reorganization of the auditory cortex in deaf humans », Proc Nat Acad Sci 2017, 01, doi :10.1073.
- [11] Ambrose SED, Rand RW. The Bruce McPherson Infrasound and low Frequency. Noise study 2011; 1-51.
- [12] Hayes McKenzie. The measurement of low frequency noise at three UK wind farms. BWEA website. 2006; 1-117.
- [13] McCunney RJ, Mundt KA, Colby WD et al. Wind turbines and Health : a critical review of the scientific literature. J Occup Environ Med. 2014; 55: 108-30.
- [14] Moorhouse AT, Waddington MD, Adams MD. A procedure for the assessment of low frequency noise complaints. J Acoust Soc Am 2009; 126: 1131-41.

- [15] Chatillon J. Perception des infrasons. Acoustique et techniques n°67. Leventhall G. Infrasound wind turbines : fact, fiction or deception. Can Acoust 2006; 34: 29-36.
- [17] Traboulsi R, Avon P. Transmission of infrasonic pressure waves from cerebrospinal to intralabyrinthine fluids through the human cochlear aqueduct : non-invasive measurements with acoustic emissions. Hear Res 2007; 233 : 30-9.
- [18] Salt A.N., Hullah T.E. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hear Res 2010; 268: 12-21. DOI 10.1016/j.heares.2010.06.007.
- [19] Shomer PD, Erdreich J, Pamidighantam PK et al. A theory to explain some physiological effects of the infrasonic emissions at some wind farm sites. J Acoust Soc Am 2015; 137: 1356—65.
- [20] Todd N. Tuning and sensitivity of the human vestibular system to low frequency vibration. Neurosci Lett 2008; 444: 36-41.
- [21] Pierpont N. Wind turbine syndrome : a report on a natural experiment. K-selected books. 2009. http://www.kselected.com/?page_id=6560
- [22] Chapman S, St George A, Walker K et al. The pattern of complaints about Australian wind farms does not match the establishment and distribution turbines. PLOS One 2013; 8:e76584.
- [23] Hulmes KI, Brink M, Basner M. Effects of environmental noise on sleep. Noise & Health 2012 ; 61 : 297-302.
- [24] Halperin D. Environmental noise and sleep disturbances: a threat to health. Sleep Sci 2014; 7: 209-11.
- [25] Jalali L, Nezhad-Ahmadi MR, Gohari M et al. The impact of psychological factors on self-reported sleep disturbance among people living in the vicinity of wind turbines. Environ Res 2016; 148: 401-10.
- [26] Bakker RH, Pedersen E, van den Berg GP et al. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. Sci Total Environ. 2012; 425: 42-51.
- [27] Nissenbaum MA, Aramini JJ, Hanning CD. Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health. Noise Health 2012; 14: 237-43.
- [28] Bernert RA, Joiner TE. Sleep disturbances and suicide risk : a review of the literature. Neuropsych Dis Treat 2007; 3: 735-43.
- [29] Jeffrey RD, Krogh C, Horner B. Effets indésirables sur la santé des éoliennes industrielles. Can Fam Physician 2013; 59: 473-5.

- [30] Hanning CD, Evans A. Wind turbine noise seems to affect health adversely and an independent review of evidence is needed. *BMJ* 201 ; 344:e1527.
- [31] Schmidt L. Investigation on psychoacoustical and non-acoustical moderators for annoyance evoked by wind turbine noise. *J. Acoust Soc Am* 2014; 135:n.4
- [32] Rubin GJ, Burns M, Wessely S. Possible psychological mechanisms for « windturbine syndrome ». *On the windmills of your mind. Noise Health* 2014; 16: 116-22.
- [33] Ihlebaek C, Eriksen HR, Ursin H. Prevalence of subjective health complaints in Norway. *Scan J Public Health* 2002; 30: 20-9.
- [34] Barsky AJ, Saintfort R, Rogers MP et al. Nonspecific medication side effects and the nocebo phenomenon. *JAMA* 2002; 287: 622-7.
- [35] Crichton F, Dodd G, Schmid G et al. Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines? *Health Psychol* 2013; 33: 360-4.
- [36] Crichton F, Petrie KJ. Health complaints and wind turbines : the efficacy of explaining the nocebo response to reduce symptom reporting. *Environ Res* 2015; 140; 449-55.
- [37] Baxter J, Morzaria R, Hirsch R. A case-control study of support/opposition to wind turbines: perception of health risk, economic benefit, and community conflict. *Energy Policy* 2013; 61: 931-43.
- [38] Nussbaum DS, Reinis S. Some individual differences in human response to infrasound. *UTIAS report 282, CN ISSN 0082-5255*. 1985.
- [39] Cowell R, Munday M. Acceptance, acceptability and environmental justice : the role of community benefits in wind energy development. *J Environ Plan Manag* 2011; 54: 539-57.
- [40] Fields JM. Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J Acoust Soc Am* 1993; 93: 2753-63.
- [41] Pedersen E, van den Berg F, Bakker R et al. Response to noise from wind farm in the Netherlands. *J Acoust Soc Am* 2009; 126: 634-43.
- [42] Harding G, Harding A, Wilkins A. Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy. *Epilepsia* 2008; 49: 1095-8.
- [43] Pedersen E, Larsman P. The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *J Environ Psych* 2008; 28: 379-89.
- [44] Öhrström E, Barrgård L, Andersson E et al. Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic. *J Acoustic Soc Am* 2007; 122: 2642-52.

- [45] Michaud DS, Feder K, Keith SE et al. Exposure to wind turbine noise : Perceptual responses and reported health effects. *J Acoust Soc Am* 2016; 139: 1443-54.
- [46] Leventhall G. Concerns about infrasound from wind turbines. *Acoustics Today* 2013; Vol 9: 30-8.
- [47] Lundquist P, Holmberg K, Lanström U. Annoyance and effects on work from environmental noise at school. *Noise Health*. 2000; 2: 39-46.
- [48] Bolin K, Bluhm G, Eriksson G et al. Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects. *Environ Res Lett* 2011, 6:106.
- [49] Independent Noise Working Group. Wind turbine amplitude modulation and planning control study. <https://www.heatonharris.com/reports-publications>.
- [50] Grimwood CJ, Skinner GJ, Raw GJ. The UK national noise attitude survey 1999/2000. *Proceedings of the Noise Forum Conference*. 2002 may 20; London CIEH.
- [51] ANSES <https://www.anses.fr/fr/content/impacts-sanitaires-du-bruit-generé-par-les-éoliennes>
- [52] Roberts JD, Roberts MA. Wind turbines : is there a human health risk? *J Environ Health*. 2013; 75: 8-13.
- [53] Mayo Clinic. Stress symptoms : effects on your body, feelings and behavior. 2011. Available from : <http://www.mayoclinic.com/health/stress-symptoms/SR00008D>.
- [54] Shepherd D, McBride D, Welch D et al. Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise Health* 2011; 13: 333-9.
- [55] British Wind Energy Association. 2010. <http://www.bwea.com/ref/noise.html>.
- [56] Position of the National Institute of Public Health – National Institute of Hygiene on wind farms. <http://pzh.gov.pl>
- [57] Dancer A, Franke R. Intracochlear sound pressure measurements in guinea pigs. *Hear Res* 1980; 2: 191-205.
- [58] Cerema. <http://www.cerema.fr/spip.php?page=sommaire>

Personnalités auditionnées

Jean-Louis BUTRE, Président de la Fédération de l'environnement durable

Olivier DAVID, sous-directeur du système électrique et des énergies renouvelables

Laurent DROIN, Directeur du Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit

Sylvain DROUIN, adjoint au chef du bureau des risques des industries de l'énergie et de la chimie, au sein du service des risques technologiques

Paul DUCLOS, Responsable Windustry France, Chargé de mission Eolien

Irène LAURET-DUCOSSON, EDF EN, Ingénieur acoustique

Marion LETRY, Déléguée générale adjointe, Syndicat des énergies renouvelables

Eric MARCHAL, Ingénieur des Mines, Expert auprès de l'AFNOR, Expert près la Cour d'Appel de Nancy, responsable du pôle R&D du groupe Venathec

Philippe MERLE, chef du service des risques technologiques

Aleksandra PIOTROWSKI, Toxicologie, EDF SA Services des études médicales

André POSOKHOW, Ancien commissaire aux comptes

Julien RAYNAL, Ingénieur de site éolien, Siemens SAS

Joris ROBILLARD, Ingénieur Environnement, Enercon GmbH France

Hervé TEXIER, Docteur en Sciences Physiques

Lory WAKS, adjoint au chef de la Mission bruit et agents physiques, au sein du Service des risques sanitaires liés à l'environnement, des déchets et des pollutions diffuses

Groupe de travail

Claude-Henri CHOUARD

Emmanuel CABANIS

André CHAYS

Marie-Thérèse HERMANGE

Yvan TOUITOU

Patrice TRAN BA HUY

ANNEXES

ANNEXE I. De quelques données sur l'énergie éolienne terrestre en France

L'énergie éolienne occupe aujourd'hui la deuxième place des énergies renouvelables (ENR) (25%), derrière la filière hydraulique (57%) et devant les filières solaire (14%) et bioénergétique (4%). Le Grand-Est, l'Occitanie et les Hauts-de-France possèdent les parcs éoliens les plus importants du territoire.

En termes de capacité de production, la France occupait fin 2015 en Europe la quatrième place derrière l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne.

Avec environ 4 à 5 000 éoliennes regroupées en 5 à 800 fermes (les chiffres varient selon les sources), elle représente à ce jour 11,166 GigaWatts installés assurant environ 5% de la consommation d'électricité en France métropolitaine.

La Programmation Pluriannuelle des Energies (PPE) prévoit pour la filière éolienne terrestre un développement annuel visant à atteindre 15 000 MW en 2018 et entre 21 800 MW et 26 000 en 2023 (au 30 juin 2016, environ 4 000 éoliennes regroupées au sein de 1 400 fermes produisaient une puissance de 10 850 MW) Elle devrait ainsi couvrir environ 10% de l'électricité consommée en France métropolitaine (contre 5% aujourd'hui),

Cette augmentation en puissance de l'éolien terrestre correspondra à l'installation d'environ 500 nouvelles éoliennes par an.

La durée de vie d'une éolienne est garantie 20 ans.

Pour de multiples raisons techniques et financières, l'éolien en mer ne peut représenter une alternative à l'éolien terrestre avant de nombreuses années.

phone correspond aux plus faibles sons audibles; la courbe 120 phones au seuil de la douleur.

Les Infrasons se propagent dans l'air à une vitesse identique à celle des ondes audibles, soit de l'ordre de 330m/s. La longueur d'onde d'un son étant inversement proportionnelle à sa fréquence, celle d'un infrason de 20 Hz est d'environ 16 mètres, c'est-à-dire très supérieure à la taille de la plupart des êtres vivants, notamment de l'homme.

Lorsqu'un corps, objet ou être vivant, est soumis à des infrasons parvenus par propagation aérienne, ce corps se trouve immergé dans un champ acoustique et verra une force s'exercer sur ses organes contenant de l'air et ne communiquant pas avec l'extérieur (c'est-à-dire, chez l'homme, la caisse du tympan, le tractus digestif, l'arbre respiratoire lorsque la glotte est fermée). Lorsque la propagation se fait en plus par voie solide, entraînant par exemple la vibration des murs d'une cavité aérienne, l'énergie absorbée par le corps, lorsqu'il touche une de ces parois, peut-être beaucoup plus importante.

Ainsi les infrasons peuvent-ils donner naissance à des phénomènes de résonance; la poitrine résonne entre 40 et 60 Hz, et l'abdomen faiblement entre 4 et 8 Hz. L'ouverture de la glotte permet au contenu aérien thoracique d'entrer en résonance à 1 Hz, si bien qu'aux alentours de 165 dB on peut observer une respiration passive modulée par l'infrason.

La diffusion de l'énergie sonore à partir de la source dépend de la nature du milieu dans lequel elle se propage et de la longueur d'onde émise. Un émetteur d'ultrasons rayonne pratiquement dans une seule direction. Au contraire, les ondes émises par un générateur d'infrasons sont pratiquement sphériques et rayonnent de tous côtés, de façon centrifuge et multidirectionnelle. La perte d'énergie en fonction de la distance est très importante pour les fréquences aiguës, faible pour les fréquences graves. Ainsi, à plusieurs centaines de mètres d'une source de bruit intense, il n'y a plus guère de fréquences aiguës, et seules persistent les médiums, les fréquences graves et les infrasons.

Les infrasons naturels (vent, tonnerre, etc.) font partie de l'environnement naturel de l'homme. Même s'ils sont inaudibles parce que d'intensité trop faibles, ils sont produits par de nombreuses activités quotidiennes :

À mesure que la fréquence d'un son baisse en dessous de la zone des fréquences conversationnelles (500-4000Hz), l'énergie nécessaire pour qu'il soit perçu par l'oreille humaine croît rapidement. De plus, dans ces gammes des basses fréquences, si, à de hautes intensités, l'oreille peut, jusqu'à 20 Hz, reconnaître une tonalité, en dessous de cette zone elle ne perçoit plus que des phénomènes distincts décrits comme des battements. Cette particularité contribue à la définition des infrasons. Mais 20 Hz est une limite floue, car la non-linéarité de l'oreille moyenne entraîne des distorsions responsables d'une perception sonore parasite variable.

TABLEAU 2 (d'après J. Rolland)

Fréquences de la source	Véhicule léger à 100 km/h	Camion roulant à 80 km/h	Train vitres ouvertes à 80 km/h	Eolienne 2 MW à 500 mètres
8 Hz	95	103	97	56
16 Hz	90	105	101	56
32 Hz	88	102	101	55
63 Hz	82	92		
125 Hz	78	88		50

TABLEAU 1. Exemples d'infrasons générés par certaines activités.

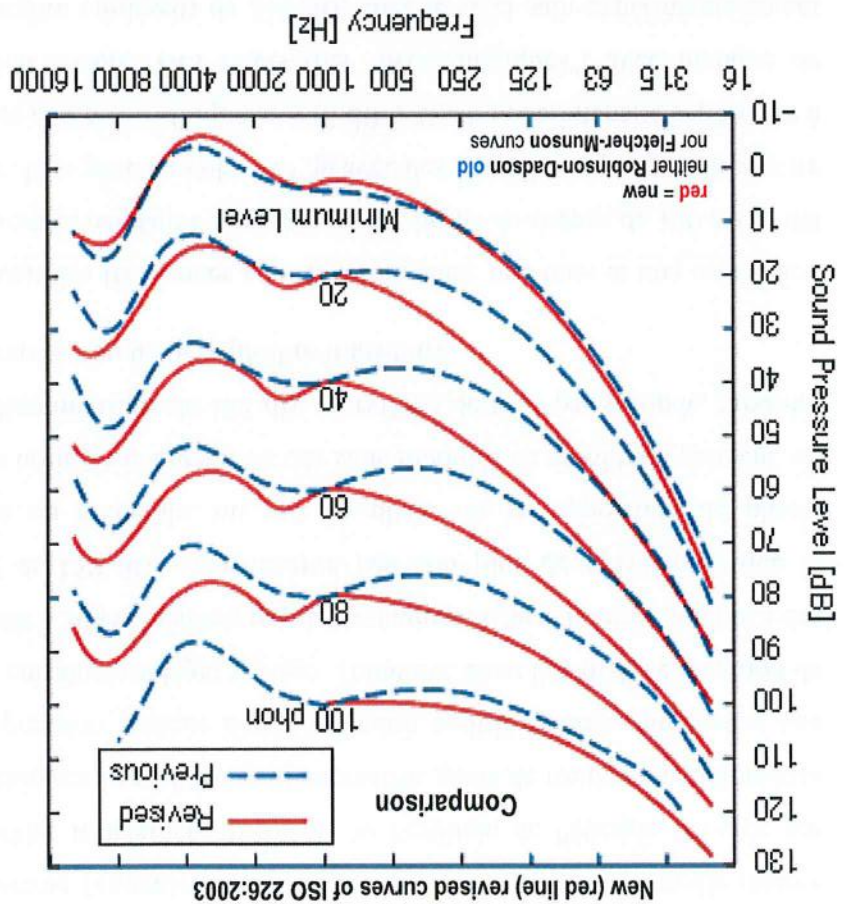
Types d'activité	
Running	90 dB à 2 Hz
Nage	140 dB à 0,5 Hz
Voyage en voiture vitres ouvertes	115 dB à 15 Hz
Grattage du conduit auditif externe	160 dB à 2 Hz
Salle de machines d'un paquebot	130-140 dB à 5-20 Hz

L'oreille moyenne est la première à souffrir à mesure qu'augmente l'intensité des infrasons. En effet la membrane élastique du tympan est sensible aux variations de pression et absorbe bien mieux l'énergie que le reste du corps. On peut ainsi observer à partir de 130 dB une hyperhémie tympanique transitoire disparaissant à l'arrêt de la stimulation.

Les niveaux supérieurs à 160 dB, qui pourraient entraîner des lésions cochléaires, nécessiteraient des générateurs d'une puissance et d'un encombrement totalement irréalistes en champ libre.

Energie nécessaire (en abscisse) pour obtenir le seuil liminaire et les seuils de sensation d'intensité équivalente, par rapport à un son de 1000 Hz servant de référence, pour différentes fréquences (en ordonnée). Les infrasons (en haut et à gauche de la figure) nécessitent une très forte intensité pour être perçus, et une intensité tout à fait hors norme pour approcher le seuil douloureux.

FIGURE 2 (d'après A. Dancer)



L'atteinte vestibulaire représente l'essentiel des phénomènes déclenchés dans l'oreille interne par les infrasons. Ces troubles reflètent la diffusion au vestibule de l'énergie délivrée par l'étrier aux liquides labyrinthiques. Lors d'une tympanométrie, geste de routine en audiométrie clinique, on applique une pression statique dans le conduit auditif externe, qui réalise une pression monaurale et peut entraîner un léger vertige. Toutefois, chez l'animal, l'exposition de 169 dB à 10 Hz ou de 158 dB à 30 Hz, n'induit pas de nystagmus. Chez l'homme soumis à des niveaux variant entre 142 et 150 dB, on n'observe pas non plus de nystagmus, que la stimulation soit monaurale ou bilatérale, ou soit en phase ou en opposition de phase. Cependant, des bouffées de bruit (tone bursts) ou des sons modulés en amplitude peuvent, en application monaurale ou dissymétrique de 125 dB, au rythme de trois par seconde, produire des mouvements oculaires rapides ou un déséquilibre transitoire.

Par ailleurs, en se rapprochant des fréquences conversationnelles, une toux et une « sensation d'étouffement » ont été rapportées pendant l'exposition à des bruits de sirènes de 150 à 154 dB dans la gamme 50 à 100 Hz. Une gêne ne s'observe qu'avec des stimuli comportant un spectre sonore ayant de fortes pentes aux basses fréquences (8 dB/oct), et à une intensité supérieure à celle du seuil de perception sonore. Des effets dits "psychologiques", avec manque de concentration peuvent apparaître au-dessus de 110 dB, chez le sujet sain expérimentalement soumis aux infrasons.

Dans le cas particulier des éoliennes, notons que les très basses fréquences mesurées à 100 mètres des éoliennes se situent à au moins 40 dB en dessous du seuil d'audibilité.

A cette distance, l'intensité des infrasons est si faible que ces engins ne peuvent provoquer ni cette gêne, ni cette somnolence liées à une action des infrasons sur la partie vestibulaire de l'oreille interne, que l'on ne peut observer qu'aux plus fortes intensités expérimentalement réalisables.

ANNEXE III. Le décibel

Le décibel - dB - est un nombre sans dimension qui permet de quantifier « l'écart », « le rapport », « la différence de niveau » entre deux grandeurs de même nature, l'une d'entre elles étant prise pour référence. Ce nombre (Y) est calculé comme étant dix fois le logarithme en base 10 de leur rapport, soit pour deux grandeurs X et X0, valeur de référence

$$Y(\text{en décibel}) = 10 \log X/X_0$$

En acoustique, si l'on prend pour valeur de référence P0, la variation de la pression au seuil de l'audition d'une oreille normale à 1000Hz, on peut alors définir une échelle de pression en dB traduisant ainsi le niveau de pression observé en un point donné par rapport à cette valeur P0 de référence. On parlera de dB SPL (SPL pour « Sound Pressure Level ») afin d'insister sur le fait qu'il s'agit bien là d'une échelle de pression.

En acoustique médicale, on parlera de dB HL (HL pour « Hearing Level »). Ce décibel n'est utilisé qu'en audiométrie : en effet, pour chacune des fréquences, on prendra pour valeur de référence le seuil de l'audition de sujets considérés comme normo-entendants ; la valeur 0 dB à chacune des fréquences traduit donc une valeur normale de l'audition pour la fréquence considérée.

En acoustique industrielle, par exemple dans l'habitat, ou dans le cadre de la réglementation, on a dû définir d'autres décibels car il y a la nécessité de comparer le niveau sonore des bruits et non plus de deux sons purs. Ces échelles n'expriment donc plus un niveau sonore selon chaque fréquence mais se proposent d'aboutir à une valeur unique du niveau de bruit, exprimée en décibels, en un point et à un instant donnés.

Pour y parvenir on va « pondérer » selon les fréquences :

- **la pondération A aboutissant au dB A** est la plus fréquemment utilisée, adaptée à la réponse de l'oreille à des faibles niveaux de pression acoustique, autour de 40 dB SPL (Sound Pressure Level).

- **la pondération C aboutissant au dB C** s'adresse plus au comportement de l'oreille à des niveaux élevés de pression acoustique, supérieurs à 70 dB SPL. Elle sera donc plus juste que la précédente lorsque l'on cherchera à évaluer le niveau de bruit dans une ambiance très bruyante à des niveaux de 85 à 130dB.

- la pondération G aboutissant au dB G, spécifique pour la mesure des infrasons, décrite dans « Norme ISO 7196 :1995 - Acoustique. Pondération fréquentielle pour le mesurage des infrasons. Mars 1995 ».

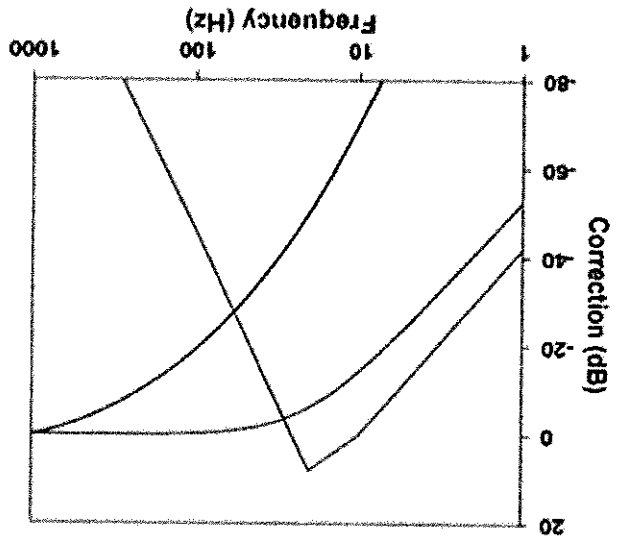


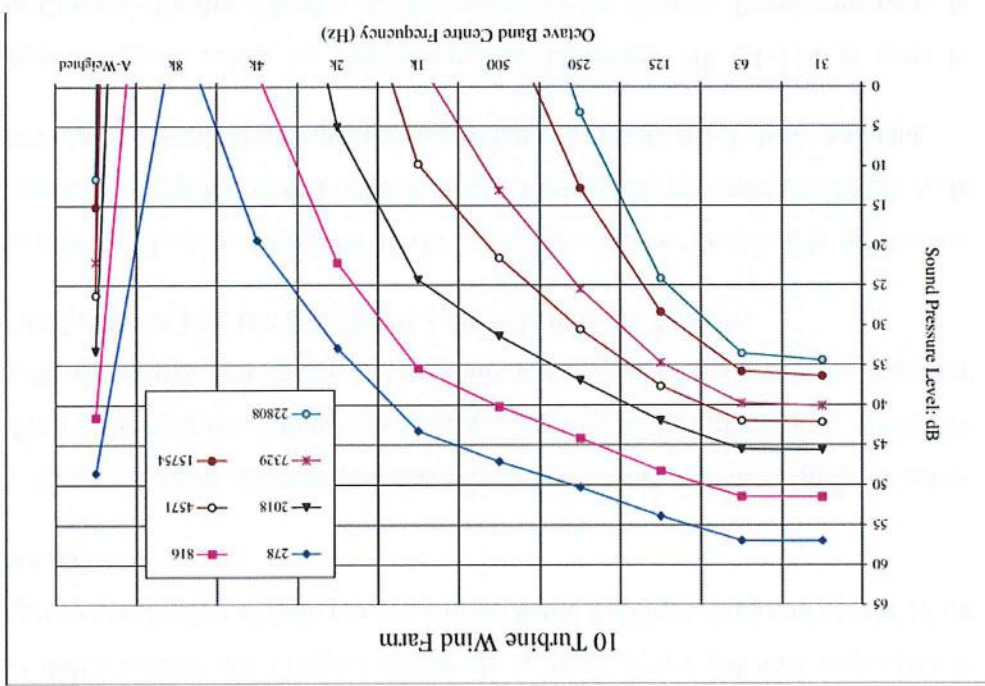
Figure. Couverture spectrale des différentes pondérations de décibels (d'après 11).

Retenons que la quasi-totalité des études concernant la nuisance sonore des éoliennes ont utilisé les dB A car ils correspondent à la sensibilité de l'oreille humaine. Il leur est reproché de sous-estimer les basses fréquences et les infrasons.

ANNEXE IV. Bruit ambiant

Niveaux sonores générés par une ferme de 10 éoliennes en fonction de la distance [12]. The measurement of low frequency noise at three UK wind farms. BWEA website, 2006 ; 1-117.

Fréquences	m	Intensité mesurée à 800	m	Intensité mesurée à 500
11-22 Hz	52	56	52	56
31 Hz	52	55	52	55
125 Hz	48	50	48	50
250 Hz	44	48	44	48



ANNEXE V. Les critères acoustiques d'installation et de suivi. Le critère d'émergence.

L'étude d'impact doit s'assurer que l'impact sonore de la future ferme éolienne respectera le critère d'« émergence maximale » définie par le code de Santé Publique dans son article 26 de l'arrêté du 26 août 2011.

Selon ce critère, lorsque le *bruit ambiant* (encore appelé *bruit total = bruit résiduel*) c'est-à-dire le bruit de fond au niveau des habitations situées près du site d'implantation) + *bruit de l'éolienne*) d'un site est supérieur à 35 dB, le bruit rajouté des éoliennes ne doit pas dépasser le *bruit résiduel* de 5 dB A le jour (de 7 à 22h) et 3 dB A la nuit (de 22 à 7h).

Si le bruit ambiant est au-dessous ou égal à 35 dB A, il n'y a pas de limites à la production sonore des éoliennes. Ceci signifie que si le bruit résiduel est faible, par exemple 20 dB A, le bruit des éoliennes n'a pour seule limite que de ne pas dépasser les 35 dB de bruit ambiant.

L'étude acoustique effectuée selon les dispositions de la norme NF 31-114 et sous la responsabilité du Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) [58] consiste donc à mesurer d'abord le *bruit résiduel* puis à établir le *bruit prévisionnel des éoliennes* à installer en se basant sur des logiciels de calcul prenant en compte la topographie des lieux, la nature des sols, les conditions météorologiques, la rose et la vitesse des vents, la technologie et le nombre d'éoliennes prévus sur le site, etc.

Les heures définissant le jour (7h) et la nuit (22h) sont en réalité ajustées aux « ambiances sonores homogènes », lesquelles tiennent compte des bruits de la nature et environnements (l'avifaune se réveille et le trafic routier augmente souvent avant 7 heures du matin !).

La distance admissible d'installation est ensuite définie pour chaque site par cet indicateur d'émergence. En d'autres termes, plus le milieu dans lequel une ferme éolienne est implantée est calme, plus la distance habitations-éoliennes est élevée (ceci explique pourquoi de nombreuses fermes sont installées près d'autoroutes).

A noter toutefois qu'au cours de la journée le bruit résiduel varie parfois considérablement, ce qui, en pratique, impose une technologie complexe, adaptant en temps réel le bruit des éoliennes à ces variations. Elle n'est pas en place sur toutes les fermes.

Notons encore que – théoriquement – le bruit ambiant ne doit dépasser 70 dBA le jour et 60 dBA la nuit en n'importe quel point d'un périmètre dont le rayon correspond grossièrement à la hauteur hors-tout (hauteur du moyeu + longueur d'une pale). Cette réglementation n'a en pratique aucun intérêt puisque n'intéressant pas les habitations.

Conséquence du classement des éoliennes au régime des ICPÉ (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) et donc relevant du code de l'environnement et non de la santé publique, le seuil de déclenchement du principe d'urgence est de 35 dB A à la façade des habitations et non de 30 dB A comme pour toute habitation commune et même de 25 dB A à l'intérieur des habitations.

Concernant les contrôles périodiques, il est stipulé (voir Section 4 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs aux parcs éoliens soumis à autorisation ICPÉ) qu'au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs (article 12), effective des essais des équipements de sécurité en situation normale, arrêt, arrêt d'urgence, arrêt en situation de sur vitesse, etc. (article 15), et contrôle les systèmes de fixation du mât et des pales (article 18).

Concernant les contrôles acoustiques, il est stipulé (Section 6 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs aux parcs éoliens soumis à autorisation ICPÉ, articles 26 à 28) que les mesures sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-14 dans sa version de juillet 2011. »

Quant à la périodicité des contrôles acoustiques, il est précisé dans l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement à l'Article 5 que l'exploitant doit faire réaliser périodiquement, à ses frais, une mesure des niveaux d'émission sonore de son établissement par une personne ou un organisme qualifié choisi après accord de l'inspection des installations classées. Ces mesures se font aux emplacements et avec une périodicité fixés par l'arrêté d'autorisation. Les emplacements sont définis de façon à apprécier le respect des valeurs limites d'urgence dans les zones où elle est réglementée. La périodicité des mesures de réception est donc précisée au cas par cas selon que l'arrêté d'autorisation d'exploiter comporte ou non une prescription.

Cette périodicité est en réalité mal définie. Les informations obtenues du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer suggèrent qu'un contrôle acoustique peut être effectué en cas de plaintes des riverains (nous avons souligné plus haut que ces plaintes n'étaient pas toujours suivies d'effet...), que les éoliennes sont inspectées tous les 7 ans environ mais ne font pas forcément l'objet de mesures acoustiques à cette occasion mais que les inspecteurs vérifient régulièrement la bonne mise en œuvre des plans de bridage fixés par arrêté préfectoral.

ANNEXE VI. PROCEDURE D'AUTORISATION ET SUIVI D'INSTALLATION

Au 1^o mars 2017, cette procédure comporte schématiquement pour les éoliennes dont la hauteur dépasse 50 mètres trois étapes :

4. Une phase d'examen :

En réponse aux besoins exprimés par la Programmation Pluriannuelle des Energies (il n'y a pour l'instant pas d'appel d'offres), le futur exploitant qu'il soit privé, public ou semi-public prospecte et soumet un projet d'implantation. Le dossier comporte une étude d'impact, une étude des dangers ainsi que les avis de l'Autorité Environnementale et de l'Agence Régionale de Santé. En matière de nuisance sonore, l'étude d'impact doit notamment s'assurer que la future ferme éolienne respectera le critère d'« émergence maximale » défini par le code de Santé Publique dans son article 26 de l'arrêté du 26 août 2011 (voir Annexe V).

Un bail emphytéotique de concession d'une durée pouvant atteindre 25 ans est conclu avec les propriétaires fonciers contre une compensation financière. Une compensation financière est également prévue pour la commune, la communauté des communes et la région.

Le dossier est transmis au Préfet de région via la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement).

5. Une phase d'enquête publique

Ses modalités ont été modifiées par l'ordonnance n° 2016-1060 du 3 août 2016. Elle consiste à informer les collectivités locales et les riverains du projet d'implantation via les élus locaux, des réunions d'informations, l'affichage du dossier administratif dans toutes les mairies situées dans un rayon de 6 kilomètres autour de la future ferme éolienne, ainsi que les journaux locaux et Internet.

Cette phase dure 1 mois et fait l'objet d'un rapport du commissaire enquêteur.

6. Une phase de décision

En fonction des résultats de l'enquête publique, l'autorisation définitive est donnée par le préfet par voie d'arrêté préfectoral. Cet arrêté peut faire l'objet d'un recours devant les tribunaux administratifs déposé par les demandeurs ou les tiers dont les communes intéressées.

Ajoutons qu'une « Etude acoustique de réception en exploitation » est effectuée à la mise en service. Par la suite, « l'exploitant doit faire réaliser périodiquement, à ses frais, une mesure des niveaux d'émission sonore de son établissement par une personne ou un organisme qualifié choisi après accord de l'inspection des installations classées. Ces mesures se font aux emplacements et avec une périodicité fixés par l'arrêté d'autorisation. Les emplacements sont définis de façon à apprécier le respect des valeurs limites d'émergence dans les zones où elle est réglementée. »

A tout moment, cependant, le préfet peut diligenter une enquête effectuée par l'Inspecteur des Installations Classées.

Pour copie certifiée conforme
Le Secrétaire perpétuel

Professeur Daniel COUTURIER

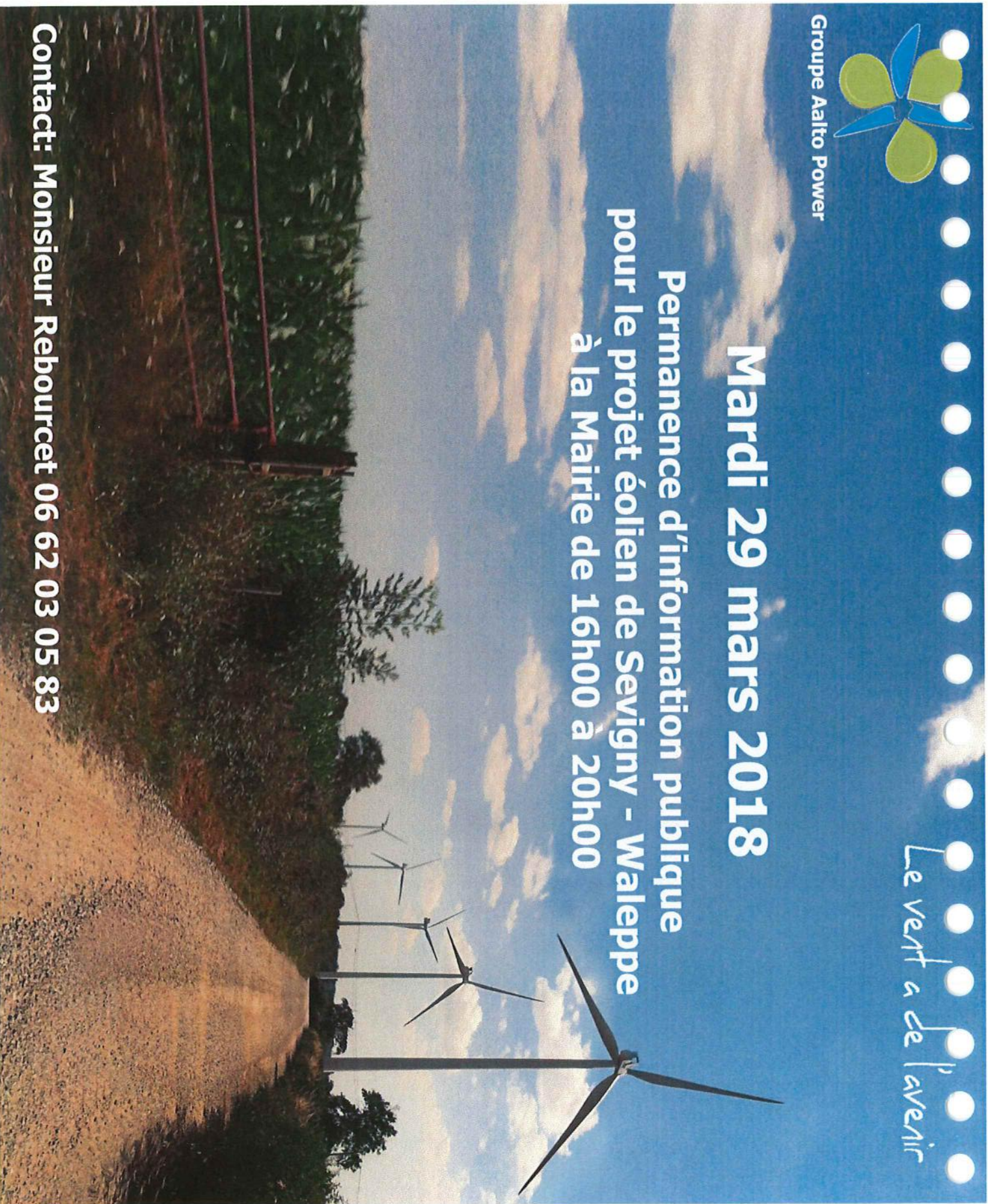


Groupe Aalto Power

Le vent a de l'avenir

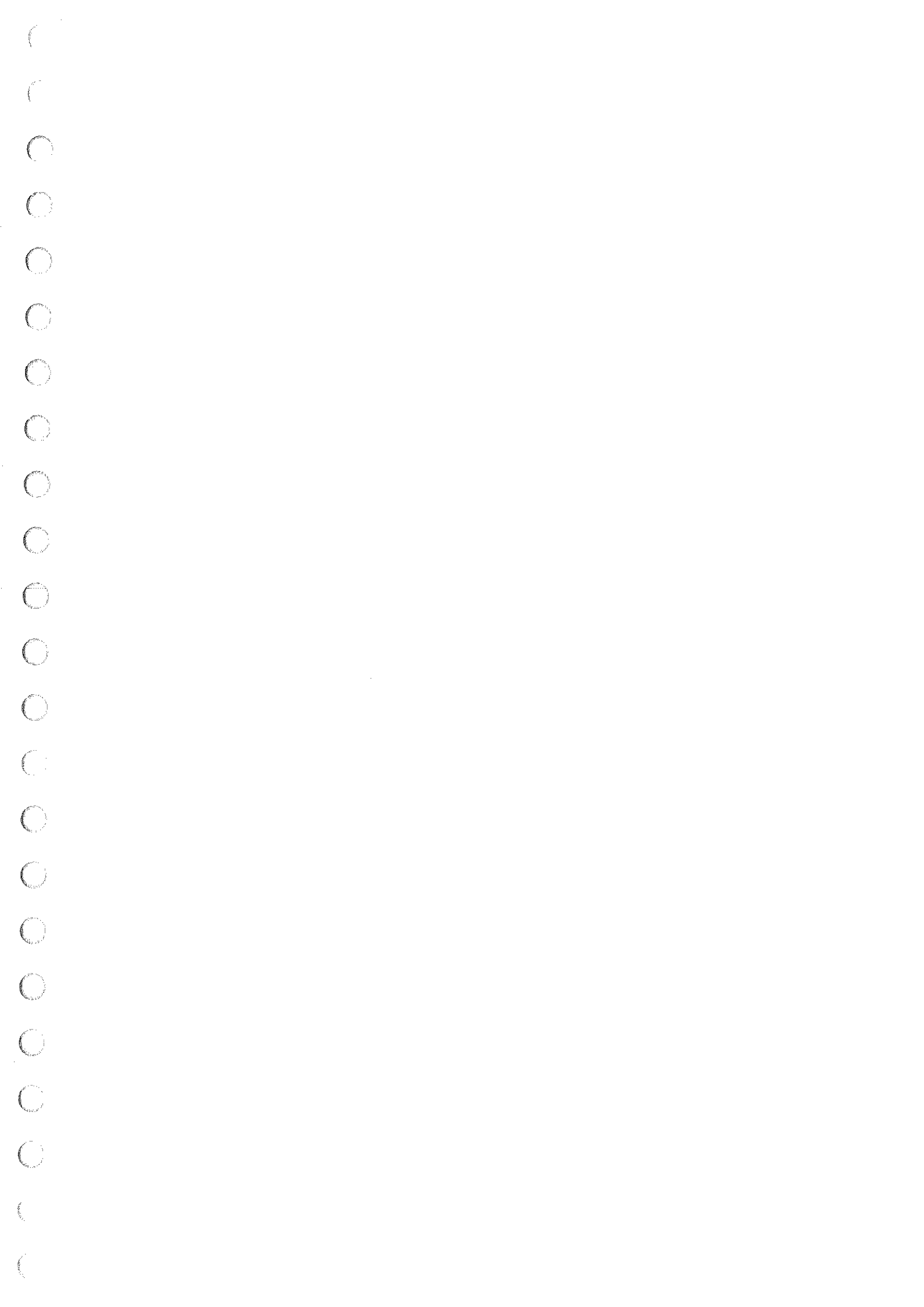
Mardi 29 mars 2018

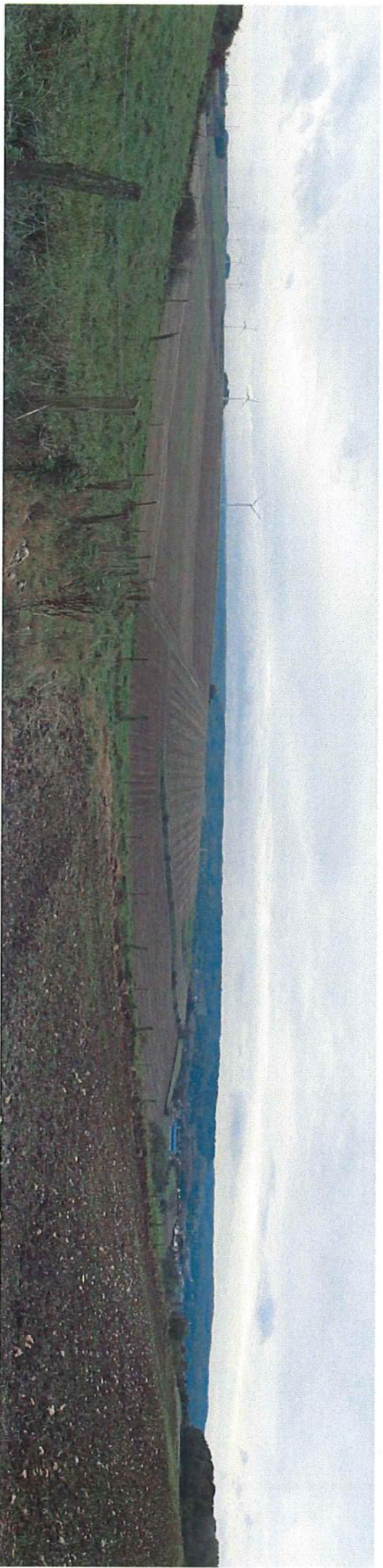
**Permanence d'information publique
pour le projet éolien de Sevigny - Waleppe
à la Mairie de 16h00 à 20h00**



Contact: Monsieur Rebourcet 06 62 03 05 83

Auexel





Projet de Parc Eolien Sévigny-Waleppe (08)

Permanence Publique – 29 mars 2018

SOMMAIRE

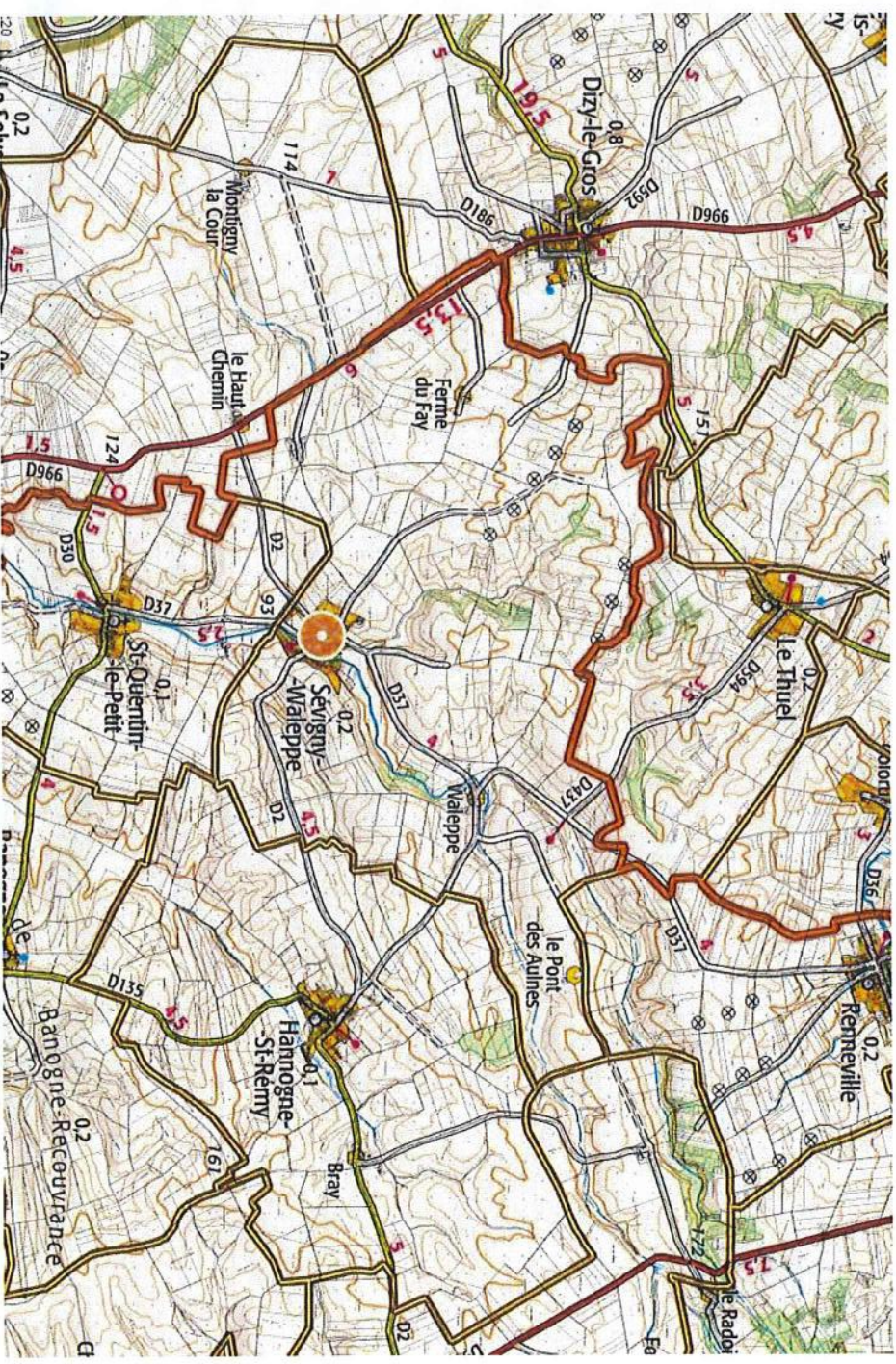
- I. Présentation du Projet et des entreprises
- II. Etat des lieux (parc existant)
- III. Zones potentielles identifiées
- IV. Etat d'avancement des études
- V. Calendrier



I. Présentation du projet/historique



Localisation de la commune de Sévigny-Waleppe



I. Présentation du projet/historique



- 2012 :
 - Prise de contact avec la Municipalité et présentation au conseil municipal du projet d'extension du parc éolien existant
 - 10 Mai 2012 : délibération favorable du conseil municipal
 - Présentation à la commission des sites
- 2012-2014 : Consultation des propriétaires/exploitants, la finalisation des successions a allongé le processus. Consultation de l'Armée de l'Air, absence de réponse pendant cette période
- Février 2016 : réponse favorable de l'Armée de l'Air
- Avril 2016 : Sélection des bureaux d'études et démarrage lancement des études environnementales et paysagères
- Mai 2017 : Partenariat de codéveloppement conclu entre BAE et AALTO POWER pour le développement du projet
- Juillet 2017: Réception d'une étude sur le raccordement d'un projet éolien
- Février 2018: Confirmation par le Conseil Municipal de sa délibération de 2012

I. Présentation des entreprises



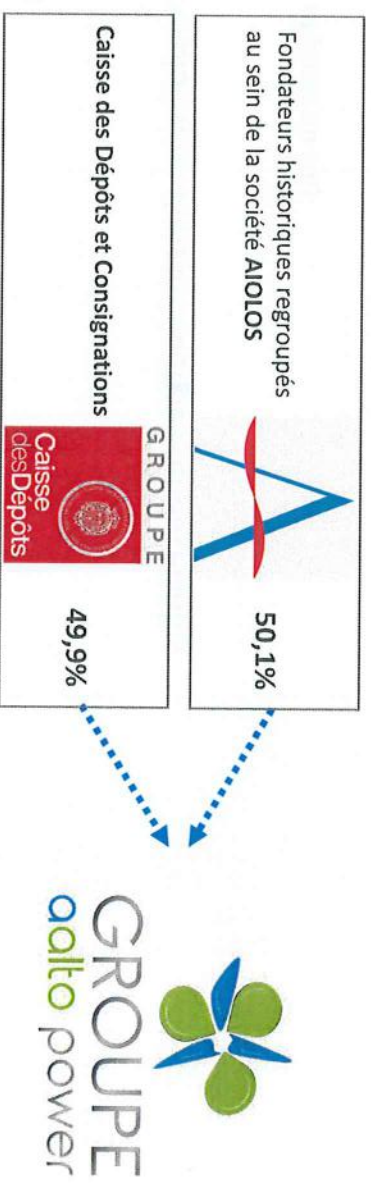
❖ BILLAS AVENIR ENERGIE

- ❖ Une société créée en 2008
- ❖ Etudes, développement et exploitation dans les énergies renouvelables
 - ❖ Eolien
 - ❖ Photovoltaïque (toiture et parcs au sol)
 - ❖ Biogaz
- ❖ Dans le domaine de l'Eolien, plusieurs projets sont en cours d'étude pour une puissance de 100 MW environ
- ❖ En Meuse, BAE a porté le développement des projets de Montzéville et Bonnet Houdelaincourt

I. Présentation des entreprises



- ❖ Le groupe AALTO POWER sas est une société française fondée en 2006
- ❖ **AALTO POWER est un producteur français indépendant d'énergie éolienne**
- ❖ **Activités** : développement, codéveloppement, acquisition, construction et exploitation de parcs éoliens terrestres.
- ❖ Structuration de la société



AALTO POWER a pour objectif de contribuer activement aux transitions territoriale, écologique et énergétique, éléments stratégiques essentiels pour les générations futures

I. Présentation des entreprises



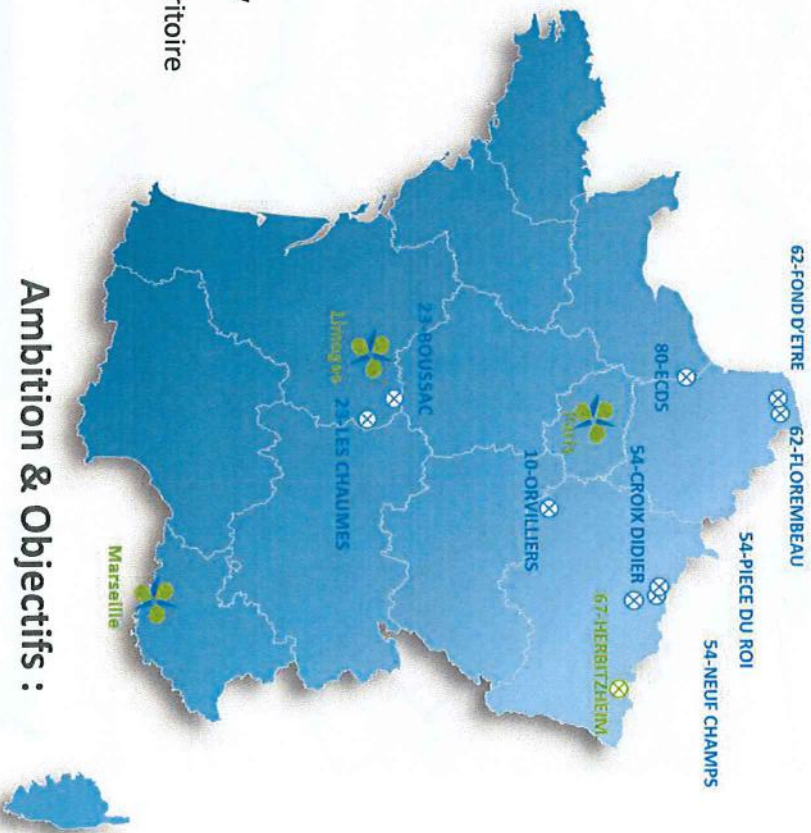
- ❖ 10 parcs éoliens en propriété et en exploitation
- ❖ 110 MW mis en service entre 2007 et 2017

- Légende :**
- ❖ 23-BOUSSAC : 9 V100, 17MW
 - ❖ 23-LES CHAUMES : 6 V100, 12MW
 - ❖ 10-ORVILLIERS : 6 E82, 12 MW
 - ❖ 54-CROIX DIDIER : 4 V90, 8 MW
 - ❖ 54-PIECE DU ROI : 4 V90, 8 MW
 - ❖ 54-NEUF CHAMPS : 4 V90, 8 MW
 - ❖ 62-FLOREMBEAU : 5 E70, 10 MW
 - ❖ 62-FOND D'ETRE : 4 E70, 8 MW
 - ❖ 80-ECDS : 7 E70, 16 MW
 - ❖ 67-HERBITZHEIM : 5 V110, 10 MW



Bureaux d'Aalto Power

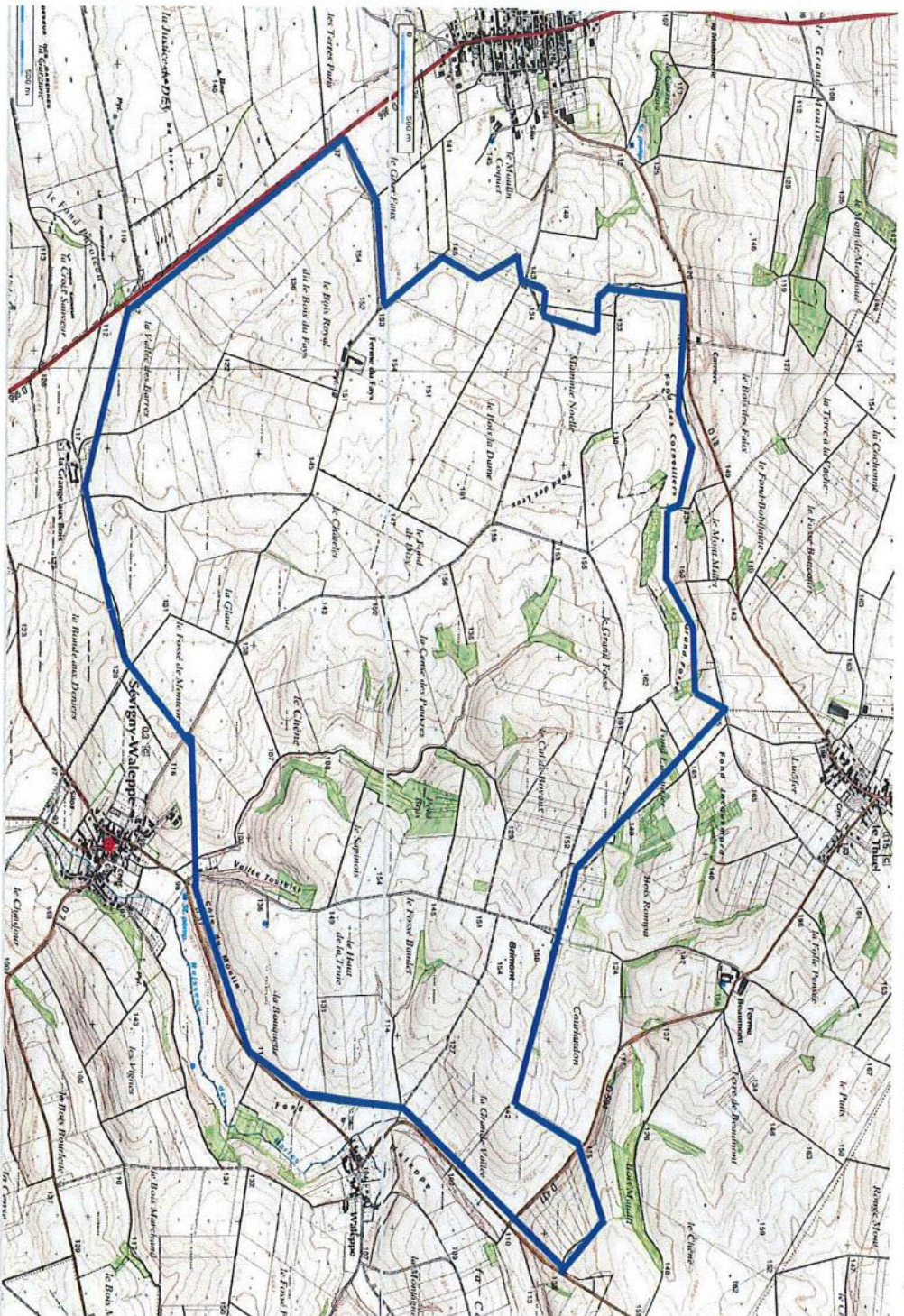
- ❖ Un projet en construction en 2018 – Plémy (22) – 9,3 MW
- ❖ 25 projets en développement sur l'ensemble du territoire métropolitain, pour plus de 300 MW



Ambition & Objectifs :

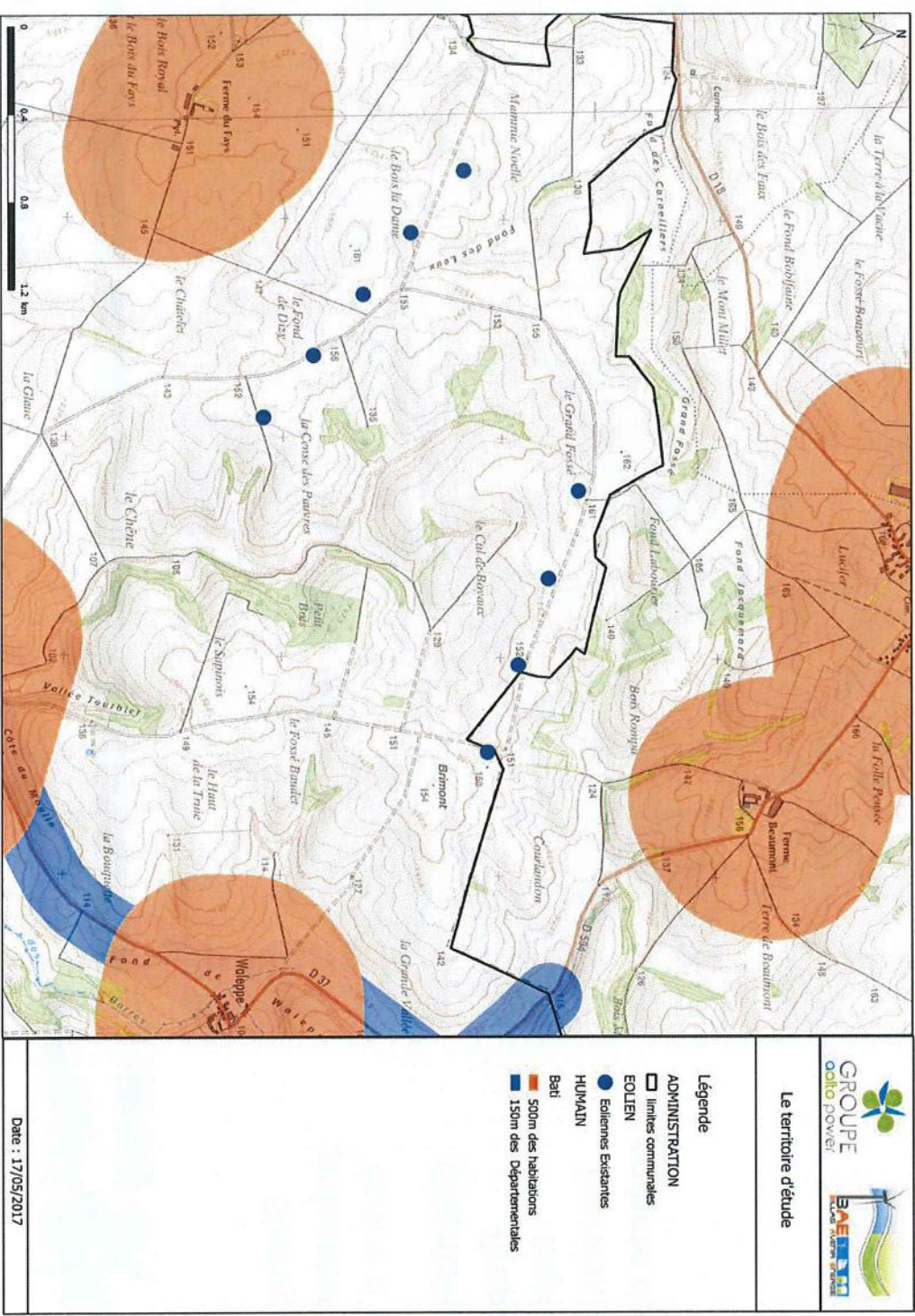
Plus de 200 MW à l'horizon 2020

II. Etat des lieux : l'ancienne ZDE

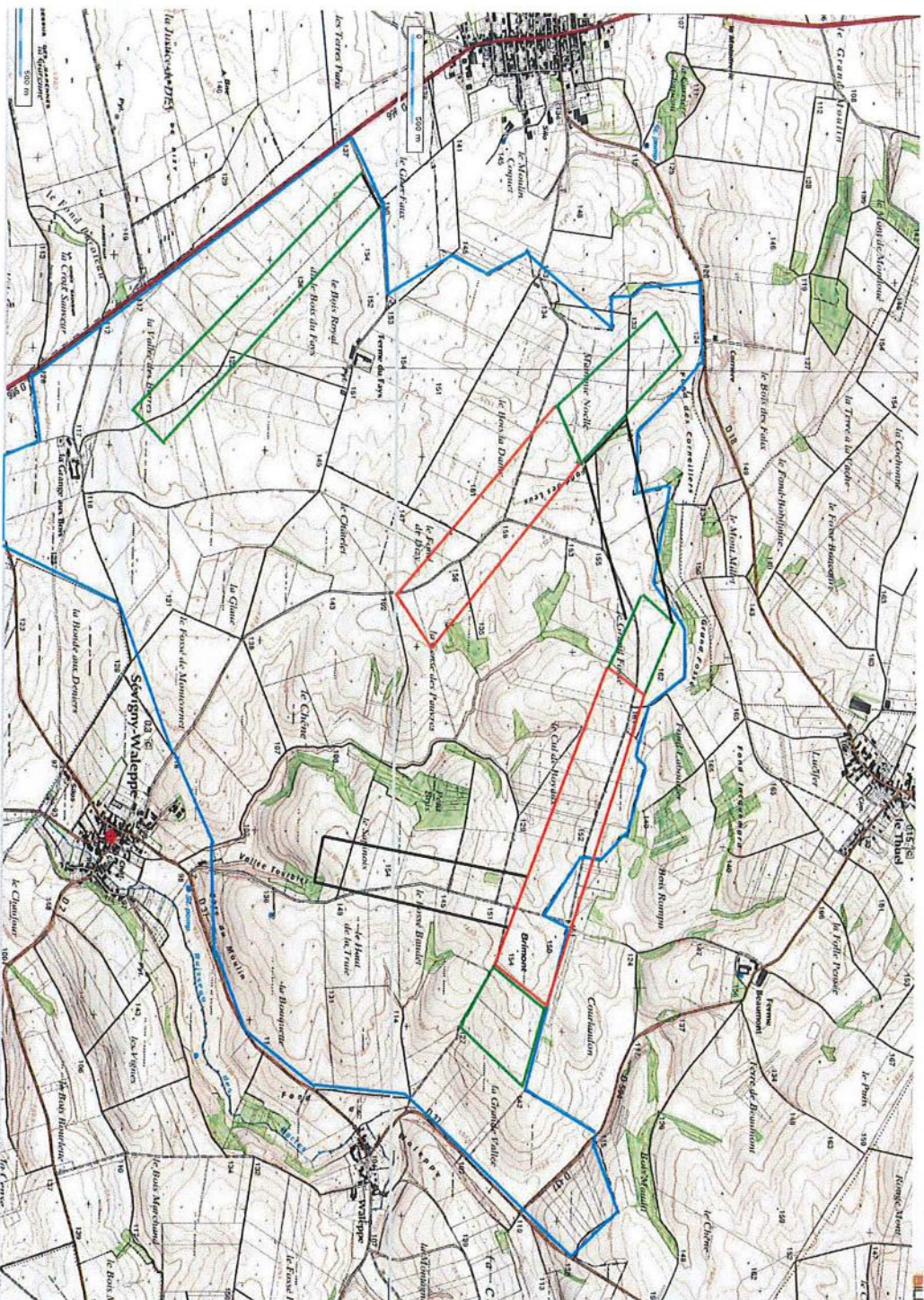




II. Etat des lieux - Parc existant



III. Zones Potentielles



Secteurs pouvant
présenter un intérêt en
terme d'implantation
Orientation du projet:
Proposer une
implantation
harmonieuse, tenant
compte du parc existant





IV. Avancement des études



- Etudes environnementales et patrimoniale : en cours depuis avril 2016 – bureau d'études ENVOL – **En cours de finalisation**
- Etudes paysagères : en cours depuis avril 2016 – bureau d'études Jacquel et Chatillon – **En cours de finalisation**
- Réalisations des photomontages : Juin 2017 – bureau d'études Jacquel et Chatillon – **En cours de finalisation**
- Etudes Chiroptères en cours, avec mise en place d'un Sm2bat (enregistrement en continu de la présence de chiroptères) – bureau d'études ENVOL - **Finalisées**
- Etude acoustique : bureau d'études ORFEA - **Finalisée**

IV. Avancement des études : avifaune



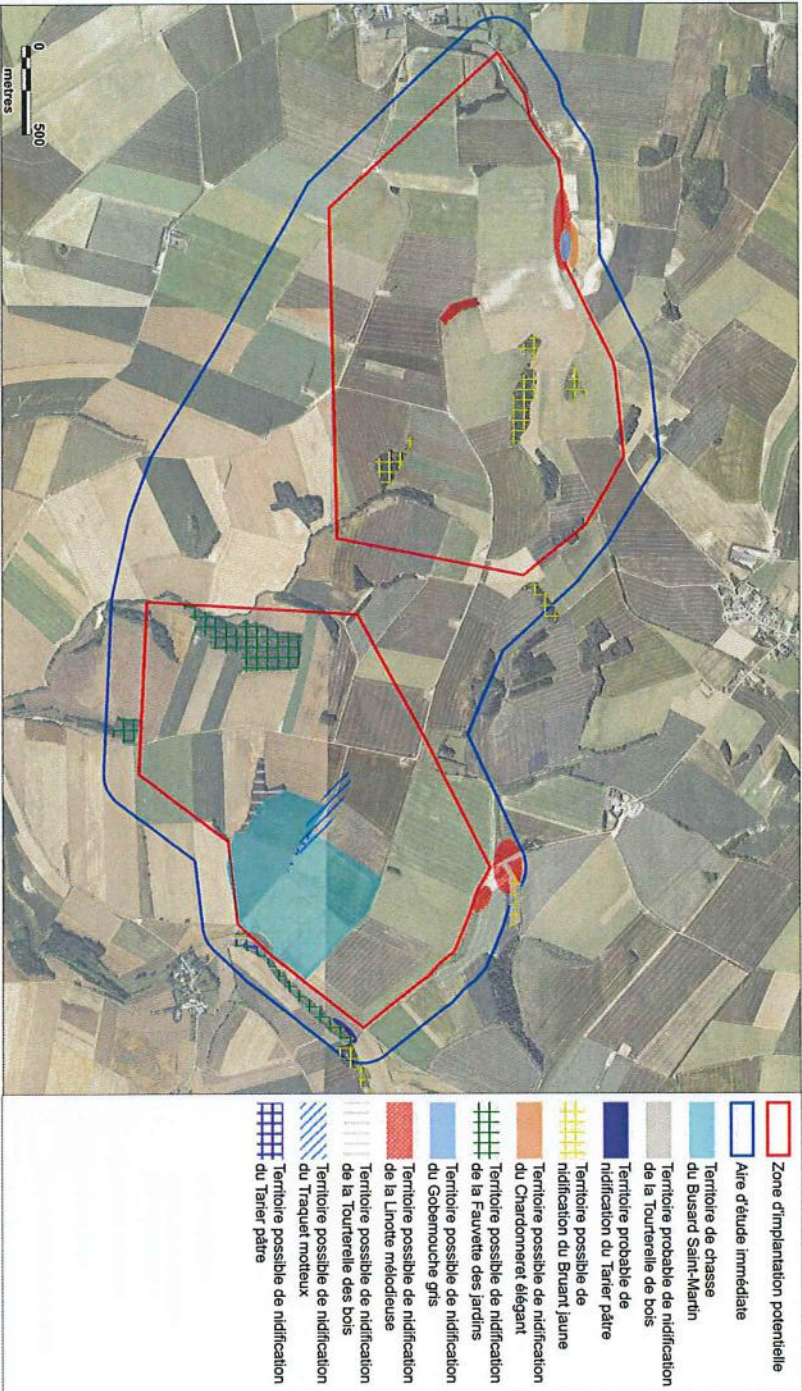
-  Zone d'implantation potentielle
-  Aire d'étude immédiate
-  Enjeux modérés
-  Enjeux faibles



Fond de carte : Géoportail - Réalisation : Envol environnement 2017



IV. Avancement des études : avifaune – territoires de nidification



ENVOL
ENVIRONNEMENT

Fond de carte : Géoportail - Réalisation : Envol environnement 2017

IV. Avancement des études : chiroptères



- Zone d'implantation potentielle
- Aire d'étude immédiate
- Enjeux forts
- Enjeux modérés
- Enjeux faibles à tendance modérées
- Enjeux faibles

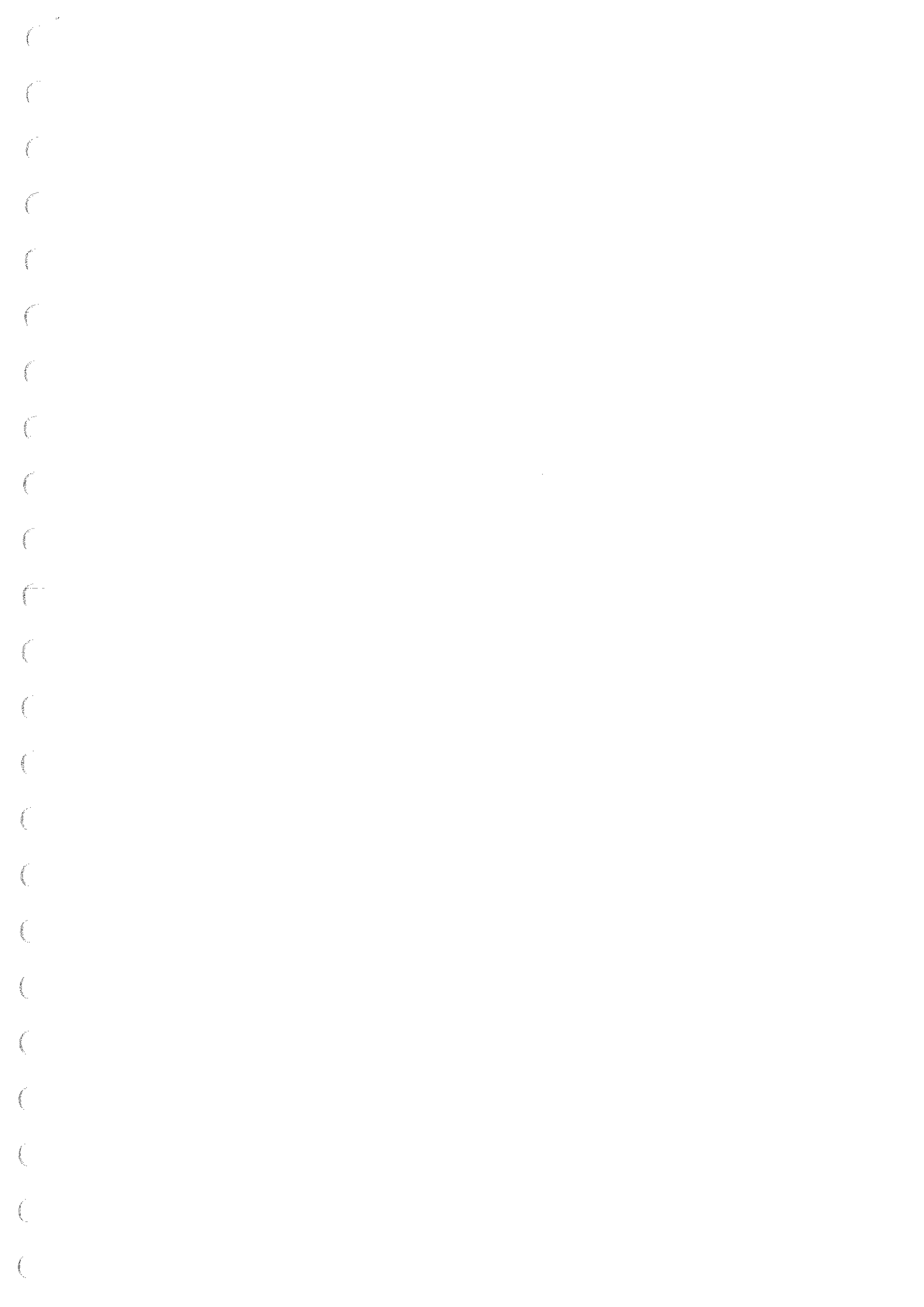


V. Calendrier

- Finalisation des études au 1^{er} trimestre 2018
- Permanence publique : fin mars 2018
- Finalisation du dossier et dépôt de la demande d'Autorisation Environnementale fin Avril 2018
- Obtention de l'Autorisation Environnementale : fin 2019
- Construction du Parc éolien: à partir de l'année 2020

Merci pour votre attention !





Statistiques locales

Zone d'étude Bussière-Saint-Georges (commune), comparée avec France
SYNTHÈSE - COMPARATEUR DE TERRITOIRES

Annee 3

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2011

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Population et ménages		
Population	233	64 933 400
Densité de population (hab/km ²)	10,4 ▼	102,6
Superficie (km ²)	22,4	632 733,9
Nombre de ménages	107	28 041 374

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2016

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Logement		
Nombre de logements	212	35 535 026
Part des résidences principales (%)	56,9 ▲	82,3
Part des rés. secondaires (yc log. occasionnels) (%)	25,4 ▼	9,6
Part des logements vacants (%)	17,6 ▼	8,1

Source : Insee, Recensement de la population (RP), exploitation principale - 2016

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Emploi - Chômage		
Emploi total au lieu de travail	37	26 343 023
dont part des emplois salariés (%)	37,7 ▲	86,8
Taux d'activité des 15 à 64 ans (%)	64,4 ▲	73,8
Taux de chômage des 15 à 64 ans (au sens du recensement) (%)	11,5 ▼	14,1

Source : Insee, Connaissance locale de l'appareil productif (Clap) - 2015

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Etablissements actifs au 31/12	30	6 561 892
Part des étab. sans salarié (%)	80,0 ▼	71,1
Part des étab. de 1 à 9 salariés (%)	20,0 ▲	23,1
Part des étab. de 10 salariés ou plus (%)	0,0 ▲	5,8

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2011-2016

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Evolution annuelle moyenne de la population		
Variation de population (%)	1,8 ▼	0,4
- due au solde naturel (%)	-0,3 ▲	0,4
- due au solde entrées/sorties (%)	2,2 ▼	0,1

Source : Insee, État civil - 2018

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Naissances - Décès		
Naissances domiciliées	2	747 060
Décès domiciliés	2	606 756

Source : Insee, Fichier localisé social et fiscal (Fislosof) - 2016

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Revenus		
Données manquantes ou insuffisantes pour construire cette dataviz		

Source : Insee, Connaissance locale de l'appareil productif (Clap) - 2015

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Postes dans les étab. actifs au 31/12	17	22 748 700
Part de l'agriculture (%)	0,0 ▲	1,1
Part de l'industrie (%)	17,6 ▼	13,9
Part de la construction (%)	41,2 ▼	6,0
Part du commerce, transports, services (%)	5,9 ▲	46,5
Part de l'admin. publique, enseignement, santé et action sociale (%)	35,3 ▼	32,5

Statistiques locales

Zone d'étude **Bussière-Saint-Georges (commune)**, comparée avec **France**
SYNTHÈSE - COMPARATEUR DE TERRITOIRES

Population et ménages

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Population	255	66 361 658
Densité de population (hab/km²)	11,4 ▲	104,9
Superficie (km²)	22,4	632 733,9
Nombre de ménages	121	29 236 888

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2016

Logement

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Nombre de logements	212	35 535 026
Part des résidences principales (%)	56,9 ▲	82,3
Part des rés. secondaires (yc log. occasionnels) (%)	25,4 ▼	9,6
Part des logements vacants (%)	17,6 ▼	8,1

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2016

Emploi - Chômage

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Emploi total au lieu de travail	37	26 343 023
dont part des emplois salariés (%)	37,7 ▲	86,8
Taux d'activité des 15 à 64 ans (%)	64,4 ▲	73,8
Taux de chômage des 15 à 64 ans (au sens du recensement) (%)	11,5 ▲	14,1

Source : Insee, Recensement de la population (RP), exploitation principale - 2016

Etablissements

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Etablissements actifs au 31/12	30	6 561 892
Part des étab. sans salarié (%)	80,0 ▼	71,1
Part des étab. de 1 à 9 salariés (%)	20,0 ▲	23,1
Part des étab. de 10 salariés ou plus (%)	0,0 ▲	5,8

Source : Insee, Connaissance locale de l'appareil productif (Clap) - 2015

Evolution annuelle moyenne de la population

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Variation de population (%)	1,8 ▼	0,4
- due au solde naturel (%)	-0,3 ▲	0,4
- due au solde entrées/sorties (%)	2,2 ▼	0,1

Source : Insee, séries historiques du RP, exploitation principale - 2011-2016

Naissances - Décès

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Naissances domiciliées	2	747 060
Décès domiciliés	2	606 756

Source : Insee, État civil - 2018

Revenus

Données manquantes ou insuffisantes pour construire cette dataviz
Source : Insee, Fichier localisé social et fiscal (Filosof) - 2016

Postes dans les établissements

Indicateurs	Bussière-Saint-Georges	France
Postes dans les étab. actifs au 31/12	17	22 748 700
Part de l'agriculture (%)	0,0 ▲	1,1
Part de l'industrie (%)	17,6 ▼	13,9
Part de la construction (%)	41,2 ▼	6,0
Part du commerce, transports, services (%)	5,9 ▲	46,5
Part de l'admin. publique, enseignement, santé et action sociale (%)	35,3 ▼	32,5

Source : Insee, Connaissance locale de l'appareil productif (Clap) - 2015



Accueil > Contrôle, évaluation, information > Les comptes rendus de la commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique

Commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique

Mardi 9 avril 2019

Séance de 17 heures

Compte rendu n° 14

Présidence de M. Julien Aubert, Président

- Audition, ouverte à la presse, de Mme Catherine de Kersauson, présidente de la deuxième chambre de la Cour des comptes, accompagnée de M. Eric Allain, président de section, et de Mme Isabelle Vincent, rapporteure

La séance est ouverte à dix-sept heures cinq.

M. le président Julien Aubert. Pour la reprise de notre journée d'audition, je suis particulièrement heureux d'accueillir des magistrats de la Cour des comptes, Mme Catherine de Kersauson, présidente de la 2^e chambre, et M. Eric Allain, président de section. Je précise à l'attention de mes collègues que chaque chambre comporte plusieurs sections.

Depuis l'année dernière, le champ d'investigation de la deuxième chambre porte sur l'énergie, les transports, les télécommunications, l'agriculture, la mer et l'environnement. Bien évidemment, la Cour des comptes n'a pas manqué de porter un regard vigilant sur la politique de développement des énergies renouvelables (ENR), avec la publication d'un rapport thématique en juillet 2013 et d'un rapport d'évaluation consacré aux certificats d'économies d'énergie (CEE) en octobre de la même année.

S'agissant d'une commission d'enquête portant sur l'acceptabilité sociale et la transparence du financement de la transition énergétique, il était évidemment logique de demander à la principale institution chargée de l'usage des deniers publics son avis sur les politiques susmentionnées.

Plus récemment, à la demande de nos collègues sénateurs de la commission des finances, la Cour des comptes a publié en mars 2018 une communication sur le pilotage global de la politique de soutien au développement des énergies renouvelables, en lien avec les évolutions résultant de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTE) et le premier exercice de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Cette communication s'articule autour de constats, en particulier sur le double objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables, à la fois au titre du changement climatique et en vue de la réduction de la part du nucléaire dans la production d'électricité, sur la part des décisions du passé dans les charges assumées et sur la part de celles relatives aux ENR électriques. Peut-être en profiterez-vous pour nous rappeler des éléments chiffrés, éventuellement actualisés.

Cette communication formule également des propositions en termes de transparence et de bonnes pratiques dans la mise en œuvre du soutien aux ENR. Néanmoins, le contexte dans lequel s'inscrivent ces propositions a évolué en ce qui concerne la trajectoire d'augmentation de la composante carbone et de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques, qui a rencontré la jacquerie fiscale que l'on connaît.

Nous allons, Mme la présidente, vous écouter au titre d'un exposé liminaire de quinze minutes, qui sera suivi d'un échange de questions réponses.

Il existe normalement, lors de toute audition par une commission d'enquête, une formule particulière pour prêter serment de « dire la vérité, toute la vérité, rien que la vérité ». Néanmoins, à l'occasion de l'audition d'un membre de la Cour des comptes par une commission d'enquête, la question relative au serment a été posée s'agissant de l'audition de votre collègue M. Christian Descheemaeker, qui avait d'abord invoqué le fait qu'étant magistrat assermenté, il n'y avait pas lieu de lui faire prêter serment. Le bureau de la commission n'ayant pas été préalablement consulté sur ce point, le président de ladite commission d'enquête, M. Daniel Goldberg, avait alors estimé qu'il n'était effectivement pas nécessaire de soumettre ce magistrat financier à l'obligation du serment, ce qui n'avait fait l'objet d'aucune remarque de la part des députés présents. Cette pratique a par la suite été confirmée, lors de l'audition conjointe de trois membres de la Cour des comptes par une commission d'enquête sur les tarifs de l'électricité, dont le président, M. Hervé Gaymard, avait spontanément décidé de l'exemption de serment, en usant d'arguments similaires. Considérant mon origine professionnelle et la jurisprudence qui fait date, vous comprendrez, mes chers collègues, que j'assume le fait

Annexe 7

de poursuivre cette tradition consistant à ne pas demander aux magistrats assesseurs de prêter serment devant la commission d'enquête. Je rappelle en effet qu'au moment de leur installation, les magistrats font le serment de respecter loyalement la collégialité que vous représentez aujourd'hui.

Madame la présidente, vous avez la parole pour quinze minutes. Nous vous écoutons.

Mme Catherine de Kersauson, présidente de la 2^e chambre de la Cour des comptes. Monsieur le président, madame la rapporteure, mesdames et messieurs les députés, vous avez, par une lettre du 26 mars 2019 adressée au premier président de la Cour des comptes, souhaité que des représentants de la Cour puissent vous présenter « les principales observations et recommandations relatives au pilotage global de la politique de soutien aux énergies renouvelables, telles qu'elles ressortent des vérifications et délibérations conduites par la Cour des comptes ». Le premier président a souhaité que je le représente, accompagnée d'Éric Allain, président de la section « Énergie », qui m'assistera pour répondre à vos questions.

Durant la période récente, la Cour a publié plusieurs rapports traitant des questions qui intéressent votre commission d'enquête. Le 16 mars 2018, elle a ainsi remis au président de la commission des finances du Sénat un rapport relatif au soutien aux énergies renouvelables, qui lui avait été demandé en décembre 2016 et porte sur la période 2013-2017. Ce rapport effectue la synthèse de trois contrôles réalisés en 2017, portant l'un sur le soutien aux énergies électriques, l'autre sur le soutien aux ENR chaudière et le troisième sur le soutien à la filière des ENR électriques. Par ailleurs, les notes d'exécution budgétaire relatives au compte d'affectation spéciale (CAS) « *Transition énergétique* », ainsi qu'à la mission « Écologie, développement et mobilité durable » et en particulier au programme 345 « Service public de l'énergie » complètent et actualisent certains des éléments figurant dans le rapport de mars 2018.

Je souhaite également vous signaler le rattachement du premier président du 22 décembre 2017 relatif à l'évaluation de la mise en œuvre de l'accès régulé à l'électricité nucléaire historique (ARENH), qui a occupé une partie de vos auditions et a été adressé au ministre de la transition écologique et solidaire et au ministre de l'économie et des finances, ces derniers y ayant répondu conjointement le 14 mars 2018.

La Cour a en outre effectué en octobre 2013 une communication au Premier ministre sur les certificats d'économies d'énergie, qui a fait l'objet d'un suivi dans le cadre d'une insertion au rapport public annuel de 2016.

J'ajoute que la Cour assure un suivi annuel de ses recommandations, dont le résultat est synthétisé chaque année dans le rapport public annuel. Les résultats les plus récents de ce suivi pourront également nourrir les réponses à vos questions éventuelles.

Je vous signale également d'autres rapports de la Cour susceptibles d'éclairer vos travaux : le rapport préparé par la cinquième chambre et remis à la commission des finances de l'Assemblée nationale en mars 2019 sur les dépenses fiscales en faveur du logement, ou encore le rapport de la cinquième chambre de la Cour remis à la commission des finances du Sénat en février 2018 sur le programme « Habiter mieux » de l'Agence nationale de l'habitat (ANAH). Citons également, parmi les travaux les plus récents, une insertion au rapport public annuel de 2018 relative à Linky et aux autres compteurs communicants.

Permettez-moi deux remarques liminaires. Je tiens tout d'abord à préciser que la Cour ne peut s'exprimer que sur des sujets qu'elle a instruits complètement, après avoir mené à son terme la procédure contradictoire avec les organismes relevant de son champ de compétences. Par ailleurs, la date de nos publications sur le sujet particulier intéressant votre commission d'enquête est un élément tout à fait important s'agissant d'un contexte très évolutif. Certains de nos travaux demandent ainsi à être actualisés.

Je vais, à partir du rapport de mars 2018 et des notes d'exécution budgétaire précédemment mentionnées, essayer de répondre aux interrogations de votre commission sur les objectifs, l'impact économique et industriel et le financement des énergies renouvelables.

Concernant les objectifs poursuivis par la politique énergétique, notre rapport de mars 2018 sur le soutien aux ENR avait mis en évidence le retard persistant, déjà documenté dans le rapport précédent de 2013, entre les objectifs assignés par la loi de transition énergétique pour la croissance verte et la place des ENR dans le mix énergétique. Il a également mis en lumière la non-compatibilité entre l'objectif et la trajectoire de développement des ENR de 32 % de la consommation brute d'énergie en 2030, arrêtée en 2016, et l'objectif de réduction de la part du nucléaire à 50 % dans le mix électrique en 2025. La Cour constatait dans ce rapport que l'objectif premier de la politique énergétique ainsi tracée était de réduire la place du nucléaire dans le mix énergétique plutôt que de lutter contre le réchauffement climatique, dans la mesure où les deux objectifs assignés ne réduisent pas les émissions de gaz à effet de serre. Pour y contribuer, la politique énergétique aurait dû se concentrer sur les ENR thermiques en substitution principalement des énergies fossiles, fortement émettrices de dioxyde de carbone.

La Cour a en outre, dans son rapport de mars 2018 sur les ENR, cherché à apprécier l'impact économique et industriel des énergies renouvelables. Son appréciation est la suivante : faute d'avoir établi une stratégie claire et des dispositifs de soutien stables et cohérents, le tissu industriel français a en définitive peu profité du développement des ENR. Constatant que la France, contrairement à d'autres États européens, n'était pas parvenue à se doter de champions dans ce secteur, la Cour exprimait diverses recommandations. Elle

préconisait ainsi, à l'occasion de la révision de la PPE prévue initialement en 2018, mais intervenant de fait en 2019, de définir une stratégie énergétique cohérente entre les objectifs de production d'énergies renouvelables électriques et l'objectif de réduction de la part de l'énergie nucléaire dans le *mix*, et de clarifier les objectifs industriels français associés au développement des ENR. Il est difficile d'apprécier à ce stade la suite donnée à cette double recommandation, la PPE n'étant à ce jour qu'un projet dont l'adoption ne pourra intervenir avant la discussion et l'adoption de la petite loi sur la transition énergétique, dont le projet sera prochainement présenté par le Gouvernement.

Concernant les modalités, la maîtrise et la transparence des financements des politiques de transition énergétique, je rappellerai en introduction quelques éléments clés sur les différentes modalités de soutien par l'Etat et leur répartition. Le coût budgétaire du soutien est nettement en faveur des ENR électriques, dans un rapport de 1 à 10 environ. Les modes de soutien sont différents, fondés sur des subventions à l'investissement et des dispositifs fiscaux pour le thermique : je pense au fonds chéaleur pour les subventions à l'investissement et, pour les dispositifs fiscaux, au crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) et au taux réduit de TVA. Pour l'électrique, les soutiens sont basés sur des subventions d'exploitation, sous la forme de compensations et d'obligations d'achat visant à garantir un niveau de prix aux producteurs, l'Etat prenant à sa charge le risque et d'obligations d'achat visant à garantir un niveau de prix aux producteurs, l'Etat prenant à sa charge le risque pris. Le soutien à la production d'ENR électriques est désormais alloué après appel d'offres. Les soutiens aux ENR sont, depuis 2015, financés par le contribuable et retracés dans deux supports budgétaires. Le premier est le compte d'affectation spéciale « transition énergétique », financé en recette par une partie de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), qui assure le financement du soutien aux ENR électriques et au biométhane, des charges liées au remboursement aux opérateurs du déficit de compensation de leur charge de service public de l'électricité cumulé au 31 décembre 2015 et des charges d'effacement de consommation. Le second instrument est le programme 345 « Service public de l'énergie », qui finance notamment les intérêts de la dette auprès des opérateurs, les dispositifs propres aux zones non interconnectées, le chèque énergie, le budget du médiateur de l'électricité et quelques autres éléments.

Le rapport de la Cour des comptes de mars 2018 sur les ENR et l'examen de l'exécution du budget de l'Etat ont conduit à formuler des observations et recommandations à l'adresse des pouvoirs publics. Le premier constat est celui d'une forte dynamique des dépenses publiques de soutien aux ENR, avec 5,3 milliards de euros en 2016 et une projection pour 2023 estimée à 7,5 milliards de euros. La Cour notait également une forte concentration sur le soutien aux ENR électriques, avec 4,4 milliards de euros sur 5,3 milliards d'euros en 2016. La Cour soulignait en outre le poids des engagements passés, les charges contractées avant 2011 représentant environ deux tiers du volume de soutien annuel en 2017. Elle relevait également la disproportion entre certains montants de soutien et la contribution aux objectifs de développement des ENR, notamment pour le photovoltaïque et l'éolien *offshore*. Ce déséquilibre en faveur du soutien aux ENR électriques était rappelé dans ce rapport, de même que les insuffisances du dispositif de connaissance des coûts de production. Le rapport de la Cour pointait enfin, parmi les trois principaux vecteurs de soutien public aux ENR – le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE), le Fonds chaleur et la compensation des charges de service public – la place particulière de cette compensation récemment mise à la charge du contribuable et dont les dynamiques sont imparfaitement retracées dans le CAS et le programme 345.

Nous entrons les recommandations suivantes : il importait tout d'abord selon nous de renforcer l'efficacité et l'efficience du soutien au développement des ENR par un net renforcement de la transparence quant aux déterminants des choix opérés et par une meilleure association du Parlement à la définition des objectifs de développement des ENR et des volumes financiers de soutien aux ENR. A cet égard, si la création du compte d'affectation spéciale transition énergétique a constitué un progrès, ceci ne permet pas de faire apparaître l'ensemble des coûts de long terme et se limite à donner une vision annuelle, si bien que le Parlement n'est pas en situation de se prononcer sur les nouveaux engagements, ni d'apprécier la dynamique d'évolution des charges du fait des engagements passés ou nouveaux. La Cour préconisait également de publier le calcul des coûts de production et des prix actuels et prévisionnels de l'ensemble du *mix* énergétique programmé dans la PPE et de l'utiliser pour contenir le volume des soutiens publics associés aux objectifs de la politique énergétique à court, moyen et long terme. La Cour recommandait de créer, à l'image du Conseil d'orientation des retraites (COR) et en remplaçant d'autres instances existantes, un comité chargé d'éclairer les choix gouvernementaux relatifs à l'avenir de la politique de l'énergie : cette instance de pilotage interministérielle serait placée auprès du premier ministre, considérant que la conduite de la politique de soutien aux ENR s'appuyait presque exclusivement sur la direction générale de l'énergie et du climat (DGECL) et justifierait un dialogue interministériel renforcé.

A notre connaissance, les suites données à ces recommandations sont les suivantes. Sur le premier point visant à mieux associer le Parlement, la Cour a, dans le cadre de ses travaux sur l'exécution budgétaire, été amenée à préciser ses critiques sur l'absence de transparence et les pistes pour y remédier. Nous constatons que l'information du Parlement sur le fonctionnement du dispositif de compensation de charges du service public de l'énergie reste incomplète : en effet, le rapport annuel de performances (RAP) 2017 mentionne l'existence de charges à compenser et le projet annuel de performances (PAP) 2019, même s'il apporte des informations un peu plus détaillées sur le chaînage, ne détaille pas la répartition des paiements entre exercices.

Concernant la publication des coûts, de leurs modalités de calcul et de la mise en transparence des engagements de long terme, la Cour constate que la situation n'a pas évolué : les travaux conduits par les

instances administratives ne sont pas publics et n'associent pas le Parlement, en dépit de la nomination au sein du comité de gestion des charges du service public de l'électricité d'un représentant de l'Assemblée nationale.

Pour ce qui est de la gouvernance, de l'instauration d'une instance analogue au COR et du renforcement du pilotage interministériel, la Cour ne dispose pas formellement d'éléments permettant d'établir que ses recommandations ont été suivies. A été ajoutée aux instances existantes un Haut conseil pour le climat, composé de treize experts, qui ne remplit pas exactement les missions attendues d'un conseil d'orientation de l'énergie, de par sa composition, mais aussi sa mission, qui est centrée sur la lutte contre le réchauffement climatique et n'embrasse donc pas toutes les composantes d'une politique en faveur des ENR.

M. le président Julien Aubert. Merci, madame la présidente. Je vais céder la parole à Mme la rapporteure.

Mme Marjolaine Meynier-Millettert, rapporteure. Merci pour vos propos. Pourriez-vous tout d'abord nous faire part de vos recommandations relativement au dispositif des CEE ?

M. Eric Allain, président de la section « Énergie » de la Cour des comptes. Je souhaite rappeler en préambule que les investigations de la Cour sur ce sujet sont relativement anciennes, puisqu'elles ont fait l'objet d'une insertion au rapport public annuel de 2013 et d'un suivi en 2016. Il ne m'est pas interdit de vous indiquer que nous envisageons de revenir assez rapidement sur cette question. Toutefois, en l'état actuel des constats et recommandations de la Cour, les dernières données remontent à 2016. Les constats effectués en 2013 et ayant fait l'objet d'un suivi en 2016 pointaient les insuffisances des modalités de contrôle et d'évaluation de ce dispositif, qui donnaient matière à un certain nombre de dérives de la part des éligibles ou des obligés et conduisaient à ce que le dispositif ne garantisse pas l'atteinte des objectifs assignés. Nous avons à cet égard formulé plusieurs recommandations, dont le dernier suivi ne permet pas de penser que la situation a grandement progressé.

Concernant les études sur les économies réellement obtenues grâce aux CEE, nous avions formulé, en 2013 comme en 2016, la recommandation qu'elles soient rendues obligatoires ; or ceci n'a toujours pas été mis en œuvre. Nous savons, comme vous, qu'une évaluation a été lancée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) à l'automne 2018, dont les résultats ne sont, me semble-t-il, pas encore disponibles. Ceci ne répond toutefois pas formellement à la recommandation visant à rendre ces études obligatoires.

Il était également préconisé d'engager des contrôles *a posteriori* par sondage, qui n'avaient toujours pas été mis en œuvre en 2016, et de développer des procédures de contrôle *a posteriori* sur les justifications d'attribution de certificats. Nous avons constaté en 2016 que les contrôles restaient quantitativement insuffisants. Concernant les contrôles *a posteriori* sur les justifications des certificats, nous avons observé en 2017 que le dispositif législatif et organisationnel avait été complété et apparaissait formellement mis en œuvre ; reste à vérifier qu'il l'est effectivement, ce qui est une autre question. En tout état de cause, les éléments réglementaires ont été développés, suite à la recommandation de la Cour.

Je n'entrerai pas, sauf si vous le souhaitez, dans le détail de quelques recommandations formulées et de leur suivi, dans la mesure notamment où, comme signalé précédemment, nous ne disposons pas, pour certaines d'entre elles, d'informations actualisées à date. Certaines ont en outre un caractère relativement technique, il nous paraît en tout cas nécessaire, compte tenu de l'importance et de l'originalité de ce dispositif, qu'il fasse l'objet d'un réexamen de la part de la Cour, ce qui est *a priori* prévu dans le cadre de la programmation de nos travaux.

Mme Marjolaine Meynier-Millettert, rapporteure. La notion de plancher pour les CEE figurait-elle dans vos recommandations ? Si la notion de plancher vient avec la pénalité à laquelle sont soumis les obligés, la question d'un plancher pour éviter que le prix des CEE ne baisse trop et risque de mettre à mal le système est souvent évoquée : cet aspect était-il abordé dans vos préconisations ?

M. Eric Allain. Non, ceci ne faisait pas partie des recommandations initiales de la Cour des comptes.

Mme Marjolaine Meynier-Millettert, rapporteure. Quelles sont, selon les évaluations et analyses prospectives que vous avez pu mener, les conséquences de la transition énergétique sur l'emploi en France ?

Mme Catherine de Kersauson. Nous avons traité de ce sujet au travers du rapport sur le soutien aux ENR, lequel comporte des informations sur les retombées économiques du développement des ENR et notamment l'impact sur l'emploi, reprenant des estimations effectuées par l'ADEME. Un graphique montre ainsi l'existence d'un impact en termes d'emploi entre 2006 et 2016, passant de 60 000 à 80 000 emplois liés à la filière des ENR. Je vous renvoie à la page 37 du rapport.

M. Eric Allain. Ceci ne constitue qu'une partie de la réponse à votre question ; la Cour n'a en effet pas étudié globalement sur l'économie et le tissu industriel. Ce constat est à rapprocher de celui fait par la Cour des comptes dans son rapport précité sur les dépenses fiscales en faveur du logement, qui montre de manière

général sur ce sujet un déficit en termes d'évaluation des impacts des dispositifs fiscaux, y compris de ceux, dont le CITE, qui contribuent à la transition énergétique, dont on est aujourd'hui bien en peine d'indiquer quelles sont leur véritable efficacité et leur efficacité réelle, concernant notamment les retours sur l'emploi et l'activité économique du pays.

Mme Marjolaine Meynier-Willfert, rapporteure. Avez-vous, dans le cadre des études que vous avez conduites, réfléchi à la question des coûts de l'inaction ? La transition énergétique a un coût, qui doit être calculé en considérant l'ensemble de la chaîne, depuis la construction jusqu'au démantèlement ou à la déconstruction, avec tous les impacts indirects que ceci peut avoir. Si l'on veut être absolument exhaustif, il faudrait de la même façon être en mesure de chiffrer les coûts de l'inaction. De tels travaux ont-ils été menés ? Si non, envisagez-vous de les conduire ?

Mme Catherine de Kersauson. Non, nous n'avons pas mené de tels travaux.

M. Eric Allain. La Cour, parmi ses différents outils et modes d'action, développe l'évaluation de politiques publiques au sens pur du terme. Les travaux que nous menons, y compris le rapport de synthèse sur les ENR sur lequel nous nous appuyons pour conduire ces échanges, sont des enquêtes à portée évaluative et ne constituent pas en tant que tels des évaluations, dans le sens où ils ne font pas appel par exemple à des modèles économétriques, à des panels d'experts ou à des comités d'usagers. Pour autant, l'une des orientations que la Cour souhaite prendre vise à développer ce pan d'activité. Bien évidemment, nous comptons appliquer ceci dans les domaines de l'énergie et de la transition énergétique.

Mme Laure de La Raudière. Ma question concerne les subventions d'argent public entre les filières. Avez-vous comparé un euro d'argent public dépensé sur l'éolien terrestre, le photovoltaïque ou les énergies thermiques en termes d'efficacité au regard de l'objectif recherché et du coût complet de la filière, incluant le démantèlement ?

Avez-vous par ailleurs effectué une comparaison entre un euro d'argent public investi par exemple pour réaliser des économies d'énergie par la rénovation thermique de bâtiments et un euro d'argent public investi dans les énergies renouvelables ? J'ai l'impression que l'on poursuit toujours deux objectifs en France, à savoir à la fois le taux d'énergies renouvelables et la réduction des émissions de CO₂. Avez-vous effectué des analyses et produit des recommandations relativement à ce double objectif ?

Mme Catherine de Kersauson. Je vais commencer à répondre à partir de notre rapport sur le soutien aux énergies renouvelables et laisser Eric Allain poursuivre. Nous expliquons dans ce document que le soutien au photovoltaïque coûterait aux finances publiques, à l'époque où nous avons rédigé ce texte, 38,4 milliards d'euros sur vingt ans, pour un volume de production représentant 0,7 % du *mix* électrique. Nous soulignons également qu'en matière d'éolien *offshore*, la pleine réalisation des appels d'offres lancés en 2011 et 2013 passerait 2 milliards d'euros par an sur vingt ans, pour un volume de production représentant à terme 2 % du *mix* électrique. Nous mettons ainsi en évidence la disproportion entre le coût pour les finances publiques de ces investissements et leur part dans le *mix* électrique. D'une manière générale, la Cour a pointé le déséquilibre entre le coût pour les finances publiques du soutien aux ENR électriques vs. les ENR thermiques. Nous n'avons toutefois pas réalisé d'étude globale permettant de répondre strictement à votre question.

M. Eric Allain. Il importe aussi d'apprécier la dynamique des coûts. La Cour a ainsi constaté dans son rapport sur le soutien aux ENR que les coûts au mégawattheure installé diminuaient pour un grand nombre de techniques. Ceci est par exemple particulièrement frappant sur le photovoltaïque, un peu moins sans doute pour des techniques moins matures comme l'éolien *offshore*, qui a fait couler beaucoup d'encre. Il s'agit d'un élément à prendre en considération. Il existe aujourd'hui une forme de dynamique à la baisse du coût de ces installations. En règle générale, ceci entre désormais dans le cadre d'appels d'offres : les projets retenus sont ainsi les plus compétitifs en termes de prix au mégawattheure installé. Les porteurs de ces projets, qui sont des sociétés du secteur privé, intègrent en toute logique dans ces coûts les amortissements de leurs installations, la maintenance, etc. On est donc en droit de penser, en première analyse, qu'ils intègrent y compris l'éventuel démantèlement ultime ou, plus vraisemblablement, le renouvellement de l'installation. On se situe bien *a priori* dans une logique de coût complet tel que soumis par le porteur de projet à l'adresse des autorités publiques, qui choisissent ou non de retenir la proposition en question. La tendance est globalement à la baisse, sachant évidemment que, selon les techniques, les situations peuvent s'avérer extrêmement contrastées.

Concernant votre question relative au prix de la tonne de CO₂ évitée selon le dispositif mis en place – typiquement développement des ENR vs. économies de consommation thermique ou électrique pour chauffer un logement –, la Cour n'a pas produit de travaux en la matière. Ceci mériterait en effet la prise en compte de travaux complémentaires, sachant que, comme l'a rappelé la présidente dans son propos liminaire, nous avons constaté que sur la production d'énergie elle-même, sans parler du secteur du logement qui mériterait évidemment des développements à part entière, avait été privilégiée la substitution ENR thermiques - nucléaire par rapport à une véritable réduction des émissions de gaz à effet de serre. Bien qu'il soit assez rare que la Cour des comptes propose d'augmenter les dépenses publiques, le rapport de synthèse sur les ENR recommandait en l'occurrence à l'État d'augmenter les moyens consacrés au fonds chaleur. Ceci nous paraissait parfaitement légitime, compte tenu des objectifs que par ailleurs le législateur avait assignés à l'action publique en la matière.

Mme Veronique Louwagie. Merci pour ces informations. Ce matin, il nous a été suggéré lors d'une audition de retenir comme indicateur pour évaluer les politiques publiques le coût de la tonne de CO₂ évitée. Avez-vous déjà conduit des analyses ou des réflexions en ce sens ?

Mme Catherine de Kersauson. Nous n'avons pas produit de telles analyses.

M. Eric Allain. Nous avons en revanche un certain nombre de pistes de réflexion en matière d'évaluation. Je ne suis pas certain que ceci doive constituer un critère exclusif d'évaluation, mais il est clair que ceci devrait en être un élément important, concernant par exemple la politique de transition énergétique menée dans les secteurs de l'industrie, du logement ou des transports.

M. Anthony Cellier. Je souhaiterais revenir sur vos propos concernant l'éolien *offshore*. Vous avez pointé une disposition entre les charges financières et le volume de production dans les années à venir. Vous mentionnez notamment dans le rapport les appels d'offres relatifs à l'éolien *offshore*, qui coûteraient 2 milliards d'euros pendant vingt ans. Avez-vous pris en compte la renégociation effectuée par le gouvernement l'an dernier, tant sur la production, avec un passage de 200 euros à 150 euros le mégawattheure, qu'en termes de renégociation globale de la filière ?

Mme Catherine de Kersauson. Nous n'avons, par définition, pas pris en compte cet élément, puisque la renégociation a été l'une des conséquences de notre rapport et est intervenue à l'été 2018.

M. Anthony Cellier. Regardez-vous ceci d'un œil favorable ? Les décisions prises au niveau du gouvernement et les renégociations effectuées répondent-elles aux attentes formulées dans le rapport de la Cour des comptes ?

Mme Catherine de Kersauson. Ceci va dans le bon sens. Nous n'avons toutefois pas expertisé cette renégociation.

M. le président Julien Aubert. Rassurez-vous, monsieur Cellier, quelqu'un s'en est chargé, et vous disposerez en juin du rapport que je suis en train d'élaborer sur les éoliennes en tant que rapporteur spécial du budget de l'énergie. Je précise par ailleurs que c'est M. Rametix, de la Cour des comptes, qui a supervisé l'opération de renégociation.

M. Anthony Cellier. Il est spécifié dans le rapport que, pour les ENR électriques, l'État a d'abord mis en place des tarifs garantis, l'engageant financièrement lourdement sur le long terme. Les charges contractées à la suite de décisions antérieures à 2011 représentent ainsi près de deux tiers du volume annuel de soutien supporté aujourd'hui par les finances publiques. Le rapport fait état de 5,3 milliards d'euros de dépense publique de soutien aux ENR, dont 3,6 milliards d'euros ne correspondant pas à un soutien actuel, mais à des charges antérieures. Pouvez-vous me donner une temporalité ? Depuis quand est-on passé sur ce volume ? Quel est le montant exact de ces charges ? Quel est le tendance ?

M. Eric Allain. Nous nous sommes efforcés de nous projeter dans les prochaines années, avec une convention consistant à regarder ce qui a été engagé jusqu'en 2011 et à apprécier l'impact budgétaire, la dernière échéance du graphique dont je dispose se situant en 2040. Il apparaît qu'un plafond est atteint aux alentours de 7 milliards d'euros pour la totalité des engagements pris jusqu'en 2017 inclus et que, fort heureusement, la courbe décroît ensuite progressivement. L'effet stock pèse assez lourdement sur la trajectoire. On observe toutefois que les dispositifs ont évolué et engagent un peu moins lourdement les finances publiques sur des périodes extrêmement longues et à des niveaux très élevés que ce fut le cas au cours des années 2000-2010. Pour autant, l'État est engagé. Une renégociation des conditions de soutien peut évidemment intervenir, comme pour l'éolien *offshore*, mais ceci apparaît toutefois très exceptionnel. La part des engagements contractés avant 2011 diminue en 2018, avec 3,6 milliards d'euros sur 5,2 milliards d'euros. Si l'on se projette en 2027, cette part ne sera plus que de 2,8 milliards d'euros sur 6,9 milliards d'euros. La tendance est celle-ci.

Il faut par ailleurs savoir qu'aujourd'hui les mécanismes sont un peu différents. Il s'agit de mécanismes de compensation de prix, réputés moins coûteux pour les finances publiques, mais qui induisent un transfert du risque de marché des opérateurs privés vers l'État. Ceci correspond au principe même de l'incitation et constitue l'une des difficultés de la mise en transparence de ces questions. Il est en effet difficile de se projeter dans l'avenir et d'anticiper l'évolution de ces charges, puisqu'elles dépendent, dans une mesure assez importante, de l'évolution des marchés de l'électricité.

Mme Catherine de Kersauson. Le montant des charges prévisionnelles sur longue période, estimé dans notre rapport à 121 milliards d'euros en euros courants entre 2018 et 2046, est actualisé par la commission de régulation de l'énergie (CRE). Il est de 104 à 115 milliards d'euros fin 2018 et 120 milliards d'euros en 2019.

M. le président Julien Aubert. Le recours à des appels d'offres vise à limiter le coût de soutien des ENR électriques : tout dépend en fait des projections faites par rapport au prix de l'électricité. Plus ce prix se rapproche de celui pour lequel on s'est engagé, plus le soutien aux ENR est faible. Si le prix de l'électricité baisse massivement, l'engagement de l'État deviendrait alors très fort. Dans certains pays, notamment au Brésil, on ne communique pas sur le volume des appels d'offres, ce type de donnée étant susceptible d'informer les demandeurs qui, connaissant la distribution qui sera faite par la suite, pourraient éventuellement

conclure des ententes concurrentielles. Avez-vous analysé ce dispositif d'appel d'offres par rapport à une hypothèse transnationale ? Avez-vous effectué un parangonnage international ? Vous avez pointé le fait qu'il s'agissait pour l'Etat de réduire le coût. Ceci impliquerait d'allier vers un système que les Britanniques qualifient de *complement for difference*, c'est-à-dire de complètement de rémunération garanti permettant de quantifier le soutien de l'Etat. Avez-vous analysé ceci ?

M. Eric Allain. Nous n'avons pas analysé cet aspect sous l'angle de la mesure de l'efficacité. Nous avons simplement constaté que cela se développait et faisait partie des évolutions récentes des modalités de soutien. Cette démarche nous semble intéressante en première analyse, dans la mesure où elle est susceptible de réduire le coût global du soutien.

M. le président Julien Aubert. Concernant les objectifs, vous avez expliqué que la France avait fait le choix, au travers des moyens employés, de ne pas privilégier l'objectif carbone. Or selon moi, la transition énergétique a avant tout pour but de lutter contre le réchauffement climatique. Sur les sommes que vous avez mises en avant, quel pourcentage irait selon vous à l'objectif carbone par opposition aux autres objectifs ?

M. Eric Allain. Pour le thermique, le rapport est d'environ 1 à 10. Les chiffres donnés dans le rapport, qui mériteraient d'être actualisés, faisaient état en 2016, sur un soutien total d'un peu moins de 5,3 milliards d'euros, de 4,5 milliards d'euros alloués à l'électricité et 889 millions d'euros au thermique. Si l'on raisonne en grandes masses, on peut considérer que les sommes dévolues au thermique bénéficient à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit en tout cas d'une hypothèse de travail qui paraît assez robuste. Il conviendrait d'ajouter à cela les dépenses fiscales qui peuvent cibler le thermique : nous avons évoqué précédemment le CITE, mais il convient de considérer aussi les dépenses fiscales liées à l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ).

M. le président Julien Aubert. En fait, lorsque l'on additionne les grandes masses que représentent le soutien au thermique et le CITE, on obtient finalement une somme voisine de 1,4 ou 1,5 milliard d'euros consacré à l'objectif CO₂.

Mme Marjolaine Meynier-Millière, rapporteure. N'oubliez-t-on pas la question de la sobriété, et avec elle la part d'incidence sur les pics, lorsque l'on est par exemple sur de l'effacement, qui évite des dégagements de CO₂ par un non-recours aux centrales thermiques ?

M. Eric Allain. Probablement, mais cela dépasse le champ des investigations que nous avons menées. Il conviendrait en effet d'apprécier le pourcentage en fonction des différents vecteurs énergétiques, afin de voir lesquels parmi eux contribuent en année moyenne à l'effacement, pour rester sur l'exemple que vous citez, et moduler, pondérer le coût global de l'effacement par le recours à ces vecteurs. Je ne pense toutefois pas que ceci représenterait des sommes considérables, de nature à conduire à revisiter l'image d'ensemble de l'impact relatif du carbone.

M. le président Julien Aubert. Dans la sobriété énergétique, figure la réduction d'énergie. L'un des intervenants entendus ce matin nous indiquait qu'il était différent de réduire une consommation au gaz et à l'électricité. L'objectif de maîtrise de l'énergie peut donc avoir un impact carbone ou ne pas en avoir. Or il me semble que l'on ne discrimine pas forcément, aujourd'hui, parmi les outils de sobriété énergétique. Dans les outils de CEE, il n'existe aucune prime différenciée selon que vous fassiez de l'efficacité énergétique pour réduire les émissions de CO₂ ou pas. *Grosso modo*, 1,5 milliard d'euros concerne l'objectif CO₂, contre trois fois plus pour le soutien à l'électrique. L'une des difficultés tient au fait que l'on dispose d'outils qui se superposent. Avez-vous étudié, en matière d'efficacité, le doublement potentiel ? Avez-vous par exemple regardé si, entre les CEE et le CITE, deux dépenses ne se superposaient pas ? Comment avez-vous abordé ce sujet, plus complexe que celui du soutien direct ?

Mme Catherine de Kersauson. Nous n'avons pas examiné cet aspect. Dans le rapport sur les ENR, nous avons en effet raisonné globalement et non instrument par instrument, en analysant les interactions ou les effets comparés, s'annulant éventuellement, de ces différents soutiens. Ce sont à ce stade des travaux que nous n'avons pas conduits.

M. le président Julien Aubert. Les CEE sont un outil de l'Etat extrêmement pratique, que l'on retrouve partout, dans l'électricité, le gaz, le pétrole, qui compte dans la facture, sur lequel l'Etat perçoit des taxes et dont il fixe lui-même le volume, ceci induisant une augmentation et un prélèvement, dans la mesure où tout ceci est répercuté auprès des consommateurs. Puisque vous avez mentionné le fait que, sur le soutien aux ENR, le Parlement n'avait pas son mot à dire, ne pensez-vous pas qu'il existe un sujet sur les CEE, dont il nous est dit qu'il ne s'agit pas d'une taxe, d'une quasi-taxe, d'une accise, sachant que le ministre décide, dans le secret de son ministère, d'augmenter un volume, ce qui produit mécaniquement, de facto, une augmentation pour les obligés, une répercussion financière pour les consommateurs finaux ? Il existe de plus un conflit d'intérêt, puisque lorsque le ministère de l'écologie augmente les CEE, le ministère des finances perçoit une TVA sur cette augmentation. Or le Parlement n'est en rien consulté. Il nous a d'ailleurs été dit, concernant précisément les CEE, que sur la période actuelle, les obligés peinaient à remplir leurs objectifs. Comment, sans perdre la nature particulière des CEE, qui est intéressante dans les aspects marchés et que personne ne conteste, le Parlement pourrait-il être associé aux décisions ? On voit bien, sur les ENR, comment essayer de

contrôler le volume, avec éventuellement des systèmes de *complément for difference* ou en tout cas le vote de volume maximum d'aides aux ENR. Mais comment procéder relativement aux CEE ?

M. Eric Allain. Vous posez là une question difficile, à laquelle je ne saurais répondre. Les CEE sont un objet étrange, ni budgétaire, ni fiscal, dont même la qualification en termes comptables peut susciter quelques interrogations. La question du levier permettant d'intégrer cet outil dans une politique énergétique complètement débattue m'échappe à ce stade. Ce pourrait être éventuellement l'objet de futures investigations de la Cour.

M. le président Julien Aubert. Ma dernière question porte sur le contrôle interne et la manière dont vous avez évalué les CEE. Le rapport d'évaluation de 2013 a été rapporté par Mme Pappalardo, présidente de l'ADEME de 2003 à 2008. Or les CEE, mis en place précisément par l'ADEME, ont été lancés en 2006. Y a-t-il eu, lors de l'examen de l'évaluation de 2013, une procédure particulière, dans la mesure où Mme Pappalardo a rapporté sur ce sujet qu'elle connaissait, puisqu'elle avait contribué à lancer le dispositif ? Des mesures spécifiques ont-elles été prises afin d'éviter un processus de juge et partie ?

Mme Catherine de Kersauson. J'ignore si des observations de ce type ont été formulées lors de l'adoption de ce rapport, mais me permettez de vous rappeler que les rapports de la Cour des comptes font l'objet d'une procédure contradictoire et collégiale. Ainsi, la communication au premier ministre de 2013 a donné lieu à une délibération collégiale : il s'agit donc d'un rapport de la Cour, non d'un rapport de Mme Pappalardo.

M. Vincent Thiébaud. En dehors des ENR, il est bien question d'un mix énergétique global, dont les ENR ne sont qu'une partie. Vous nous avez communiqué des coûts relativement à la partie ENR. Je sais que la Cour des comptes a aussi travaillé sur les problématiques des autres énergies, qu'il s'agisse notamment de démantèlement ou de la prolongation des centrales nucléaires. Ce coût est également supporté par les contribuables. Avez-vous pu effectuer une comparaison entre ce que coûtent d'une part les ENR, qui sont des énergies émergentes, pour certaines encore en phase d'innovation et de perfectionnement, et ont logiquement besoin de soutien, d'autre part le maintien de l'énergie nucléaire ? L'idée n'est pas nécessairement d'opposer les deux, mais d'avoir un aperçu de ce que coûte l'un par rapport à l'autre. Je pense en effet que l'avantage des ENR est que si l'on parvient, à un moment donné, à un coût de marché intéressant, comme dans le secteur du photovoltaïque où les coûts ont bien baissé depuis dix ans, alors on aura moins de problématique dans la prolongation ou en tout cas dans le renouvellement.

M. Eric Allain. La Cour des comptes s'est en effet penchée en 2012, ce qui constituait un travail alors assez original et inédit, sur l'appréciation du coût de l'électricité nucléaire, qui représente aujourd'hui trois quarts de la production électrique nationale. Ces travaux ont été réactualisés en 2014 et il est prévu qu'ils le soient régulièrement. L'approche de la Cour est une approche en coût complet, qui n'est pas directement à relier au coût de marché, ni même au prix de vente de l'électricité du parc nucléaire historique, à laquelle la présidente a fait allusion précédemment dans le cadre du dispositif de l'ARENH, qui est à 42 euros le mégawattheure. Lorsque nous avons évalué le coût complet en 2014, il s'établissait aux alentours de 65 euros le mégawattheure. On parle bien ici du parc nucléaire existant, soit les 58 réacteurs nucléaires aujourd'hui en activité.

Le deuxième sujet est d'apprécier les différents vecteurs et leurs positionnements relatifs. Concernant les ENR, les coûts ont pu être largement supérieurs à 100 euros du mégawattheure et le sont d'ailleurs restés pour certaines techniques, tandis qu'ils sont en décroissance forte pour d'autres : tout dépend de l'évolution des différentes technologies et des économies d'échelle. Dans cette question de ce que les spécialistes qualifient de « foisonnement », qui renvoie à la manière dont on articule les différentes sources d'énergie pour assurer une régularité de l'approvisionnement et un équilibrage permanent du marché et la demande d'électricité, il faut considérer que ces énergies n'ont pas les mêmes caractéristiques : certaines, comme le nucléaire, mais aussi les centrales à gaz et à charbon, sur lesquelles je passerai dans la mesure où il est prévu que ces modes de production disparaissent à court ou moyen terme, sont dites « pilotables », ce qui n'est pas le cas des ENR. Des appréciations peuvent être menées sur la part des énergies non pilotables susceptibles d'être acceptées dans le mix électrique sans que cela n'ait forcément de conséquence sur la capacité des gestionnaires de réseaux à assurer en permanence l'adéquation entre l'offre et la demande. On entend dire aujourd'hui que 20 % à 30 % d'ENR ne posent pas de difficulté particulière. Au-delà, ceci peut générer des difficultés ou nécessiter des investissements supplémentaires, qui seraient répercutés sur le consommateur, par le biais notamment du tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE). Il ne s'agit pas de questions que la Cour a réellement investiguées en tant que telles.

L'aspect des coûts est évidemment important et a été développé dans notre rapport sur les ENR, pour indiquer que la problématique des coûts de revient devait être mieux prise en compte dans les choix faits par la France lorsqu'elle décide de développer tel ou tel type d'énergie renouvelable. Pour autant, ceci est à comparer avec d'autres vecteurs énergétiques qui assurent aujourd'hui une base de production solide.

M. Vincent Thiébaud. Lorsque vous parlez de coût complet, je suppose que ceci inclut la production, la maintenance, le démantèlement, le stockage, etc.

M. Eric Allain. Absolument : ce coût inclut, en fonction des informations disponibles et de la manière dont elles sont retracées dans les comptes des exploitants, principalement EDF, les opérations de fin de cycle, c'est-à-

dire la gestion des opérations de démantèlement, donc le provisionnement effectué chaque année par EDF pour assurer sa capacité à démanteler les installations une fois qu'elles seront en fin de vie, ainsi que la gestion des déchets telle qu'elle est aujourd'hui estimée.

M. Vincent Thiébaud. À 65 euros le mégawattheure, la tarification actuelle va-t-elle permettre de couvrir l'ensemble de ce coût complet ? Ne faudra-t-il pas, à un moment donné, faire appel à l'argent public pour assurer l'ensemble des opérations ?

M. Eric Allain. J'ai pris soin de préciser précédemment que le coût complet et le prix de vente étaient deux éléments différents, qu'il ne fallait pas comparer strictement l'un à l'autre. Un prix de vente se raisonne plutôt en coût marginal, tandis qu'un coût complet, par construction, ne le peut pas. Il ne s'agit pas d'un travail instruit par la Cour, si bien qu'il me faut être très prudent sur ce sujet. Le tarif de l'ARENH a été conçu, à l'origine, pour couvrir les coûts de production de l'électricité nucléaire d'EDF et n'a pas évolué depuis quelques années déjà. Je rappelle toutefois que nous n'avons pas instruit ce sujet. Il existe de même aujourd'hui une problématique sur l'évolution de l'ARENH, qui peut en effet poser question. On parle bien là du parc historique ; la question se pose bien évidemment dans des termes similaires sur le principe, mais assez différents en termes de masse financière, pour un futur parc nucléaire. Il y aurait là aussi un dispositif de prix à imaginer.

M. Anthony Collier. Il est affirmé dans le rapport que « l'architecture budgétaire actuelle ne permet pas en effet au Parlement ni de se prononcer sur les nouveaux engagements, ni d'approuver la dynamique consolidée d'évolution des charges du fait des engagements passés ou nouveaux. Le Parlement devrait donc être mieux associé à la définition des objectifs de développement des ENR et des volumes financiers de soutien aux ENR ». J'ai sollicité l'année dernière la co-signature d'une centaine de parlementaires invitant à une meilleure implication du Parlement quant à la programmation pluriannuelle de l'énergie ; les CCE pourraient entrer pleinement dans ce type de réflexion. Nous avons évoqué l'hypothèse d'une loi programmatique, un peu comme une loi de programmation militaire. Avez-vous réfléchi à cet aspect ? Avez-vous des pistes à nous faire partager dans ce domaine ?

Mme Catherine de Kersauson. Comme vous l'avez lu dans le rapport, nous avons formulé une orientation sur ce sujet, visant à ce que le Parlement soit « mieux associé à la définition des objectifs de développement des ENR et des volumes financiers de soutien aux ENR », mais sans évoquer l'outil qui serait le plus adapté.

M. le président Julien Aubert. Toutes proportions gardées, ce sujet est assez voisin de celui des retraites : il s'agit d'une dépense certaine, lointaine et dont l'évaluation dépend de différents paramètres, tels que l'âge de la retraite pour l'un ou le prix de l'électricité sur le marché de gros pour l'autre. Vous constatez dans votre rapport que le Parlement voit passer le flux annuel, mais n'a de vision ni sur l'amont, ni sur l'aval, ni sur le long terme. Vous aviez d'ailleurs annoncé à ce propos des chiffres quelque peu effrayants, de l'ordre de 120 milliards d'euros. Ne pourrait-on s'inspirer de l'architecture imaginée dans le cadre des retraites pour disposer des engagements « hors bilan » que représentent les engagements de l'État, pour lesquels on est certain que la dépense arrivera ? Existe-t-il au contraire entre les deux situations des éléments qui diffèrent et rendraient impossible de s'inspirer du cadre des retraites pour disposer d'une visibilité budgétaire dans ce domaine ?

M. Eric Allain. Nous ne nous sommes pas nécessairement inspirés du système des retraites, mais avons critiqué la logique annuelle, dans laquelle le Parlement ne fait que constater l'évolution des coûts sans influencer sur le niveau des engagements. Il s'agit d'une logique dans laquelle les autorisations d'engagement (AE) sont égales aux crédits de paiement (CP) pour le CAS, principal vecteur retraçant la dépense budgétaire associée au soutien aux ENR. Nous avons formulé à ce propos non une recommandation définissant un schéma précis, comme la Cour le fait parfois, mais une orientation, dans la mesure où nous estimons qu'il existe plusieurs façons d'atteindre le but. Une manière consisterait à déterminer un niveau d'AE sur quinze ou vingt ans, en fonction des appels d'offres sur lesquels l'État contracterait, à suivre l'évolution de ce montant d'AE et les profils de décaissement assortis en fonction des évolutions des marchés de l'électricité. Aujourd'hui, ces éléments de dépense et de projection de la dépense sont suivis de fait et il n'y a la aucune critique à formuler à l'égard des administrations compétentes. La question est de savoir comment partager ceci et comment le transcrire dans un outil adapté. Le CAS ne conviendrait évidemment pas et il faudrait trouver un autre support budgétaire pour à la fois transcrire les engagements et dépenses associées et soumettre ce vecteur budgétaire au Parlement, afin que ce dernier puisse en débattre.

Cela peut prendre différentes formes. L'un des membres de votre commission évoquait une loi de programmation. Face à ces différentes possibilités, la Cour ne s'est pas sentie totalement assurée et légitime pour indiquer le vecteur le mieux adapté ou la meilleure manière de procéder. En revanche, aucun élément d'identité dans le corpus juridique français ne s'oppose fermement à ce que nous puissions par exemple évaluer un montant pluriannuel d'autorisations d'engagement. Ceci existe déjà pour certains types de projets, comme les partenariats public-privé (PPP), et on pourrait très bien imaginer que ceci puisse être mis en œuvre dans le domaine de l'énergie, compte tenu des particularités des modalités de soutien.

Mme Catherine de Kersauson. Dans notre rapport, nous soulignons que la PPE était adoptée par décret et était trop imprécise en matière d'impact sur les finances publiques. Nous n'en avons pas fait une recommandation, mais il ressort clairement du rapport que l'une des solutions pourrait être que le

Parlement puisse se prononcer sur les éléments de programmation contenus dans la PPE et que cette dernière soit plus précise s'agissant des soutiens publics liés aux objectifs affichés.

M. Anthony Cellier. Je me permets de préciser à l'attention de nos concitoyens qui regarderaient cette audition retransmise sur le site de l'Assemblée nationale que les parlementaires ne sont malgré tout pas complètement démunis et peuvent agir *a posteriori*, dans le cadre de leur mission de contrôle.

M. le président Julien Aubert. Une fois que le train est passé, donc.

Estimez-vous que la maquette budgétaire actuelle concernant la politique de transition énergétique est optimale au regard de la lisibilité pour le citoyen, lorsque l'on considère les objectifs de la loi organique relative aux lois de finances (LOLF) et des programmes tels que le programme 345 auquel vous avez fait allusion ? Ces programmes correspondent-ils à l'esprit de la loi ou y aurait-il un travail de toilettage à effectuer ? Auriez-vous éventuellement des suggestions à formuler dans ce domaine ?

M. Eric Allain. Nous évoquions précédemment le remboursement de la compensation de CSPÉ auprès des exploitants, EDF principalement, antérieure à 2015. Une partie de cette charge relève du programme 345 et l'autre du CAS « *Transition énergétique* ». Il y a là en effet un vrai problème de lisibilité, il existe des modalités différentes dans la manière dont les charges sont aujourd'hui reflétées, budgétisées et *in fine* décaissées entre le programme 345 et le CAS. Il y a donc là à un problème de maquette entre le programme 345 et un élément de la mission « *Écologie, transport et développement durable* », dans la mesure où le CAS est disjoint. On pourrait également compléter par les dépenses fiscales. Il n'est donc pas certain que ce schéma offre une visibilité complète et facilite la lecture, l'appropriation, l'évaluation et le contrôle des éléments concernés.

Mme Catherine de Kersauson. Concernant ce constat d'une lisibilité insuffisante des documents budgétaires à cet égard, sachez que vous trouverez des éléments dans les notes d'exécution budgétaires correspondantes, qui vont être communiquées prochainement au Parlement.

M. le président Julien Aubert. Il existe donc des gisements d'amélioration non exploités.

Il me reste, madame la présidente, monsieur le président, à vous remercier pour le temps que vous avez consacré et les détails que vous avez bien voulu apporter à cette commission d'enquête.

L'audition s'achève à dix-huit heures trente.

—tptp—

Membres présents ou excusés

Commission d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique

Réunion du mardi 9 avril 2019 à 17 heures

Présents. - M. Julien Aubert, Mme Marie-Noëlle Battistel, M. Anthony Cellier, M. Vincent Descoeur, Mme Laure de La Raudière, Mme Véronique Louwagie, M. Emmanuel Maquet, Mme Marjolaine Meynier-Milleref, M. Hervé Pellois, M. Didier Quentin, M. Vincent Thiébaud

Excusés. - Mme Sophie Auconie, M. Christophe Bouillon, M. Jean-Charles Larssonneur

Mars 2018

Communication à la commission des finances du Sénat

LE SOUTIEN AUX ENERGIES RENOUVELABLES



Cour des comptes

Financière S
Sylvain
Cieutatius x
Recommandations

Sommaire

5	AVERTISSEMENT
7	SYNTHÈSE
11	ORIENTATIONS ET RECOMMANDATIONS
13	INTRODUCTION
17	CHAPITRE I DES OBJECTIFS AMBITIEUX DIFFICILEMENT ATTEIGNABLES
17	I - DES OBJECTIFS PARTICULIÈREMENT AMBITIEUX
17	A - Des objectifs qui s'inscrivent dans un cadre européen
17	B - Une programmation ambitieuse fondée sur un double objectif
20	C - Des objectifs industriels devenus secondaires
24	D - Une programmation qui amène à soutenir toutes les filières
26	II - DES RÉSULTATS NOTABLES MAIS EN DEÇÀ DES OBJECTIFS AFFICHÉS
26	A - Une progression en demi-teinte
29	B - Un contexte de développement défavorable
32	C - Des retombées économiques réelles mais un bilan industriel décevant
43	CHAPITRE II DES CHARGES IMPORTANTES, DURABLES ET MAL ÉVALUÉES
45	I - UN SOUTIEN FINANCIER TRÈS ÉLEVÉ ET DÉSÉQUILIBRÉ
45	A - Des décisions passées pesant sur les marges financières de l'Etat
48	B - Un net déséquilibre entre EnR électriques et thermiques
49	C - Une connaissance des coûts constatés à améliorer
50	II - UN VOLUME GLOBAL DES CHARGES DE SOUTIEN À VENIR MAL ANTICIPÉ
50	A - Le poids financier croissant du soutien aux EnR électriques
52	B - Un besoin de projection accru pour évaluer les soutiens nécessaires
56	C - Une trajectoire financière marquée par de fortes incertitudes
58	D - La nécessaire prise en compte des coûts induits pour les réseaux électriques et le stockage
59	III - DES DISPOSITIFS QUI NÉCESSITENT ENCORE DES AJUSTEMENTS
59	A - Un besoin de rééquilibrage des soutiens vers les EnR thermiques
63	B - Des marges d'efficacité pour les dispositifs de soutien aux EnR électriques
66	C - Une meilleure articulation à trouver entre les politiques énergétiques et les politiques de filières
73	CHAPITRE III UN PILOTAGE PEU LISIBLE ET INSUFFISAMMENT INTÉGRÉ
73	I - UNE ABSENCE DE TRANSPARENCE DES ENGAGEMENTS BUDGÉTAIRES
73	A - Une réforme opportune des charges de service public de l'énergie
76	B - Une absence de contrôle budgétaire
78	II - UNE POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE CLOISONNÉE
79	A - Un manque de cohérence préjudiciable à la première programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)
80	B - Une gouvernance insuffisamment intégrée
84	III - UNE ORGANISATION INTERMINISTÉRIELLE À RENFORCER
84	A - Des erreurs de pilotage ayant freiné le développement des capacités d'énergies renouvelables
85	B - Une insuffisante coordination entre directions
89	CONCLUSION GÉNÉRALE
91	GLOSSAIRE
93	ANNEXES

Avertissement

En application du 2° de l'article 58 de la loi organique n° 2001-692 du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances (LOLF), la Cour des comptes a été saisie par lettre du 19 décembre 2016 de la présidente de la commission des finances du Sénat d'une demande d'enquête portant sur les politiques publiques de soutien au développement des énergies renouvelables (ENR). Cette demande a été acceptée par le Premier président le 11 janvier 2017.

Les modalités d'organisation ainsi que le périmètre des travaux demandés à la Cour ont été déterminés en accord avec le sénateur Jean-François Husson, membre de la commission des finances du Sénat, au cours d'un entretien qui s'est déroulé le 8 mars 2017 en présence de la présidente de la section énergie de la deuxième chambre de la Cour des comptes. Ces modalités ont été confirmées dans une lettre du 26 avril 2017 qui a fixé l'échéance de transmission de l'enquête à la commission du Sénat au 15 mars 2018.

Il a été convenu que cette enquête élabore un bilan des politiques publiques de soutien au développement des énergies renouvelables en se focalisant sur cinq enjeux : les objectifs de développement fixés aux ENR, les résultats atteints par rapport à la trajectoire visée, les politiques menées en terme de soutien industriel, le coût public passé et à venir des mesures de soutien déployées et le pilotage de ces dispositifs.

Le périmètre ainsi retenu n'épuise pas la question de l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique français. Celle-ci renvoie aussi à d'autres sujets non traités ici, que sont la gestion de la variabilité de la production, les potentialités du stockage, les enjeux d'adaptation des réseaux ou des mécanismes de capacité, dans le cadre d'un système énergétique en pleine mutation, non seulement du fait de l'intégration des énergies renouvelables mais également du recours accru au numérique, aux réseaux intelligents ou à l'autoconsommation. L'angle d'analyse retenu pour ce rapport est celui du pilotage global de la politique de soutien au développement des énergies renouvelables, en lien avec les évolutions majeures qu'ont constituées la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et le premier exercice de programmation pluriannuelle de l'énergie. Il diffère ainsi de l'analyse micro-économique de chacune des filières et de leurs mécanismes de soutien, que la Cour avait conduite dans le rapport public thématique sur les énergies renouvelables en 2013.

Le bilan synthétise les constatations tirées de trois contrôles préparatoires réalisés par la deuxième chambre de la Cour des comptes au cours de l'année 2017, dédiés respectivement au développement des ENR pour la production d'électricité, à leurs filières industrielles et au développement des ENR pour la production de chaleur et qui ont exploré le détail du développement des filières.

L'instruction, qui s'est déroulée de janvier à juillet 2017, s'est appuyée sur l'analyse des réponses reçues à plusieurs questionnaires et des documents communiqués par les entités contrôlées, ainsi que sur de nombreux entretiens au sein de l'administration, des agences et autorités de régulation et auprès des acteurs privés (syndicat des énergies renouvelables, EDF,

Engie). Elle a également donné lieu à des déplacements sur le terrain et à des rencontres avec une large palette d'acteurs complémentaires, dont des collectivités territoriales. Une étude de parangonnage européen couvrant l'Allemagne, la Suède, l'Espagne et le Royaume-Uni a également été diligentée à la demande de la Cour par la direction générale du Trésor, et a nourri les observations du présent rapport.

Les observations définitives de ces trois contrôles ont été adoptées après délibérations des 23 et 30 novembre 2017 et assorties de recommandations adressées aux administrations concernées.

Le rapport de synthèse a été délibéré le 15 décembre 2017 et un relevé d'observations provisoires a été adressé, le 22 décembre 2017, conformément à l'article R. 143-7 du code des juridictions financières, au secrétaire général du Gouvernement (SGG), au directeur général de l'énergie et du climat (DGEC), à la directrice générale du Trésor, au directeur général des entreprises (DGE), à la directrice du budget, au président de l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et au président de la commission de régulation de l'énergie (CRE).

Le Premier ministre a répondu par une réponse unique et globale présentant les mesures qu'il entend prendre pour faire évoluer les politiques publiques de soutien au développement des énergies renouvelables.

Des audits du président de la commission de régulation de l'énergie, du directeur général de l'énergie et du climat, du directeur production et énergie renouvelable de l'ADEME et du sous-directeur du budget chargé du développement durable ont été effectuées en application de l'article L. 143-0-1 du code des juridictions financières.

Le présent rapport, qui constitue la synthèse définitive de l'enquête menée par la Cour, a été délibéré, le 23 février 2018, par la deuxième chambre présidée par Mme de Kersauson, présidente de chambre, et composée de M. Allain, Mme Darragon, Mme Podeur, M. Guéroult, M. Angermann, conseillers-maîtres, ainsi que, en tant que rapporteurs de la synthèse, M. Xavier Lafon, conseiller référendaire, Mme Lucie Roesch, auditrice, Mme Isabelle Vincent, rapporteur extérieur, Mme Elsa Demangeon, vérificatrice et, en tant que contre-rapporteur, Mme Sylvie Lemmet-Severino, conseillère-maître.

Ce rapport ne prend donc pas en compte les décisions et événements postérieurs au 23 février 2018 et en particulier les suites qui auront pu être données dans le cadre de la révision de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

Le projet de communication a enfin été examiné et approuvé le 13 mars 2018 par le comité du rapport public et des programmes de la Cour des comptes, composé de M. Migaud, Premier président, MM. Briet, Vachia, Paul, rapporteur général du comité, Duchadeuil, Mme Moati, M. Morin et Mme de Kersauson, présidents de chambre, et M. Johanet, procureur général, entendu en ses avis.

Synthèse

L'engagement français en faveur des énergies renouvelables (ENR) s'inscrit dans le cadre d'objectifs européens formalisés à partir de 2001 par des directives successives.

La loi du 13 juillet 2005¹, dite loi POPF, est la première à chiffrer des objectifs de promotion des énergies renouvelables. La concertation conduite ensuite dans le cadre du Grenelle de l'Environnement et l'obligation de transposer les objectifs européens donnent une nouvelle impulsion politique forte à la promotion des énergies renouvelables, rétranscrite dans la loi du 3 août 2009. Elle fixe à horizon 2020 un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie². Les objectifs adoptés par voie législative sont alors déclinés par la voie réglementaire dans le cadre d'une programmation pluriannuelle des investissements pour la chaleur et l'électricité (PPI) en 2009³, assortie d'un plan d'action national (PNA) en faveur des ENR (2009-2020).

Enfin en 2015, par le biais de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)⁴, la France prolonge son objectif de pénétration des ENR dans la consommation finale brute d'énergie, qu'elle fixe à 32 % en 2030. Cette trajectoire est ensuite mise en œuvre et déclinée au travers de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)⁵.

La stratégie énergétique française formulée dans la LTECV repose sur un double objectif, climatique et énergétique. Le développement des énergies renouvelables doit ainsi permettre de limiter les émissions de gaz à effet de serre en se substituant aux énergies fossiles et de réduire la part de l'énergie nucléaire à 50 % du mix électrique d'ici 2025. La Cour démontre toutefois que ce dernier objectif n'était pas compatible avec la trajectoire d'augmentation des capacités d'énergies renouvelables électriques déterminée en 2016 par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), ce qu'a confirmé le ministre chargé de l'énergie⁶ en novembre 2017. Il conviendrait donc, à l'occasion de la révision de la PPE en 2018, de définir une stratégie énergétique cohérente entre les objectifs de production d'ENR et l'objectif de réduction de la part de l'énergie nucléaire dans le mix.

Le déploiement des énergies renouvelables observé au cours de la dernière décennie est significatif : leur volume dans le mix français a progressivement augmenté, passant de 9,2 % dans la consommation finale d'énergie en 2005 à 15,7 % fin 2016. Toutefois, malgré les efforts entrepris, la Cour constate, comme en 2013⁷, un décalage persistant au regard des objectifs affichés. Elle note également que, faute d'avoir établi une stratégie claire et des dispositifs de soutien stables et cohérents, le tissu industriel français a peu profité du développement des ENR.

¹ Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de politique énergétique.
² Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.
³ Arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité.
⁴ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique et pour la croissance verte.
⁵ Décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.
⁶ Communication du ministre de la transition écologique et solidaire au Conseil des ministres du 7 novembre 2017.
⁷ Cour des comptes, rapport public thématique, *la politique de développement des énergies renouvelables*, juillet 2013.

Contrairement à d'autres Etats européens, la France n'est en effet pas parvenue à se doter de champions dans ce secteur. Une clarification des ambitions industrielles françaises en matière d'ENR s'impose donc, au regard des opportunités économiques que la croissance de ce secteur recèle, s'agissant en particulier de nouvelles technologies, telles que le stockage et les réseaux intelligents.

Ce bilan industriel décevant doit être mis en regard des moyens considérables qui sont consacrés au développement des énergies renouvelables, en particulier aux ENR électriques. La politique de soutien aux ENR s'articule principalement autour de deux leviers, celui des subventions et des avantages fiscaux, et celui de la taxation des énergies fossiles. Les ENR électriques bénéficient de subventions d'exploitation au travers d'obligations d'achat et de mécanismes de compensation, les ENR thermiques bénéficient de subventions d'investissement par le biais du fonds chaleur et les dispositifs fiscaux, le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) notamment, bénéficient aux particuliers pour l'achat d'équipements destinés à utiliser des ENR pour la production de chaleur ou de froid.

Tous les pays européens n'ont pas adopté la même stratégie de soutien aux ENR. La Suède a mobilisé le levier fiscal dès 1991 via une taxe carbone élevée, rendant le recours aux énergies fossiles particulièrement coûteux. L'Allemagne a fondé sa transition énergétique sur le double objectif de sortir du nucléaire et de réduire le recours au charbon, en misant sur le développement des filières électriques renouvelables. Le Royaume-Uni a adopté une stratégie plus mesurée, en instaurant notamment un plafond de dépenses annuelles de soutien.

En France, la somme des dépenses publiques de soutien aux ENR est estimée pour 2016 à 5,3 Md€. Cette mobilisation financière va connaître une progression forte : si la France réalise la trajectoire qu'elle s'est fixée, les dépenses relatives aux ENR électriques pourraient ainsi atteindre 7,5 Md€ en 2023. Les ENR électriques bénéficient de l'essentiel de ces dépenses publiques avec, en 2016, 4,4 Md€ contre 567 M€ pour les ENR thermiques. Ce dernier montant n'apparat pas à la hauteur des besoins correspondant aux objectifs fixés et donc à la réalisation des engagements climatiques français. Ainsi, les ENR thermiques reçoivent aujourd'hui l'équivalent d'un dixième du volume de soutien public consacré aux ENR alors qu'elles représentent 60 % de la production nationale, hors transports. Le soutien à ces énergies est d'autant plus nécessaire que leur développement est obéré par des freins importants, en particulier la tendance baissière des prix des énergies fossiles, qui crée un écart de compétitivité que le niveau actuel de la taxe carbone⁸ ne parvient pas à compenser.

Au sein du budget consacré au déploiement des ENR, le poids des engagements passés est très significatif : pour les ENR électriques, l'Etat a d'abord mis en place des tarifs garantis, l'engageant financièrement lourdement sur le long terme. Les charges contractées à la suite de décisions antérieures à 2011 représentent ainsi près des deux tiers du volume annuel de soutien supporté aujourd'hui par les finances publiques. Les soutiens octroyés par l'Etat se sont aussi avérés disproportionnés par rapport à la contribution de certaines filières aux objectifs de développement des ENR : pour le photovoltaïque par exemple, les garanties accordées avant

⁸ Composante carbone des taxes intérieures de consommation (TICPE, TICGN, etc.).

2011 représenteront 2 Md€ par an jusqu'en 2030 (soit 38,4 Md€ en cumulé) pour un volume de production équivalent à 0,7 % du mix électrique.

Malgré des ajustements positifs intervenus dans l'architecture des dispositifs de soutien, cette disproportion entre charges financières et volumes de production est amenée à se poursuivre dans certaines filières. Ainsi, la pleine réalisation des appels d'offres de 2011 et 2013 sur l'éolien *offshore* coûterait aux finances publiques 2 Md€ par an pendant 20 ans (soit 40,7 Md€ en cumulé) pour un volume équivalent à 2 % de la production électrique.

Afin d'éclairer les décisions publiques prises à l'avenir, la Cour considère désormais indispensable de calculer et révéler le coût complet du mix énergétique programé et les soutiens publics induits, et d'asseoir les décisions de programmation énergétique sur ces informations. Par ailleurs, si des évolutions positives ont été apportées aux différents mécanismes de soutien, des marges d'amélioration importantes subsistent. Le rapport propose à cet égard des pistes pour améliorer l'efficacité des mécanismes actuels, s'inspirant notamment des expériences étrangères.

Sur le plan budgétaire, la récente réforme de la contribution au service public de l'électricité (CSPE) et la création en 2015 du compte d'affectation spéciale (CAS) *Transition Énergétique* ont permis de donner une visibilité annuelle à un dispositif qui avait prospéré de manière extrabudgétaire. Toutefois, l'existence du CAS constitue un progrès insuffisant car il ne permet pas de faire apparaître l'ensemble des coûts que devront supporter à long terme les finances publiques au titre des engagements contractés. L'architecture budgétaire actuelle ne permet en effet au Parlement ni de se prononcer sur les nouveaux engagements, ni d'apprécier la dynamique consolidée d'évolution des charges du fait des engagements passés ou nouveaux. Le Parlement devrait donc être mieux associé à la définition des objectifs de développement des ENR et des volumes financiers de soutien aux ENR.

S'agissant de la planification de la stratégie énergétique, l'actualisation de la PPE, qui interviendra en 2018, devrait permettre de faire émerger une stratégie de développement plus concertée, capable de contrôler davantage de crédibilité aux engagements publics en faveur des énergies renouvelables. À cette fin, il apparaît souhaitable que les choix gouvernementaux soient éclairés par les travaux d'un comité associant l'ensemble des parties prenantes à la stratégie énergétique et qui, à l'image du Conseil d'orientation des retraites, pourrait réaliser des scénarii prospectifs. Cette instance se substituerait aux nombreuses structures de gouvernance existant dans le domaine de la politique énergétique. Dans sa réponse aux observations provisoires, le Premier ministre indique l'envisager.

Enfin, au sein des services de l'État, la conduite des politiques de soutien aux énergies renouvelables s'appuie presque exclusivement sur le ministre chargé de l'énergie et en particulier sur la direction générale de l'énergie et du climat (DGE). Le dialogue interministériel est de ce fait très limité dans un domaine de politique publique qui devrait pourtant, par nature, partiellement s'y prêter. Le pilotage de la politique de soutien aux énergies renouvelables *via* un secrétariat ou un comité interministériel présidé par les services du Premier ministre pourrait assurer la montée en puissance des directions ministérielles intéressées et le bon alignement des politiques des ministères concernés (recherche, industrie, agriculture, etc.).

Orientations et recommandations

La Cour propose les orientations suivantes :

1. à l'occasion de la révision de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de 2018 :
 - définir une stratégie énergétique cohérente entre les objectifs de production d'énergies renouvelables (EnR) électriques et l'objectif de réduction de la part de l'énergie nucléaire dans le mix ;
 - clarifier les objectifs industriels français associés au développement futur des EnR.
2. mieux associer le Parlement à la définition des objectifs de développement des EnR et des volumes financiers de soutien aux EnR.

La Cour formule en outre les recommandations suivantes :

1. publier le calcul des coûts de production et des prix, actuels et prévisionnels, de l'ensemble du mix énergétique programmé dans la PPE, et l'utiliser pour contenir le volume des soutiens publics associés aux objectifs de la politique énergétique, à court, moyen et long termes ;
2. respecter la trajectoire d'augmentation de la composante carbone des taxes intérieures de consommation énergétiques telle que définie par la loi de finances initiale (LFI) pour 2018 jusqu'en 2022 et, au-delà, fixer cette trajectoire en cohérence avec les objectifs de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) en matière d'énergies renouvelables et de récupération thermique ;
3. accroître les moyens du fonds chaleur pour atteindre les objectifs de développement fixés aux EnR thermiques ;
4. améliorer l'efficacité des mécanismes de soutien aux EnR électriques, notamment :
 - en faisant évoluer les procédures d'appels d'offres et d'autorisation administrative pour accélérer le déploiement des projets ;
 - en étendant les appels d'offres pour l'attribution d'aide à la production d'électricité d'origine éolienne aux installations de plus de 6 MW ;
 - en fixant des plafonds de prix pour les projets dans les filières non matures.
5. créer, à l'image du Conseil du Conseil d'orientation des retraites (COR) et en remplacement d'autres instances existantes, un comité chargé d'éclairer les choix gouvernementaux relatifs à l'avenir de la politique de l'énergie ;
6. mettre en place une instance de pilotage interministériel de la politique énergétique placée auprès du Premier ministre.



Annexe 6



Sélectionner une page

LES COÛTS DE L'ÉOLIEN

L'éolien, comme les autres sources d'énergies renouvelables, a bénéficié d'un soutien depuis plusieurs années et challenge désormais toutes autres formes d'énergies. Il représente aujourd'hui un coût très faible sur la facture du consommateur pour des bénéfices certains: un mix énergétique plus transparent, stable et écologique !

La part sur votre facture d'électricité ?

Ce que paye les consommateurs via leur facture d'électricité c'est la Contribution au Service Public de l'Électricité (CSPE). En 2016, 19 % du montant total de la CSPE était destiné au soutien du développement éolien(1). Le coût annuel du soutien à l'énergie éolienne pour un ménage consommant 2,5 MWh par an représentait environ 12 € en 2016, soit 1 € par mois(2).

1€
par mois et par foyer.
C'est le coût de l'énergie éolienne
pour les Français en 2018*.

17%
L'éolien en France représente 17%
de la CSPF** en 2019***.



* Coût annuel du soutien à l'énergie éolienne pour un ménage consommant 2,5 MWh par an source CRE.
** Charges de service public de l'énergie.
*** Source CRE (Commission de Régulation de l'Énergie)

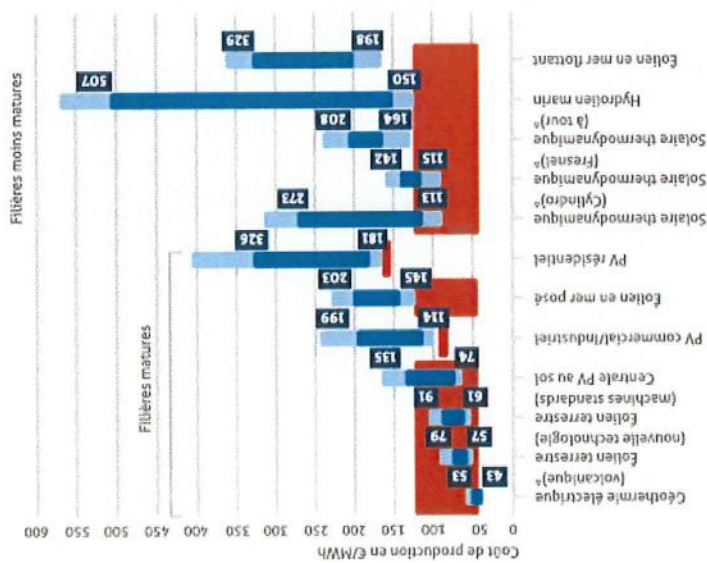
L'éolien une des énergies les plus compétitives sur le marché.

Avec le passage progressif aux appels d'offres le soutien de l'Etat accordé à la production d'énergie éolienne se réduit. Pour les installations de moins de 6 éoliennes(3), le niveau a été fixé en 2017 entre 40 et 72 €/MWh pendant 20 ans.

Les résultats du 1er appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation de parcs éoliens terrestres révèlent un prix moyen du MWh en nette baisse. Sur l'ensemble des projets, le MWh sera vendu, en moyenne, à 65,4€, complètement de rémunération inclus.(4)En comparaison, le coût de l'électricité produite par le nouveau nucléaire s'élèvera à 110 €/MWh (EPR de Hinkley Point).

1. La part des énergies renouvelables électriques dans le budget CSPF est de 67,4 %, le reste est destiné à d'autres énergies, au développement des réseaux, etc. 2. Délégation de la Commission de Régulation de l'énergie du 13 juillet 2017 3. Parcs de moins de 6 machines de puissance unitaire de moins de 3 MW. 4. Arrêté du 6 mai 2017 fixant les conditions du complètement de rémunération de l'électricité produite par les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent de 6 aéro-générateurs au maximum.

Coûts complets de production en France pour la production d'électricité renouvelable



La partie plus foncée des plages de variation présente les coûts de production pour les taux d'actualisation les plus probables.

Les parties plus claires présentent les coûts pour lesquels les conditions de financement sont les plus et les moins favorables.

À titre d'illustration, les parties oranges présentent la fourchette de coût de production d'une énergie conventionnelle.

Source : ADEME, le coût des énergies renouvelables 2016.



France Energie Eolienne
5 Avenue de la République
75011 Paris
01 42 60 07 41

Charte éthique
Charte données personnelles
Mentions légales
Nous contacter

Suivez-nous !

Suivez-nous !

France Energie Eolienne
5 Avenue de la République
75011 Paris
01 42 60 07 41

Charte éthique

Mentions légales

Nous contacter

Suivez-nous !



© France Energie Eolienne. Tous droits réservés

TERRES RARES, ENERGIES RENOUVELABLES ET STOCKAGE D'ENERGIE (i)

Novembre 2019⁽ⁱⁱ⁾

FICHE TECHNIQUE
Annexe 7

Ce qu'il faut retenir
 Les terres rares constituent un ensemble d'éléments métalliques du tableau périodique des éléments, aux propriétés chimiques très voisines. Contrairement à ce que leur nom peut laisser supposer, ces éléments ne sont pas rares : leur criticité est principalement liée au quasi-monopole actuel de la Chine pour leur extraction et leur transformation. La Chine réalisait environ 86 % de la production mondiale de terres rares en 2017.
 L'extraction des terres rares présente, comme toute extraction minière et de transformation métallurgique, des impacts environnementaux dont la modification des paysages, des sols et du régime hydrographique local. Les impacts diffèrent suivant les types de gisement. La spécificité environnementale de l'extraction des terres rares par rapport à d'autres métaux vient de la présence de thorium et d'uranium dans les gisements dits « de roches » qui induisent une pollution radioactive des différents rejets.
 En raison de leurs propriétés, les applications des terres rares sont multiples : on les retrouve notamment dans les aimants permanents utilisés pour réduire le volume et le poids de certains moteurs et générateurs électriques.
 La consommation de terres rares dans le secteur de la production d'énergies renouvelables réside essentiellement dans l'utilisation d'aimants permanents pour l'éolien en mer. Seule une faible part des éoliennes terrestres en utilise, environ 3 % en France. L'évaluation de la masse d'aimants permanents nécessaires à tout le parc éolien terrestre français installé des années 2000 à fin 2018 aboutit à des tonnages de néodyme et dysprosium représentant au total moins de 1,5 % du marché annuel mondial de chacun de ces éléments. Néanmoins, à un horizon de 10 ans, selon une capacité éolienne en mer projetée à 120 GW dans le monde, et au regard de la production annuelle mondiale de terres rares, le besoin représente moins de 6 % de la production annuelle en néodyme et plus de 30 % de la production annuelle en dysprosium. Dans ce contexte, au moins un manufacturier propose déjà des éoliennes qui n'utilisent pas d'aimants permanents pour une implantation en mer, sachant que des solutions de substitution existent : génératrices asynchrones ou génératrices synchrones sans aimant permanent, par exemple.
 Les technologies solaires photovoltaïques actuellement commercialisées n'utilisent pas de terres rares. Parmi les batteries couramment utilisées, seules les batteries nickel-hydrure métallique (NiMH) comprennent un alliage de terres rares à la cathode, mais leur utilisation restera très marginale dans la transition énergétique.
 A notre connaissance, aucune autre technologie de conversion des énergies renouvelables n'utilise les terres rares de manière significative.



TABLE DES MATIERES

Ce qu'il faut retenir 1

1. Introduction : Contexte & Enjeux..... 3

1.1. Les terres rares d'un point de vue chimique 3

1.2. Les gisements de terres rares 3

1.3. Les applications 4

1.4. Le contexte économique et politique 5

1.5. Terres rares et criticité 5

1.6. Terres rares et impacts environnementaux 5

2. Les terres rares et les énergies renouvelables 6

2.1. L'utilisation des terres rares dans les filières de production d'énergie renouvelable 6

2.2. L'utilisation des terres rares dans les dispositifs de stockage de l'énergie renouvelable 6

3. Quelles conséquences pour le développement des énergies renouvelables ? 9

4. Pour en savoir plus 10

1. Introduction : Contexte & Enjeux

1.1. Les terres rares d'un point de vue chimique

Les terres rares constituent, un ensemble de 15 à 17 éléments métalliques du tableau périodique des éléments, aux propriétés chimiques très voisines, qui se trouvent pratiquement toujours associés dans leurs gisements dans la nature, et qui regroupent :

- le groupe des lanthanides (les 15 éléments de numéros atomiques compris entre 57 et 71, du lanthane au lutécium),
- l'yttrium (Y, numéro atomique 39), dont les propriétés (atomiques et chimiques) sont proches de ceux des lanthanides et qui s'y trouve toujours associé dans leurs différents gisements.

Certains auteurs ajoutent le scandium (Sc, numéro atomique 21) au groupe des terres rares. Toutefois, le scandium ne se concentre pas dans les mêmes gisements, sa problématique d'approvisionnement est distincte de celle des autres terres rares.

1.2. Les gisements de terres rares

Malgré leur nom, les éléments constituant les terres rares ne sont pas rares. Ce sont des éléments relativement abondants dans la croûte terrestre pour certains (lanthane, néodyme, cérium qui représentent 90 % de la production de terres rares dans le monde) avec la même présence que le cuivre, le plomb ou le zinc, mais un faible nombre de minéraux sont constitués de ces éléments et leurs gisements (concentrations naturelles à des niveaux économiquement exploitables) sont très localisés. Par ailleurs, la séparation de ces éléments entre eux est difficile du fait de propriétés chimiques proches.

Tableau 1 Production minière par oxyde de terres rares (OTR) estimée pour 2012, à +/-15 %, publiée par l'Ad-Hoc Working Groupe sur les métaux critiques de la Commission Européenne en mai 2014, citant Roskill et IMCOA (2013) et USGS pour l'Australie

OTR	Chine	Etats-Unis	Inde	Russie	Australie	Total	%
La ₂ O ₃	29.32 kt	2.66 kt	0.17 kt	0.70 kt	1.04 kt	33.89 kt	25.9%
CeO ₂	41.88 kt	3.93 kt	0.36 kt	1.44 kt	2.04 kt	49.65 kt	37.9%
Pr ₆ O ₁₁	5.70 kt	0.35 kt	0.04 kt	0.10 kt	0.16 kt	6.34 kt	4.8%
Nd ₂ O ₃	19.75 kt	0.96 kt	0.14 kt	0.22 kt	0.60 kt	21.67 kt	16.5%
Sm ₂ O ₃	2.47 kt	0.064 kt	0.020 kt	0.024 kt	0.072 kt	2.65 kt	2.0%
Eu ₂ O ₃	0.34 kt	0.008 kt		0.003 kt	0.016 kt	0.37 kt	0.3%
Gd ₂ O ₃	2.22 kt	0.014 kt	0.009 kt	0.005 kt	0.040 kt	2.28 kt	1.7%
Tb ₄ O ₇	0.34 kt	0.002 kt		0.002 kt	0.004 kt	0.35 kt	0.3%
Dy ₂ O ₃	1.35 kt	0.002 kt		0.002 kt	0.008 kt	1.36 kt	1.0%
Er ₂ O ₃	0.86 kt			0.002 kt	0.008 kt	0.87 kt	0.7%
Ho ₂ O ₃ , Tm ₂ O ₃	1.72 kt		0.008 kt	0.011 kt	0.010 kt	1.74 kt	1.3%
Yb ₂ O ₃ , Lu ₂ O ₃					0.002 kt	0.002 kt	
Y ₂ O ₃	9.92 kt	0.008 kt				9.93 kt	7.6%
Total	115.85 kt	8.00 kt	0.75 kt	2.50 kt	4.00 kt	131.10 kt	

En 2017, les réserves étaient estimées à 120 millions de tonnes tous oxydes de terres rares confondus. Il est difficile de évaluer les ressources connues car les principales données concernées proviennent de pays dont les systèmes

¹ Mineral commodity summaries 2019, USGS.

d'évaluation minières et statistiques ne sont pas fiables. Cependant il est possible d'estimer les ressources à plus de 350 millions de tonnes selon plusieurs références².

Les terres rares sont divisées en deux groupes : les terres rares légères³ (dont le néodyme qui entre dans la composition des aimants permanents de type NdFeB – Néodyme-Fer-Bore) et les terres rares lourdes (dont le dysprosium qui vient du grec dus-prôsitos, « difficile à obtenir » et se trouve également dans l'aimant permanent NdFeB). L'ensemble des différentes terres rares se retrouve généralement dans les différents minerais, mais les terres rares lourdes sont toujours en teneurs plus faibles que les légères (en général, les terres rares lourdes représentent chacune moins de 1 % du total des terres rares contenues dans les minerais, alors que 3 des terres rares légères sont en général présentes entre 18 et 50 % chacune), excepté dans certains gisements caractérisés par des teneurs en terres rares lourdes plus fortes (mais au maximum 7 %).

Les terres rares lourdes sont ainsi plus critiques que les terres rares légères.

Les terres rares sont extraites conjointement dans les minerais puis séparées par des procédés chimiques en fonction des usages. L'équilibre économique de la chaîne d'extraction s'appuie sur la valorisation de chacune des terres rares, ce qui induit le fait que chaque terre rare constitue un co-produit des autres. Le tiers de la valeur des terres rares extraites dans le monde provient du néodyme, essentiellement utilisé dans les aimants.

Dans certains exploitations, les terres rares peuvent être un sous-produit (du fer notamment, pour le plus grand gisement mondial en exploitation en Chine) mais cela reste une exception géologique. Dans tous les cas, la criticité des terres rares n'est pas liée à leur rareté physique dans la croûte terrestre ou à leurs modalités d'exploitation. Elle est essentiellement due à la mauvaise répartition géographique des extractions actuelles, qui se trouvent majoritairement en Chine, ce qui induit un risque d'approvisionnement.

La Chine est le premier pays producteur de terres rares, avec environ 86 % de la production mondiale en 2017 (source : Roskill, 2018). Les autres pays producteurs sont principalement l'Australie (dont les minerais sont traités en Malaisie et en Chine) et les Etats-Unis⁴ qui ont été le premier producteur mondial jusqu'au début des années 1990. La Chine compte globalement entre un tiers et la moitié des réserves mondiales mais certains de ses gisements sont plus riches en terres rares lourdes. L'un des grands gisements mondiaux potentiel se situe au Groenland, pour lequel les chinois ont pris des participations dans l'exploration. A noter que des études estiment que jusqu'en 2013, environ la moitié de la production chinoise de certaines terres rares (notamment le dysprosium) faisait l'objet d'exploitations illégales non contrôlées. Cette production aurait baissé de plus de 30 % depuis, la Chine ayant pour objectif d'éradiquer ce type d'exploitation non contrôlée en termes d'exploitation qui induit une importante dégradation des sols. La lutte de l'Etat chinois contre ces pratiques, aurait fait baisser la production de dysprosium de 34 % entre 2013 et 2017.

1.3. Les applications

En raison de leurs propriétés, les applications des terres rares sont multiples ; voici les principales :

- Aimants permanents (utilisés pour réduire le volume et le poids des moteurs et générateurs électriques)
- Catalyse (pots catalytiques des voitures, craquage pétrolier...)
- Polissage du verre (notamment pour les écrans)

² Adamas Intelligence. (2019). Rare Earth Elements: Small Market, Big Necessity. Geoscience Australia. (2019). *Australia's identified mineral resources 2018*.

³ Le classement entre terre rare légère ou lourde varie selon les auteurs. Pour tous, les lanthanides de faible numéro atomique (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme) sont généralement classés dans les terres rares légères, et ceux de numéro atomique élevé (terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutécium) dans les terres rares lourdes.

⁴ Aux Etats-Unis, on compte une seule mine exploitée par Molycorp, dont l'exploitation a repris en 2012 après 10 ans d'arrêt. La production a été suspendue en août 2015, puis mi-2016 les activités nord-américaines de la société étaient en faillite. L'extraction du minerai a repris en janvier 2018, avec pour partie des capitaux chinois, pour un traitement des minerais en Chine.

- Certaines batteries
- Certains alliages métallurgiques
- Industries du verre et des céramiques (coloration, décoloration...)
- Des luminophores (lampes, écrans...)
- Les lasers de puissance
- Mais aussi dans l'imagerie médicale, l'énergie nucléaire, la défense...

1.4. Le contexte économique et politique

Le contexte politique lié aux terres rares s'est tendu au début de la décennie 2010, suite à la mise en place par la Chine de contraintes et de restrictions à l'exportation (quotas d'exportation, taxes à l'exportation etc.), engendrant également une envolée des prix. En 2012, l'UE, les États-Unis et le Japon ont déposé une plainte auprès de l'OMC sur ces pratiques : ils ont obtenu gain de cause en mars 2014, et la Chine a supprimé ses quotas et taxes à l'exportation en 2015. De 3 000 \$/kg en 2011, les prix de l'oxyde de dysprosium sont rapidement redescendus pour se stabiliser autour de 250 \$/kg depuis mi-2016. Cependant, la Chine maintient un quota de production. Cette situation a déclenché de nombreuses recherches minières, augmentant les ressources connues, mais au cours actuel des terres rares, la concrétisation des projets est très aléatoire.

Aujourd'hui, le recyclage des terres rares est estimé à moins de 1 % des déchets produits et concerne essentiellement les déchets de fabrication. Le recyclage de produits en fin de vie est rendu difficile par des quantités souvent très faibles ou intimement mélangées à des impuretés dans les produits finaux. L'équilibre économique des filières de recyclage est difficile aux prix actuels du marché des terres rares. Par exemple Rhodia, qui avait démarré un recyclage industriel, de dimension mondiale, des luminophores (phosphates de terres rares utilisés dans les lampes fluorescentes) en France en 2011, l'a arrêté début 2016.

1.5. Terres rares et criticité

Les terres rares sont à distinguer des matériaux et métaux critiques. Ces premières constituent un ensemble d'éléments chimiques, dont le nom leur avait été donné à l'époque de leur découverte où l'on pensait que ces éléments étaient en effet rares. Les matières premières critiques sont toutes les substances ou matières répondant à un ensemble de critères de criticité, dont la liste peut varier dans le temps et suivant le pays. Les terres rares ne sont donc pas rares, toutefois elles sont critiques pour l'Europe par exemple mais pas pour la Chine qui applique depuis les années 80 une politique stratégique de long terme pour l'ensemble des matières premières dont les terres rares. La liste des matières critiques de la Commission européenne comprend 27 matières premières⁵, dont les terres rares lourdes (très critiques), les terres rares légères (moins critiques), mais aussi l'indium ou encore l'antimoine. Les critères d'élaboration de cette liste sont, entre autres, l'intérêt stratégique pour l'économie, la concentration de la production ou encore la substituabilité des matières. Pour certains matériaux, comme le silicium métal, l'appréciation de la criticité par la Commission Européenne diffère de celle d'experts français⁶.

1.6. Terres rares et impacts environnementaux

L'extraction des terres rares présente comme toute extraction minière et transformation métallurgique des impacts environnementaux. L'extraction, actuellement toujours à ciel ouvert pour les terres rares, modifie le paysage, les sols et le régime hydrographique local. Les impacts diffèrent suivant les types de gisement. Pour les gisements dits « roches dures » (exploitant des minerais de monazite, de bastnäsité ou de xénotime), plutôt concentrés en terres rares

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017DC0490>

⁶ BRGM : http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches_criticite/fichecriticitesiliciummetal-publique20190729.pdf

légères, les poussières issues de la mine et du broyage des minerais sont susceptibles de disperser des polluants à plus ou moins longue distance. L'extraction et la séparation des métaux s'appuyant sur des traitements pyro/hydro métallurgiques conduisent à rejeter des résidus de traitement polluants, soit dans l'air (du fluor notamment), soit dans des lagunes affectant les eaux souterraines (avec des effluents chimiques). Ces gisements ont la particularité de contenir du thorium et de l'uranium induisant une pollution radioactive des différents rejets. Pour les gisements dits « d'argiles ioniques », exclusivement présents en Chine, les mines sont de tailles plus faibles. Cependant, s'agissant de concentrations de surface, elles dégradent des surfaces importantes mais ne rejettent pas de poussières ni de de thorium ou d'uranium. L'extraction du minerai et la séparation des terres rares génèrent elles aussi des effluents chimiques. Par ailleurs les effets des terres rares et de leurs composants sur la santé humaine sont assez peu étudiés, même si des effets neurotoxiques de certains composants chimiques ont été signalés.

2. Les terres rares et les énergies renouvelables

2.1. L'utilisation des terres rares dans les filières de production d'énergie renouvelable

Les énergies renouvelables n'utilisent, pour la plupart, pas de terres rares. La consommation de terres rares dans ce secteur réside essentiellement dans l'utilisation d'aimants permanents pour certains segments de marchés de l'éolien (essentiellement pour l'éolien en mer), de faible taille actuellement, mais en forte croissance. A notre connaissance, aucune autre technologie de conversion de énergies renouvelables n'utilise les terres rares de manière significative.

Les technologies solaires photovoltaïques actuellement commercialisées n'utilisent pas de terres rares. Certaines utilisent des métaux qui peuvent être critiques, comme le tellure, le cadmium, l'indium ou encore l'argent, mais il ne s'agit pas de terres rares. Les technologies « couches minces » utilisant du tellure, du cadmium et de l'indium restent toutefois largement minoritaires sur le marché du photovoltaïque, les technologies au silicium (qui n'est ni une terre rare, ni un matériau critique en terme de risques sur les approvisionnements bien que d'importance stratégique forte pour l'industrie française⁷) représentant quant à elles 80 à 90 % du marché.

Les éoliennes produisent du courant via un alternateur, qui peut être une génératrice synchrone ou asynchrone. Les générateurs synchrones à aimants permanents (*permanent magnet generator*, PMG) sont apparus dans les années 2000 pour, entre autres, améliorer les rendements de conversion, réduire le poids et les besoins de maintenance, et allonger la durée de vie des systèmes. Seules les éoliennes à aimants permanents utilisent des terres rares. Une étude de la Commission Européenne⁸ aboutit aux chiffres suivants :

Tableau 2 Masse d'aimants permanents selon le type de générateur (Pavel et al. 2017)

Typologie de générateurs à aimants permanents	Masse d'aimants permanents [kg/MW]
Attaque directe	650
Semi-rapide	160
Rapide	80

Ces aimants contiennent principalement du néodyme, mais aussi du dysprosium, qui sont des terres rares. Le dysprosium étant beaucoup plus rare dans les gisements que le néodyme⁹. Or, le dysprosium est également fondamental car c'est lui qui garantit aux aimants permanents de bonnes performances électromagnétiques lorsque les températures sont élevées.

⁷ BRGM : http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches_critique/fichecriticiteisiliciummetal-publique20190729.pdf

⁸ Claudiu C. Pavel, et al, 2017, Substitution strategies for reducing the use of rare earths in wind turbines, Resources Policy, DOI 10.1016.

⁹ La part d'oxydes de dysprosium consommée dans le monde est de 1,0 % du total des oxydes de terres rares tandis que la part de l'oxyde de néodyme est de 16,5 % (Tableau 1).



Cette même étude propose la composition typique des aimants permanents en terres rares :

Tableau 3 Composition typique des aimants permanents en terres rares (Pavel et al., 2017)

Élément	Pour 1 kg d'aimants permanents
Néodyme – Praséodyme (< 1%)	29 – 32 %
Dysprosium	3 – 6 %

Les éoliennes à aimants permanents sont toutefois très peu répandues dans l'éolien terrestre en France (environ 3 % du parc terrestre en 2018), marché qui constitue l'essentiel du développement de l'éolien français. L'évaluation de la masse d'aimants permanents nécessaires à tout le parc éolien français installée fin 2018 (14,3 GW, terrestre et offshore), selon la composition indiquée ci-avant et pour 3 % du parc, aboutit à 213 tonnes ce qui représente une quantité totale d'environ 70 tonnes de néodyme et 13 tonnes de dysprosium, soit au total moins de 1,5 % du marché annuel mondial de chacun de ces éléments¹⁰.

L'analyse du marché des turbines à venir pour l'éolien terrestre, qui va présenter des rotors de diamètres supérieurs à 130 m et des capacités unitaires supérieures à 4 MW, ne montre pas un besoin nettement plus important en aimants permanents. En effet, les constructeurs ont anticipé la problématique suite à la flambée des prix du dysprosium en 2011 en proposant des technologies plutôt classiques même sur les machines les plus puissantes. Par ailleurs, les constructeurs ayant développé des technologies à aimants permanents proposent aussi des technologies classiques dans leur catalogue (comme Siemens Gamesa). La problématique de l'utilisation des aimants permanents a donc été bien prise en compte par les constructeurs. Ce n'est donc pas un sujet critique pour les éoliennes terrestres.

Le marché de l'éolien en mer est en forte croissance mais devrait rester minoritaire dans les années et décennies à venir (moins de 20 % du marché global de l'éolien à l'horizon 2030¹¹) ; toutefois, les derniers modèles d'éoliennes en mer (pour des puissances par machine de 6 à 8 MW) utilisent pour beaucoup des aimants permanents : ceci leur permet de réduire les coûts des opérations de maintenance, mais également de réduire la masse et l'encombrement des nacelles, permettant ainsi de diminuer le dimensionnement global du mât et des fondations. Cependant, d'autres technologies utilisant moins d'aimants permanents sont déjà développées pour l'éolien en mer (par exemple par MHI Vestas).

La capacité des premiers parcs d'éoliennes en mer à installer en France avant 2023 est de 3618 MW. Ceci comprend les 4 parcs attribués lors du 1^{er} appel d'offres (Courseulles, Fécamp, Saint Nazaire, Saint Brieuc), les 2 parcs attribués lors du 2^{ème} appel d'offres (Dieppe Le Tréport, Yeu et Noirmoutier), les quatre fermes pilotes éoliennes flottantes et le parc de Dunkerque attribué en 2019.

La masse totale d'aimants permanents nécessaire, selon la composition proposée dans le tableau 2, et sous l'hypothèse que tout le parc français utilise une technologie à aimants permanents à attaque directe (pour le parc français, le ratio est d'environ 637 kg/MW d'aimants permanents), est d'environ 2300 tonnes dont 738 tonnes de néodyme et 138 tonnes de dysprosium.

Si on se réfère aux perspectives de la PPE, on peut estimer que la capacité totale installée en mer à l'horizon 2030 s'établira autour de 10 GW ce qui correspond à un besoin annuel d'aimants permanents de 542 t/an (sous l'hypothèse que tout le parc français utilise une technologie à aimants permanents à attaque directe). Ce besoin annuel se décline en 173 t/an en néodyme et 33 t/an en dysprosium.

Cette demande totale pour le marché français couvrant une douzaine d'années doit être mise en parallèle de la demande mondiale annuelle qui s'établit actuellement à 25 700 tonnes en 2015¹² pour le néodyme (l'élément et non l'élément critique BRGM 2016 citant Roskill 2015).

¹¹ IRENA (2014), REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap, Summary of Findings, June 2014. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap

¹² BRGM Panorama du marché des terres rares 2016, citant Kingsnorth 2016.

sous forme d'oxyde) et à 854 tonnes en 2014¹³ pour le dysprosium (l'élément et non sous forme d'oxyde). Elle représente moins de 1 % de la demande annuelle en néodyme et un peu moins de 4 % de la demande annuelle en dysprosium.

Concernant le besoin mondial en terres rares pour le développement de l'éolien en mer, nous prenons comme hypothèse:

- 80 % de part de marché à 650 t/GW d'aimants permanents
- 20 % de part de marché à environ 150 t/GW d'aimants permanents
- 120 GW d'éolien en mer à installer dans le monde en 12 ans (à l'horizon 2030) or 23 GW ont déjà été installés en date de 2018.

Ceci aboutit à un besoin annuel en aimants permanents de 4462 t/an se déclinant en 1428 t/an en néodyme et 268 t/an en dysprosium. Au regard de la production mondiale de terres rares, ce besoin représente moins de 6 % de la production annuelle en néodyme et plus de 30 % de la production annuelle en dysprosium.

2.2. L'utilisation des terres rares dans les dispositifs de stockage de l'énergie renouvelable

L'usage du stockage stationnaire d'énergie en France réside essentiellement dans les lacs d'éclusés, barrages avec réservoirs et stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) pour le stockage massif et les batteries au plomb pour les usages de secours. Pour autant, dans une perspective à long terme de forte pénétration des énergies renouvelables sur le réseau et de l'élimination du recours aux moyens thermiques, le déploiement de capacités de stockage d'énergie de masse ne semble nécessaire avant 2030 que pour les zones non interconnectées¹⁴ et plutôt après 2040-2045 pour la France métropolitaine.¹⁵ Cette nécessité s'appuie essentiellement sur un besoin de stockage journalier, mais aussi pour contribuer aux services systèmes dans l'objectif de stabilité du réseau.

Le stockage électrochimique (ou batteries) constitue le deuxième moyen de stockage d'électricité le plus répandu dans le monde. Sur le territoire français seuls sont déployés à titre expérimental quelques batteries de l'ordre du MW/MWh. Malgré un déploiement tardif par rapport à d'autres pays, le stockage d'énergie en réseau commence à se développer en France, notamment dans les zones non-interconnectées où sa généralisation devrait débuter au début des années 2020 dans le contexte des objectifs d'autonomie énergétique fixés par ces territoires à l'horizon 2030. A l'étranger, des projets de grande ampleur sont déjà déployés, et le plus important en développement porte sur 4 GWh en Australie (technologie Lithium-ion).

Les technologies les plus déployées dans l'usage du stockage d'énergie renouvelable sont aujourd'hui les batteries Lithium-ion (Li-ion), sodium-soufre (NaS) et plomb-acide (PbA). Les terres rares n'entrent pas, ou qu'en très faibles quantités (éventuellement comme additif), dans la composition de ces batteries. Parmi les batteries couramment utilisées, seules les batteries nickel-hydrure métallique (NiMH) comprennent un alliage de terres rares à la cathode. Ces batteries ont surtout été utilisées dans les véhicules hybrides et dans les équipements électroportatifs, mais leur utilisation à des fins de stockage d'énergie renouvelable restera très marginale, en raison notamment de leur coût élevé par rapport aux batteries Li-ion, dont les caractéristiques et performances sont plus adaptées à cet usage.

Ainsi, l'utilisation de métaux critiques ou stratégiques (tels le Cobalt dans les batteries Lithium-ion) apparaît nettement plus problématique que celle des terres rares dans le stockage d'énergie renouvelable où elles sont très marginales. Les industriels poursuivent les recherches pour réduire la consommation ou substituer ces éléments dans les batteries.

¹³ BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le dysprosium, 2016 citant Roskill 2015.
¹⁴ Vers l'autonomie énergétique des ZNI : <https://www.ademe.fr/vers-l'autonomie-energetique-zni-zones-non-interconnectees>, ADEME, 2019

¹⁵ Trajectoires d'évolution du mix électrique à horizon 2020-2060 : <https://www.ademe.fr/trajectoires-devolution-mix-electrique-a-horizon-2020-2060>, ADEME, 2018



3. Quelles conséquences pour le développement des énergies renouvelables ?

Les aimants permanents sont l'application principale des terres rares au niveau mondial. Ils représentent 89 % des applications pour le néodyme et 98,5 % pour le dysprosium¹⁶. Comme la production annuelle d'aimants pour les éoliennes est actuellement faible¹⁷ (voir section 2.1) au regard de l'ensemble de la production pour les autres usages industriels, le risque d'approvisionnement peut être important pour l'industrie éolienne qui ne possède pas la capacité pour négocier des accords commerciaux favorables avec les pays producteurs. Dans le secteur des aimants permanents, les technologies sans terres rares restent moins performantes à coût comparable. Des recherches et projets sont toutefois menés, notamment suite à la hausse des prix des années 2010-2011, pour diminuer les quantités de dysprosium nécessaires voire le supprimer¹⁸, ou pour réduire fortement ou supprimer le recours aux aimants permanents sans réduction des performances¹⁹.

Les facteurs influençant l'utilisation des terres rares pour l'éolien sont multiples : évolution des technologies d'aimants permanents, niveau d'utilisation de ces aimants, remplacement par de nouvelles technologies, concurrence d'usage au niveau mondial, évolution de l'approvisionnement à horizon 20 à 30 ans...

Dans ce contexte, une éventuelle tension forte sur les terres rares ne semble pas devoir compromettre le développement de l'éolien, en raison notamment de technologies alternatives pour les génératrices électriques (génératrices asynchrones ou génératrices synchrones sans aimant permanent) :

- En terrestre, aucune modification majeure de la structure du parc éolien n'est prévue pour les années à venir, et les aimants permanents devraient rester très largement minoritaires.
- En mer, étant donné le faible tonnage des aimants permanents par rapport à l'ensemble des matériaux utilisés dans les machines²⁰, le coût des machines dépend peu de celui des terres rares. Les solutions de substitution actuelles auraient surtout un effet sur la masse de la turbine qui conduirait à un renchérissement des coûts de structure (mât, fondation ou flotteur). Pour les très fortes puissances, d'autres innovations technologiques (bobinages supraconducteurs) sont attendues en relais des technologies actuelles.

Les industriels consommateurs de terres rares peuvent craindre davantage la dépendance à la Chine en situation de quasi-monopole car elle réalisait en 2017 plus de 86 % de la production mondiale annuelle de terres rares²¹ et d'aimants permanents, qu'une pénurie physique des ressources. En ce qui concerne le recyclage des terres rares, au-delà des contraintes d'équilibre économique, il connaît des contraintes technologiques, et surtout un manque de gisement concentré de taille industrielle disponible à l'heure actuelle et sur au moins les deux décennies à venir qui permettrait d'envisager un déploiement économique des infrastructures de recyclage.

¹⁶ BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux – Le néodyme, 2015.
BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux – Le dysprosium, 2016.

¹⁷ Permanent magnet materials and current challenges : 9,6 % du marché mondial des aimants aux terres rares lesquels sont fabriqués à 80 % en Chine, 17 % au Japon et 3 % en Europe – Allemagne. Steve Constantinides et John De Leon de Arnold, Magnetic Technologies (2014).

¹⁸ K.P. Skokov and O. Gutfleish, Heavy rare earth free, free rare earth free, free rare earth and rare earth free magnet – vision and reality, Scr Mater, 154 (2018) ; J. Mohapatra and J.P. Liu, Rare-earth-free permanent magnet : the past and future, Handbook of Magnetic Materials, Editions E. Bruck, Elsevier, 2018.

¹⁹ Projet JEOLIS (financé par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir coordonné par Jeumont Electric).

²⁰ Le coût des aimants permanents est estimé à moins de 5 % du coût total d'une éolienne de 6 MW à attaque directe : Improved Cost of Energy Comparison of Permanent Magnet Generators For Large Wind Turbines, Université de Strathclyde, 2014

²¹ Roskill, Rare Earths: Global Industry, Markets & Outlook 2018.

4. Pour en savoir plus

1. Bru K., Christmann P., Labbé J.F., Lefebvre G. (2015) - Panorama mondial 2014 du marché des Terres Rares. Rapport public. BRGM/RP-65330-FR.

2. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. *Les enjeux des métaux stratégiques : Le cas des terres rares*. Compte rendu de l'audition publique du 8 mars 2011 et de la présentation des conclusions, le 21 juin 2011 par MM. Claude Birraux et Christian Kert, députés.

3. <http://www.senat.fr/rap/r10-782/r10-782.html>

4. <http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/mine/tera/textera.htm>

5. <http://decrypterlenergie.org/la-rarete-de-certains-metaux-peut-elle-freiner-le-developpement-des-energies-renouvelables>

6. *Terres rares : enjeux stratégiques pour le développement durable*. Conférence donnée par Patrice Christmann, directeur adjoint à la Stratégie du BRGM, dans le cadre des Grands Séminaires de l'Observatoire Midi-Pyrénées du CNRS, le 17 septembre 2013.

7. <http://www.brgm.fr/video/terres-rares-enjeux-strategiques-developpement-durable>

8. <http://www.ewea.org/news/detail/2011/10/31/rare-earths-wind-power-industry-not-a-major-user/>

9. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-599_fr.htm

10. N. Goudarzi · W. D. Zhu, 2013, A review on the development of wind turbine generators across the world, *Int. J. Dynam. Control*, DOI 10.1007/s40435-013-0016-y.

11. Claudiu C. Pavel, et al, 2017, Substitution strategies for reducing the use of rare earths in wind turbines, *Resources Policy*, DOI 10.1016.

12. Xu Yang et al, 2012, Permanent Magnet Generator Design and Control for Large Wind Turbines, *IEEE*, 978-1-4673-1130-4/12.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. www.ademe.fr / @ademe





www.ademe.fr



ADEME
20, avenue du Grésille
BP 90406 149004 Angers Cedex 01

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development. The Agency provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work ADEME helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, raw materials savings, air quality, noise abatement, circular energy transition and food wastage abatement.

ADEME is a public agency under the joint authority of the Ministry for Environment, Energy and Sea and the Ministry for National Education, Higher Education and Research.