

OBSERVATIONS ET PROPOSITIONS DU
PUBLIC TRANSMISES PAR VOIE
ELECTRONIQUE

ENQUÊTE PUBLIQUE SUR LE PROJET DE
CRÉATION D'UN PARC ÉOLIEN A SAINT-
ANGEL PORTÉ PAR LA SOCIETE VSB
ÉNERGIES NOUVELLES, OUVERTE DU 13
JUIN AU 16 JUILLET 2018 INCLUS

Sujet : [INTERNET] EP VSB SARL Parc éolien à SAINT-ANGEL

De : Michel Desplanches

Date : 01/07/2018 18:07

Pour : pref-environnement@correze.gouv.fr

Le 01/07/2018

Madame, Monsieur,

Je vous envoie en PJ ma participation à cette EP et trois documents d'accompagnement, le tout à transmettre à la Commission d'Enquête.

Avec mes salutations

M. DESPLANCHES

— Pièces jointes : _____

EP SAINT-ANGEL 19.odt	26,3 Ko
Rapport Cour des comptes avril 2018.pdf	3,6 Mo
Constats_de_prix_negatifs_et_consequences_eponymes.pdf	762 Ko
EUROBATS_No6_Frz_2014_WEB_A4.pdf	1,2 Mo

Michel DESPLANCHES

69100 VILLEURBANNE

Villeurbanne, le 1er juillet 2018.

A
Monsieur Maurice BAR, Président de la Commission d'
Enquête et ses collègues,
Projet éolien « SARL VSB Energies Nouvelles »
Commune de SAINT-ANGEL (Corrèze)

Objet : Contribution citoyenne à l'enquête publique dont vous êtes chargés.

Monsieur le Président, Messieurs,

Je ne suis pas résident de votre département, mais comme simple citoyen scandalisé par le massacre des paysages, sites et joyaux de notre patrimoine naturel et historique par l'industrie éolienne, ma contribution à cette enquête est tout aussi recevable que n'importe quelle autre, d'autant qu'avant de m'exprimer, je prends la peine d'analyser les dossiers. Ici, nous sommes en présence d'un projet de cinq éoliennes de forte puissance et 180 mètres de hauteur, mais que l'on projette d'implanter sur le plateau boisé de Haute-Corrèze, en ligne de crête à proximité de la ville d'Ussel, dans un terroir dont les activités sont surtout tournées vers l'exploitation forestière, l'élevage et surtout le tourisme, avec un potentiel important qui devrait encore être développé, et de nombreuses résidences secondaires.

Est-il bien judicieux de porter atteinte à ce potentiel au profit d'une filière électrique intermittente dont la rentabilité et l'utilité sont très discutables ?

– **1. DES JUSTIFICATIONS QUE LES MAGISTRATS DE LA COUR DES COMPTES CRITIQUENT :**

*Comme dans tout projet similaire, le demandeur appuie sa démarche par la référence aux diverses lois et décisions nationales, européennes ou internationales qui concourent à réduire les émissions de CO² pour lutter contre le réchauffement, d'une part, et la réduction de la part du nucléaire dans la production électrique d'autre part. Il ne vous aura pas échappé que le gouvernement actuel a différé le second objectif pour son incompatibilité avec le premier.. **C'est aussi la Cour des Comptes dans son récent « Rapport sur les subventions aux Energies renouvelables » (mars 2018) qui démontre la très grande inefficacité du développement des EnR intermittentes, et surtout comment cela s'accompagne d'effets économiques et financiers pervers, à l'instar de l'« Energiewende » en Allemagne.** Je joins à cette lettre les documents qui vous éclaireront sur le sujet.*

*Pour revenir au projet de SAINT-ANGEL, je remarque que l'investisseur est une filiale d'une société allemande « WSB Neue Energien », et que les éoliennes NORDEX N 117 prévues sont de fabrication allemande : **en quoi est-ce que ce projet serait susceptible d'apporter le moindre emploi local pérenne, alors qu'il en détruira inmanquablement dans le tourisme, de manière directe ou indirecte, et entraînera une chute de la valeur des biens immobiliers, surtout lorsqu'ils sont voués aux résidences secondaires ?***

Et sur le plan énergétique, les quelques 28 900 Mwh /an de production électrique brute annoncée changeront-ils quoi que ce soit à la production régionale globale, qui n'est pas déficitaire, surtout dans la période où le vent ne soufflera pas ?

– **2. DES INCIDENCES HUMAINES DANGEREUSES :**

*Si j'ai noté que les distances éoliennes / habitations étaient de 700 mètres au minimum, donc respectueuses de la règle des 500 mètres, je n'en ai pas moins noté la présence de nombreux habitats dispersés en hameaux ou résidences isolées qui se trouveront à moins de 1800 mètres d'une éolienne, donc susceptible de souffrir de nuisances diverses, qui, bien que niées par les autorités, n'en sont pas moins réelles **puisque ressenties par les gens (et les animaux domestiques).** N'oubliez pas, Messieurs,*

que ce sont des machines de 180 mètres de hauteur installées sur la ligne de crête, et qu'elles écraseront visuellement les hameaux proches, et seront en surplomb du village de Saint-Angel, ce qu'a très bien souligné la MRAE. Il faut parler aussi de l'atteinte détestable au « Prieuré Saint-Michel-des-Anges », monument historique classé. Le fait d'offrir des travaux de restauration de ses environs n'est pas une excuse, mais plutôt l'aveu du préjudice. N'oubliez pas que 180 mètres équivalent à un immeuble de 60 étages !!!

*Une autre preuve des atteintes à la vie des habitants est dans l'étude acoustique : tout d'abord cette dernière a donné lieu à une mesure des bruits ambiants d'assez courte durée (9 jours), mais surtout en plein hiver (début janvier) ce qui est susceptible d'introduire des biais dans ce mesurage, en l'absence de feuillages. Il est donc très probable que les bruits ambiants aient été sous-évalués, ce qui rejillera mathématiquement sur les tableaux des dépassements d'urgences. **Pour autant, l'étude démontre que des dépassements d'urgences sont probables en plusieurs points, en nocturne, pour certaines directions et vitesses de vents : cela impliquera un plan d'optimisation qui devra être revu dès la mise en service si elle devait avoir lieu.** Il est utile aussi d'apporter une précision au dossier : les éoliennes auront-elles des pales munies de serrations ? Et à cette altitude et par ce climat, ne serait-il pas utile aussi de prévoir des pales chauffantes pour éviter la formation de blocs de glace ou givre ?*

– **3. LES ENJEUX NATURELS N'ONT PAS SUFFISAMMENT ÉTÉ PRIS EN COMPTE :**

Si l'on veut bien admettre qu'aucune des éoliennes ne sera implantée dans des zones humides, il faut tout de même insister sur le fait qu'aucun vrai recensement de terrain de ces dernières n'a été fait, et que cela devra être regardé de plus près avant travaux. Ensuite l'essentiel du périmètre immédiat où s'implanteraient les machines est concerné par un aléa fort à très fort inondation par remontée de nappe (cf. carte n° 22 page 62 EI), et des précautions seront donc indispensables sur le plan géotechnique...

Mais c'est surtout dans le domaine de l'avifaune et des chiroptères que ce projet ne convient pas. En effet, toutes les éoliennes sont peu ou prou en milieu forestier, ou en lisière bordant la forêt, ce qui a été vivement critiqué dans l'avis de la MRAE, sans que la réponse apportée par VSB n'y change rien.

Pour l'avifaune, on relève tout de même la présence de nombreuses espèces dans les inventaires effectués dont certaines patrimoniales, voire à risque éolien fort (Autour des palombes, Bondrée apivore, Milan royal, Pic noir, Grand Corbeau... Aucune vraie mesure de réduction n'est prévue au dossier; comme la mise en place d'un système de détection / effarouchement / asservissement type DTBird.

Pour les chiroptères, si le nombre de sessions d'écoutes correspond aux prescriptions de la SFPEM, je relève aussi l'absence d'étude en altitude, laquelle était indispensable dans un tel milieu. La présence de différentes espèces a été relevée, dont deux au moins sont très sensibles à l'éolien, la Pipistrelle Commune, et la Noctule de Leisler. Les zones de forte sensibilité sont localisées près des lisières boisées et des plans d'eau, mais l'absence d'étude d'altitude ne permet pas d'affirmer que les zones boisées ne sont pas survolées. L'implantation prévue pour les éoliennes est de toutes manières fortement critiquée par la MRAE pour plusieurs machines qui sont à trop faible distance des lisières, E4 et E5 spécifiquement. Mais comme le protocole de suivi de mortalité implique un recensement pour toutes les éoliennes, la MRAE souligne aussi son impossibilité pour les machines E1, E2 et E3, en pleins boisements !!! De plus un tableau des distances pales / canopée a été fourni par VSB lequel démontre que cela va de 30 mètres pour E3 à 52 mètres pour E5. Donc ce parc éolien contreviendrait aux recommandations EUROBATS 2014 dont la France est signataire, lesquelles sont validées aussi par la SFPEM. (200 mètres minimum de distance pales / canopée) VSB évoque vaguement des mesures de bridage au profit des chiroptères (mesure MN-E3), mais sans préciser outre mesure les normes d'application.

A mon avis et en l'état du dossier, ce parc éolien ne devrait pas pouvoir être autorisé !

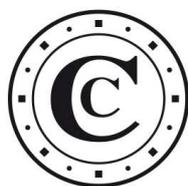
Messieurs les Commissaires Enquêteurs, Monsieur le Président, les raisons exposées font que je suggérerai sur ce dossier que vous émettiez un « AVIS DEFAVORABLE », au vu des nombreuses insuffisances qui subsistent.

Je vous prie de bien vouloir agréer mes plus hautes considérations.

Michel DESPLANCHES

*PJ en annexe : Rapport de la Cour des Comptes,
Document SLC du 21 juin 2018,
EUROBATS 2014.*

Cour des comptes



LE SOUTIEN AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES

Communication à la commission des finances du Sénat

Mars 2018

Sommaire

AVERTISSEMENT	5
SYNTHÈSE	7
ORIENTATIONS ET RECOMMANDATIONS	11
INTRODUCTION	13
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 fortement toutes les filières	25
II - DES RÉSULTATS NOTABLES MAIS EN DEÇÀ DES OBJECTIFS AFFICHÉS	26
A - Une progression en demi-teinte	26
B - Un contexte de développement défavorable	29
C - Des retombées économiques réelles mais un bilan industriel décevant	32
CHAPITRE II DES CHARGES IMPORTANTES, DURABLES ET MAL ÉVALUÉES	43
I - UN SOUTIEN FINANCIER TRÈS ÉLEVÉ ET DÉSÉQUILIBRÉ	45
A - Des décisions passées pesant sur les marges financières de l'État.....	45
B - Un net déséquilibre entre EnR électriques et thermiques.....	48
C - Une connaissance des coûts constatés à améliorer.....	49
II - UN VOLUME GLOBAL DES CHARGES DE SOUTIEN À VENIR MAL ANTICIPÉ	50
A - Le poids financier croissant du soutien aux EnR électriques.....	50
B - Un besoin de projection accru pour évaluer les soutiens nécessaires.....	52
C - Une trajectoire financière marquée par de fortes incertitudes.....	56
D - La nécessaire prise en compte des coûts induits pour les réseaux électriques et le stockage.....	58
III - DES DISPOSITIFS QUI NÉCESSITENT ENCORE DES AJUSTEMENTS	59
A - Un besoin de rééquilibrage des soutiens vers les EnR thermiques	59
B - Des marges d'efficience pour les dispositifs de soutien aux EnR électriques.....	63
C - Une meilleure articulation à trouver entre les politiques énergétiques et les politiques de filières.....	66
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.....	73
B - Une absence de contrôle budgétaire.....	76
II - UNE POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE CLOISONNÉE	78
A - Un manque de cohérence préjudiciable à la première programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).....	79
B - Une gouvernance insuffisamment intégrée	80
III - UNE ORGANISATION INTERMINISTÉRIELLE À RENFORCER	84
A - Des erreurs de pilotage ayant freiné le développement des capacités d'énergies renouvelables	84
B - Une insuffisante coordination entre directions.....	85
CONCLUSION GÉNÉRALE	89
GLOSSAIRE	91
ANNEXES	93

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 constitué 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 auditions 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. Guérout, 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 POPE, 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, retranscrite 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 États 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'apparaît 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'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 des deux tiers du volume annuel de soutien supporté aujourd'hui par les finances publiques. Les soutiens octroyés par l'État 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 programmé 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 conférer 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 ministère chargé de l'énergie et en particulier sur la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC). Le dialogue interministériel est de ce fait très limité dans un domaine de politique publique qui devrait pourtant, par nature, parfaitement 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 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.

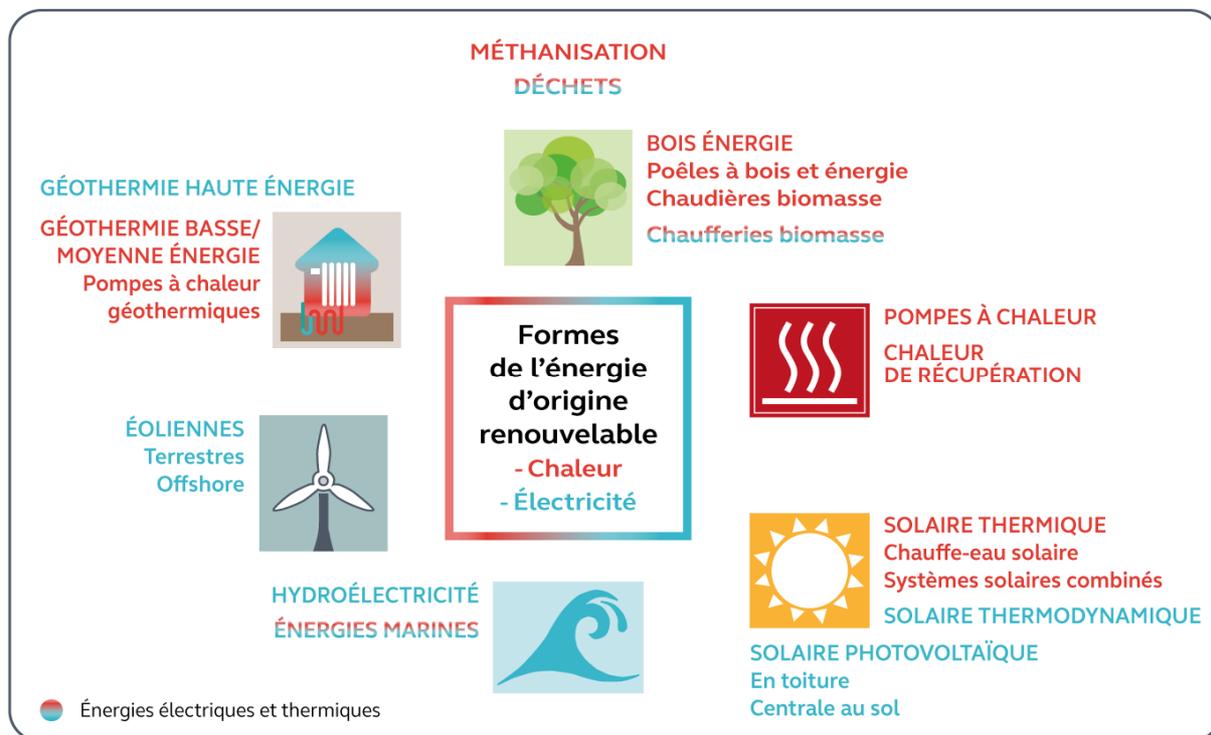
Introduction

Sources d'énergies contribuant à limiter les émissions de gaz à effet de serre, les énergies renouvelables (EnR) constituent, en France et dans le monde, l'un des leviers essentiels de transition vers un modèle énergétique décarboné.

Disponibles naturellement sur tout le territoire, elles sont traditionnellement divisées en deux catégories, les EnR électriques produisant de l'électricité principalement à partir des énergies solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et des bioénergies, et les EnR thermiques permettant la récupération (chaleur industrielle fatale) et la production de chaleur à partir des sols, de l'eau et de l'air (géothermie, pompes à chaleur), de la biomasse (bois énergie, méthanisation) et du soleil (solaire thermique).

Plus de la moitié de l'énergie consommée en France l'est sous forme de chaleur (50,6 %), devant l'électricité (34,2 %) et les transports (13,2 %)⁹.

Schéma n° 1 : présentation des sources d'énergies renouvelables et de leurs usages



Source : Cour des comptes

⁹ D'après les *chiffres clés des énergies renouvelables* (édition 2016), publiés en février 2017 par le SOeS (service de statistique du ministère chargé de l'environnement) ; consommation finale brute d'EnR par filière (p.20-21) – données France entière.

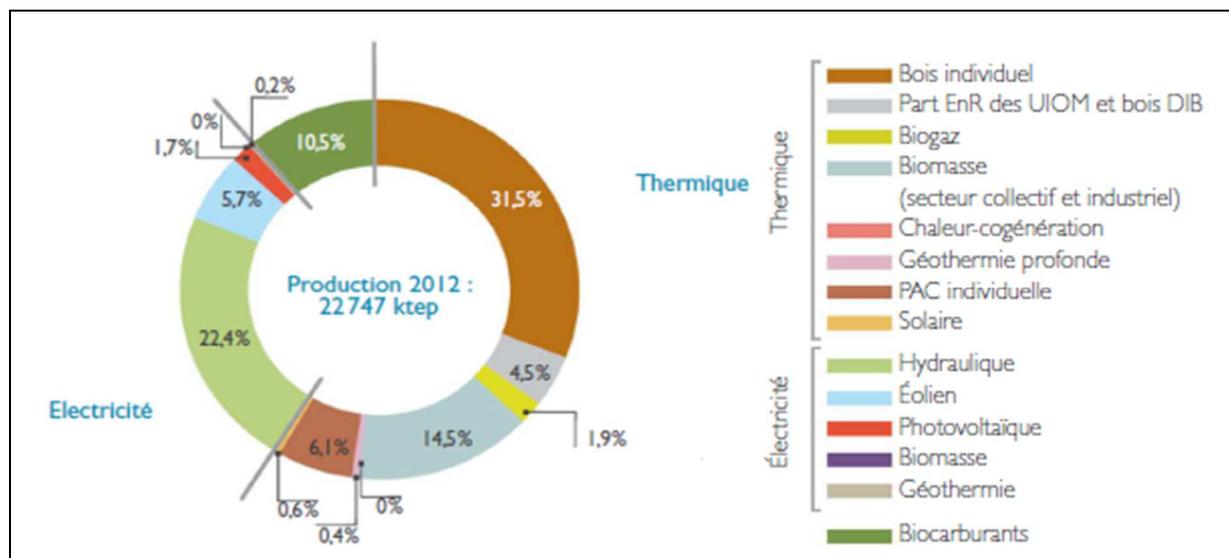
Les sources d'énergies renouvelables et leurs usages

On appelle énergies renouvelables les énergies issues de sources renouvelables. Elles servent à produire de la chaleur, de l'électricité ou des carburants. Les principales énergies renouvelables sont l'énergie hydroélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie de biomasse, l'énergie solaire, la géothermie et les énergies marines.

L'énergie solaire permet la production d'électricité grâce aux panneaux photovoltaïques et la production de chaleur grâce aux panneaux solaires thermiques. Les éoliennes permettent de produire de l'électricité, en mer et sur terre. L'énergie géothermique utilise les différences de température sous la surface de la terre pour chauffer des bâtiments (basse et moyenne énergie) ou produire de l'électricité (haute énergie). Les énergies marines regroupent l'énergie marémotrice (mouvement des marées), l'énergie houlomotrice (mouvement des vagues), l'énergie hydrolienne (force des courants marins) et l'énergie thermique (écart de température des fonds et de la surface de la mer). Ces énergies servent la plupart du temps à produire de l'électricité. L'énergie hydraulique exploite la force de l'eau grâce à des barrages ou de petites centrales sur des cours d'eau pour produire de l'électricité. Enfin, la biomasse est utilisée pour se chauffer (bois, chaleur des usines d'incinération des déchets), produire du biogaz (méthanisation) lui-même brûlé pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité et produire des biocarburants.

Ces énergies présentent des potentiels variables selon leur localisation géographique et les facteurs climatiques. Elles n'ont que peu d'impacts négatifs sur l'environnement et constituent l'un des facteurs de lutte contre le changement climatique. Toutefois, sauf pour certaines pompes à chaleur, l'hydroélectricité et le bois-énergie, beaucoup d'entre elles ne sont pas encore pleinement compétitives face aux solutions conventionnelles. Leur développement nécessite donc un soutien public, soit au kWh produit sous la forme d'une tarification adaptée, soit à l'investissement.

Graphique n° 1 : répartition de la production française d'EnR électriques et thermiques



Source : Ademe, 2012 (Les chiffres actualisés pour 2015 figurent en annexe n° 7)

La progression des capacités de production d'énergies renouvelables observée dans le monde au cours de la dernière décennie a été particulièrement rapide¹⁰ et constitue un changement profond et durable de l'équilibre énergétique mondial. Au sein de l'Union européenne, certains États membres assurent d'ailleurs à ce jour, grâce aux énergies renouvelables, une couverture significative de leurs besoins énergétiques. Si elle répond principalement à des impératifs énergétiques et climatiques, la pénétration des EnR dans les mix productifs nationaux génère aussi des externalités économiques importantes, principalement sur les marchés de l'emploi et sur la balance commerciale. La Commission européenne chiffre par exemple à un million¹¹ le nombre d'actifs européens employés dans le secteur des énergies renouvelables.

À l'échelle des États, le développement des EnR est générateur d'évolutions majeures, portant à la fois sur les choix de mix de production (en lien avec la compétitivité relative des moyens de production), l'équilibre des marchés de l'énergie (affectant les prix de marché et l'ouverture à la concurrence) et la stabilité des réseaux de transport et distribution (en lien avec les questions de stockage, de réseaux et compteurs intelligents, d'autoconsommation ou de mécanisme de capacité). La Cour des comptes s'attache à analyser globalement ces évolutions au travers de travaux, passés et à venir, consacrés au domaine de l'énergie¹². À la demande de la commission des finances du Sénat, le présent rapport analyse spécifiquement le pilotage de la politique de soutien au développement des énergies renouvelables.

Le développement des EnR appelle en effet des modifications profondes des stratégies énergétiques nationales qui s'observent aujourd'hui dans de nombreux pays. Surtout, le développement des capacités d'énergies renouvelables nécessite encore une mobilisation financière importante destinée à compenser les écarts de compétitivité observés entre les solutions renouvelables et les solutions conventionnelles. Face ces bouleversements, les États disposent de leviers divers tant dans la fixation de leurs objectifs (niveau global d'ambitions, calendrier, rythme de la trajectoire, équilibre retenu entre les EnR thermiques et électriques, variété des filières soutenues) que des moyens pour y parvenir (arbitrage entre taxation, réglementation et/ou soutien par des subventions ou avantages fiscaux, etc.).

Bien que caractérisée par un mix électrique très peu carboné, la France a fait du développement des EnR un pilier de sa stratégie énergétique et climatique. Alors que la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie atteignait fin 2016 15,7 %, la France souhaite désormais porter cette part à 23 % en 2020 et 32 % en 2030. Cette ambition nécessitera une mobilisation massive d'un grand nombre de filières d'énergies renouvelables nationales associée à des moyens publics conséquents pour assurer leur développement. Les retombées

¹⁰ Le rapport annuel de l'agence internationale de l'énergie (AIE) met par exemple en évidence que le volume annuel moyen de capacités renouvelables installées était de 128 GW (2010-2016) contre 65 GW pour le charbon, 48 GW pour le gaz et 2 GW pour le nucléaire. Pour les EnR, ce volume devrait être de 160 GW pour la période 2017-2040 d'après les projections de l'agence (source : *world energy outlook*, 2017).

¹¹ Communiqué de presse de la Commission européenne « *énergies renouvelables, l'Europe sur la bonne voie pour atteindre son objectif de 20 % d'énergies renouvelables d'ici 2020* », 1^{er} février 2017.

¹² Cour des comptes, publication et insertions aux rapports publics annuels : *Le coût de production de l'électricité nucléaire*, actualisation 2014, *L'ouverture du marché de l'électricité à la concurrence : une construction inaboutie*, 2015, *La maintenance des centrales nucléaires : une politique remise à niveau, des incertitudes à lever*, 2016, *Les compteurs communicants Linky : tirer pour les consommateurs tous les bénéfices d'un investissement coûteux*, 2018.

économiques potentielles de ce bouleversement sont toutefois nombreuses, notamment sur l'emploi et la balance commerciale.

Alors que ces mutations étaient déjà bien engagées, la Cour des comptes avait publié en 2013 un rapport public thématique consacré aux politiques de soutien aux énergies renouvelables. Ce rapport mettait en évidence, outre le caractère difficilement atteignable de la trajectoire de développement que la France s'était fixée, le montant très élevé des engagements financiers consentis par l'État. Il identifiait des zones de risques budgétaires majeures pour les années à venir. Les huit recommandations émises alors portaient sur le pilotage du développement des EnR, le cadre réglementaire régissant leur déploiement, l'efficacité des dispositifs de soutien déployés et les modalités de financement de cette politique publique. Leur mise en œuvre progressive, encore partielle, a déjà permis d'améliorer l'efficacité des dispositifs de soutien public au développement des énergies renouvelables.

Depuis la publication de ce rapport, la France a confirmé et renforcé sa trajectoire de soutien aux énergies renouvelables, notamment dans le cadre de la loi sur la transition énergétique et pour une croissance verte (LTECV). Elle a également procédé à de profondes réformes des mécanismes de soutien et de leurs modalités de financement, dans le cadre de la réforme de la CSPE.

Dans le présent rapport portant sur la période 2012-2017, la Cour s'est attachée à analyser les modifications intervenues dans la politique de soutien aux énergies renouvelables, notamment sous l'influence de l'Union européenne, et leurs conséquences budgétaires. Elle a également appréhendé les changements de stratégie dans la conduite de cette politique et la façon dont les pouvoirs publics la déploient et en assurent le financement. Enfin, en complément des approches déjà développées en 2013, la Cour a dressé un premier bilan des résultats du soutien public aux réalisations industrielles intervenues dans le champ des énergies renouvelables¹³ au cours des dernières années et un bilan spécifique de l'état de développement des filières d'EnR thermiques.

¹³ Comme en 2013, le champ des biocarburants a été exclu du périmètre du contrôle.

Chapitre I

Des objectifs ambitieux difficilement atteignables

La promotion des énergies renouvelables s'inscrit dans un mouvement mondial dont l'objectif principal est la lutte contre le changement climatique. De nombreux pays se sont fixé des objectifs ambitieux de développement de leurs capacités et le marché des énergies renouvelables a donc connu une croissance très forte. Pendant la période sous revue, les investissements dans le secteur ont aussi profité de baisses de prix spectaculaires sur certaines technologies¹⁴, dont plusieurs sont désormais compétitives avec des technologies conventionnelles. L'évolution des investissements mondiaux atteste de ces effets : ainsi, près de 10 200 Md\$ (8 600 Md€) devraient être investis à l'échelle mondiale pour l'accroissement des capacités de production renouvelables d'ici 2040, dont 28 % à l'échelle de la Chine et 11 % à celle de l'Inde¹⁵.

La stratégie française de développement des énergies renouvelables présente deux spécificités. Ses objectifs sont plus ambitieux que ce que requerrait le simple respect de la trajectoire fixée par l'Union européenne et elle répond à un double objectif, la lutte contre le changement climatique et la réduction de la part du nucléaire dans le mix électrique.

I - Des objectifs particulièrement ambitieux

A - Des objectifs qui s'inscrivent dans un cadre européen

À l'échelle mondiale, la promotion des énergies renouvelables a été consacrée au sein de plusieurs accords. En 1997, le protocole de Kyoto engage ainsi les États à « *rechercher, promouvoir, mettre en valeur (...) des sources d'énergie renouvelables* » (art. 2). En 2015, l'Accord de Paris sur le climat rappelle pour sa part la « *nécessité de promouvoir l'accès universel à l'énergie durable (...) en renforçant le déploiement d'énergies renouvelables* ».

¹⁴ C'est le cas par exemple du photovoltaïque : le prix moyen pondéré des offres a baissé de 63 % depuis 2011 pour les installations de grande puissance et de 54 % pour les installations de moyenne puissance (*source* : CRE).

¹⁵ D'après le cabinet Bloomberg (*source* : *new energy outlook*, 2017).

L'Union européenne a, de son côté, bâti un cadre plus ambitieux. En 1986, une résolution du Conseil a d'abord fixé un objectif général de substitution progressive des énergies fossiles par les énergies renouvelables¹⁶. Cet engagement a été formalisé en 2001 par une directive¹⁷ qui a entériné un objectif de 12 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique européenne en 2010. En 2007, la Commission¹⁸ puis le Conseil Européen ont adopté un objectif d'incorporation des EnR dans la consommation de 20 % en 2020, soit plus du double du niveau atteint en 2010 (9,8 %). En 2009, une nouvelle directive¹⁹ a décliné cet objectif en cibles nationales s'imposant aux États membres (cf. annexe n° 4). Ces cibles, oscillant à l'époque entre 11 % (Luxembourg) et 49 % (Suède) à horizon 2020, rendent compte du niveau de développement très hétérogène des EnR parmi les États membres, lequel s'est confirmé ultérieurement (cf. *infra*).

Depuis 2013, l'Union européenne s'est fixé de nouveaux objectifs de long terme dans le cadre d'un troisième paquet « énergie-climat »²⁰ dont l'un fixe à 27 % de la consommation intérieure brute à horizon 2030 la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. La proposition de règlement sur la gouvernance de l'Union de l'énergie²¹ actuellement en discussion prévoit également des mécanismes de suivi plus ambitieux²² pour s'assurer de la contribution effective et équitable de chaque État à l'objectif global de 27 %.

En plus de la fixation d'une trajectoire de développement ambitieuse, la Commission européenne a déployé une action régulatrice et un suivi attentif des politiques nationales de soutien aux EnR, dans le cadre d'objectifs plus larges²³ d'intégration et d'ouverture à la concurrence des marchés de l'énergie à l'échelle européenne. S'agissant par exemple de la conception des dispositifs de soutien aux EnR électriques, la Commission²⁴ a demandé, en 2013, que les mécanismes de soutien évoluent afin d'exposer davantage les producteurs aux signaux de marchés (cf. *supra*). D'autres lignes directrices et règles de droit ont été fixées ou proposées pour encadrer les modalités de soutien aux EnR (notification des mécanismes

¹⁶ Résolution du 16 septembre 1986 du Conseil des communautés européennes concernant de nouveaux objectifs de politique énergétique communautaire pour 1995 et la convergence des politiques des États membres.

¹⁷ Directive n°2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir des sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité.

¹⁸ Communication de la Commission du 10 janvier 2007 « *Feuille de route pour les sources d'énergie renouvelables — Les sources d'énergie renouvelables au XXIe siècle: construire un avenir plus durable* ».

¹⁹ Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

²⁰ Adopté le 23 octobre 2014 par le Conseil européen ; la Commission a présenté le 30 novembre 2016 un paquet de mesures visant à traduire dans le droit ces nouvelles orientations.

²¹ Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil sur la gouvernance de l'Union de l'énergie du 30 novembre 2016.

²² L'article 27 du projet de règlement prévoit des interventions de la Commission en cas de manque d'ambition des plans nationaux en matière de climat et d'énergie (évaluation conduite en 2023 pour chaque État par la Commission, versement d'une contribution financière à une plateforme de financements de projets, ...).

²³ Directive 90/377/CEE du Conseil du 29 juin 1990 instaurant une procédure communautaire assurant la transparence des prix au consommateur final industriel de gaz et d'électricité, et 2009/72/CE du Parlement Européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité.

²⁴ Communication de la commission, 2014/C 200/01, *Lignes directrices concernant les aides d'État à la protection de l'environnement et à l'énergie pour la période 2014-2020*.

d'obligation d'achat²⁵, promotion des principes de double-neutralité technologique et géographique sur les grands projets européens d'EnR électriques²⁶, lignes directrices favorables aux appels d'offres, etc.).

La présentation du paquet « énergie propre »²⁷ fin 2016 confirme cette ambition de faire émerger une Europe de l'énergie, fondée sur des politiques de soutien très intégrées. D'après la Commission, le renforcement de la coordination des politiques énergétiques nationales engendrerait des gains d'efficacité, liés à l'optimisation des implantations géographiques de production d'énergies renouvelables et à la stabilité des réseaux. Cette vision se heurte néanmoins au maintien d'un faible degré de coordination entre États membres en matière de politique énergétique (cf. annexe n° 5) et n'intègre pas les coûts liés au renforcement du réseau de transports qu'il conviendrait alors nécessairement d'engager.

La stratégie européenne de promotion des EnR présente d'autres limites : elle s'avère déséquilibrée entre les EnR électriques et les EnR thermiques. Contrairement aux EnR électriques, le secteur de la chaleur n'apparaît en effet dans aucun texte européen avant 2009. Malgré les retards constatés dès 2007²⁸, la définition d'un objectif spécifique de chaleur renouvelable à horizon 2020 n'a pas été retenue dans le cadre de la directive de 2009. Une autre limite tient à la faiblesse du marché européen du carbone²⁹ qui ne permet pas d'améliorer la compétitivité des EnR face aux solutions conventionnelles carbonées (cf. *infra*).

Malgré ces limites, la pénétration des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen est réelle : en 2015 par exemple, elles représentaient 77 % des nouvelles capacités énergétiques installées³⁰. Leur part dans la consommation intérieure brute³¹ est passée de 5,5 % en 1999 à 6,3 % en 2004, 9,9 % en 2010, et 13 % en 2015.

²⁵ Arrêt du 19 décembre 2013 C-262/12 de la CJCE, Association Vent de colère contre Ministre de l'Écologie : saisie d'une question préjudicielle du Conseil d'État, la CJCE a considéré que le système de compensation des surcoûts liés à des obligations d'achat de l'électricité d'origine éolienne était une intervention publique constitutive d'une aide d'État devant être notifiée à la Commission européenne.

²⁶ La neutralité technologique consiste à ne pas favoriser une technologie particulière dans le cadre d'un dispositif de soutien ; la neutralité géographique consiste à défendre le principe d'un octroi de soutiens nationaux à des installations permettant la production d'énergie à partir de sources renouvelables situées sur le territoire d'un autre État-membre. Cette approche promue par la Commission européenne figure dans le projet de refonte du paquet Énergie présenté à la fin de l'année 2016. La DGEC défend une mise en œuvre volontaire de la neutralité géographique, compte tenu des impacts potentiels de cette politique, qu'ils soient économiques (pour les contribuables, les entreprises et les territoires), énergétiques (modification du mix énergétique du pays, risques pour le système électricité et la sécurité d'approvisionnement) ou environnementaux et qui n'ont, d'après elle, pas été suffisamment évalués dans l'étude d'impact du projet de refonte de la directive EnR.

²⁷ Présentation du 30 novembre 2016, incluant 8 projets de directives et 3 communications : <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>.

²⁸ « Feuille de route pour les sources d'énergies renouvelables » établie par la Commission (10 janvier 2007)

²⁹ L'European Trading Scheme (ETS) a été mis en place en 2005 et consiste en un mécanisme d'échange de quotas de CO₂ à l'échelle de l'Union européenne.

³⁰ Rapport annuel de l'Agence européenne de l'énergie (3 avril 2017).

³¹ Source : Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics/fr

B - Une programmation ambitieuse fondée sur un double objectif.

L'engagement français en faveur des EnR a d'abord reposé sur la transposition en droit interne des directives européennes. La loi du 13 juillet 2005³², dite loi POPE 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, retranscrite dans la loi du 3 août 2009. Elle fixe à horizon 2020 un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie³³. 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 2009³⁴, 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)³⁵, 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)³⁶.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015) et le décret relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie (2016)

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a été promulguée le 17 août 2015. Elle fixe les objectifs en matière de développement des EnR et notamment :

- Augmenter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % en 2030 ;
- Atteindre 40 % de la production d'électricité d'origine renouvelable en 2030 ;
- Atteindre 38 % de la consommation finale de chaleur d'origine renouvelable en 2030 ;
- Atteindre 10 % de la consommation de gaz d'origine renouvelable en 2030 ;
- Multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux de chaleur et de froid à l'horizon 2030.

Pour atteindre ces objectifs, le gouvernement s'est doté d'un outil de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), qui se substitue aux anciens outils de programmation. Il fixe des objectifs quantitatifs pour chaque filière renouvelable (cf. annexe n° 6), sur une période de dix ans à l'exception de la première itération couvrant la période 2016-2023. La PPE doit être revue tous les cinq ans, à l'exception de la première révision qui interviendra en 2018 pour couvrir la période 2019-2028.

³² Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de politique énergétique.

³³ Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

³⁴ Arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité.

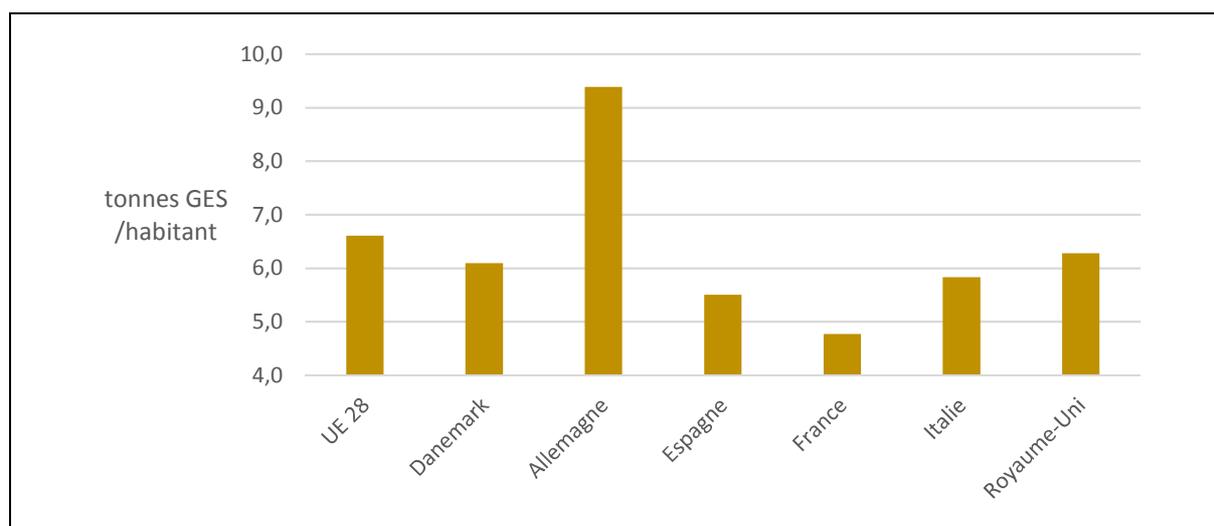
³⁵ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique et pour la croissance verte.

³⁶ Décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.

Ces objectifs apparaissent plus ambitieux que ceux imposés par la stricte transition du droit de l'Union européenne³⁷ : les objectifs nationaux fixés pour 2030 sont ainsi supérieurs de cinq points à la cible définie à l'échelle de l'Union (32 % contre 27 %). La France a également fait le choix de décliner ses objectifs en cibles spécifiques pour l'électricité (40 %) et la chaleur (38 %), ce que le droit européen n'imposait pas.

Les objectifs français en matière d'EnR électriques sont d'autant plus ambitieux que la France se distingue parmi ses voisins européens par la place qu'occupent déjà les sources d'énergies non carbonées dans son mix énergétique (cf. annexe n° 7). La prépondérance de l'énergie de source nucléaire³⁸ conduit en effet à ce que l'électricité française produite soit décarbonée à 98 %³⁹ et que les émissions de gaz à effet de serre françaises du fait de la production d'énergie soient donc limitées comparativement aux autres pays de l'UE (cf. graphique n° 2). Cette situation place la France dans une situation singulière par rapport à la plupart de ses voisins pour qui le développement des EnR répondait d'abord à une volonté de décarboner leurs mix énergétiques (Royaume-Uni, Espagne, Allemagne).

Graphique n° 2 : émissions de gaz à effet de serre imputables à la consommation d'énergie (2015)



Source : Eurostat – graphique Cour des comptes

³⁷ En 2005, la France figurait avec trois autres États membres (Irlande, Danemark et Royaume-Uni) parmi les pays de l'Union européenne, s'étant fixé le plus d'efforts à accomplir (calculés comme les écarts entre la proportion d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie en 2005 et les objectifs fixés par chaque État-membre pour 2020 ; calculs réalisés en 2013 par la Cour des comptes dans son RPT sur les énergies renouvelables, sur la base des données de la feuille de route de la Commission européenne en 2007).

³⁸ L'énergie nucléaire représente environ 28 % de l'énergie primaire produite au sein de l'UE, contre 82 % en France. À l'inverse, 44 % de l'énergie française consommée provient d'énergies fossiles et 50 % à l'échelle de l'Union (source : datalab).

³⁹ D'après le bilan 2016 publié par RTE ; chiffre calculé en rapportant la production nette de 2016 retranchée de la production de fioul et de charbon au volume de production nette total. Les données 2015 et 2014 s'établissaient selon ce même calcul à 97 % et 96 %.

Ainsi, compte tenu de son profil énergétique peu carboné, si la France avait voulu faire de sa politique en faveur des EnR un levier de lutte contre le réchauffement climatique, elle aurait dû concentrer prioritairement ses efforts sur le secteur des EnR thermiques qui se substituent principalement à des énergies fossiles émissives de CO₂. De ce fait, la place consacrée aux énergies renouvelables électriques dans la stratégie française répond à un autre objectif de politique énergétique, consistant à substituer les énergies renouvelables à l'énergie de source nucléaire. Si cet objectif ne présidait pas à la stratégie fixée pour 2020, à la suite des travaux du Grenelle de l'Environnement, il figure explicitement dans la LTECV (2015) qui fixe un objectif de 40 % d'énergies renouvelables dans la production électrique d'ici 2030, accolé à l'engagement de réduire la part du nucléaire dans la production électrique à 50 % à horizon 2025.

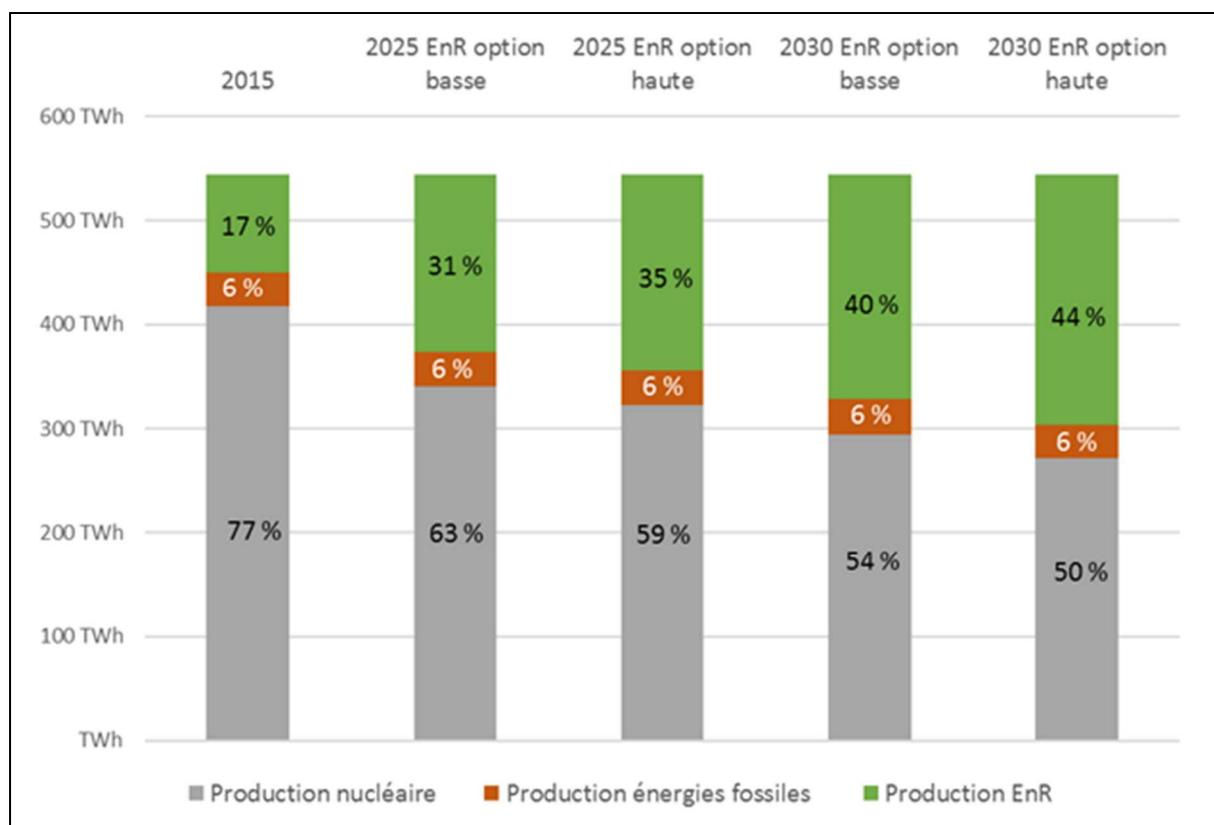
Cette ambivalence dans la finalité de la stratégie française conduit donc à activer simultanément deux leviers - la croissance des énergies renouvelables électriques et celle des énergies thermiques - qui ne répondent pas aux mêmes objectifs. Un exercice de clarification des ambitions françaises aurait ainsi permis de dire à quel(s) objectif(s) énergétique(s) répondait le développement des énergies renouvelables (substitution à l'énergie nucléaire, décarbonation du mix), et quels bénéfices en étaient attendus (améliorer la balance commerciale en réduisant les importations d'énergies fossiles, accroître l'indépendance énergétique française, développer de nouveaux secteurs industriels, etc.).

Surtout, la PPE qui formalise la stratégie française d'évolution du mix énergétique n'est pas parvenue à traduire ce double objectif, climatique et énergétique. Telle qu'elle a été construite en 2016, la PPE n'a pas permis de rendre compatibles l'objectif de réduire la part du nucléaire à 50 % du mix électrique à horizon 2025 et la montée en puissance simultanée des énergies renouvelables électriques. En effet, cette trajectoire repose sur l'hypothèse d'un développement linéaire des EnR électriques jusqu'à 2030⁴⁰, définissant ainsi un point de passage en 2025 entre 170-188 TWh (cf. graphique n° 3). Dans cette hypothèse, et toutes choses égales par ailleurs, la Cour estime que l'énergie nucléaire représenterait alors encore 59 % à 63 % de la production électrique. La réalisation de l'objectif de 50 %, à niveau d'importations et d'exportations inchangé, n'est donc possible que dans l'hypothèse haute de la PPE à horizon 2030 et non 2025.

La DGEC estime toutefois que les prévisions qui sous-tendaient la réalisation de la PPE en 2016 s'appuyaient sur une diminution de la demande énergétique qui de fait limitait le décalage de trajectoire constaté. Elle rappelle également qu'en égard à la nature des infrastructures concernées, la trajectoire d'augmentation des capacités renouvelables électriques n'est pas linéaire, mais repose davantage sur des à-coups au fur et à mesure de la mise en service des infrastructures de production.

⁴⁰ Cela correspond à une montée en puissance de la production renouvelable électrique de 96,5 TWh (2016) à 216 TWh en 2030 (soit 40 % de la production), à demande et solde exportateur inchangé.

Graphique n° 3 : hypothèses d'évolution du mix électrique



Source : volet offre du dossier de présentation de la PPE – calculs Cour des comptes ; production électrique stable

Le ministre chargé de l'énergie a lui-même reconnu que cette trajectoire n'était pas tenable⁴¹ en se fondant sur l'analyse de RTE⁴². Ainsi, d'après RTE, l'atteinte de l'objectif de 50 % en 2025 conduirait à la fermeture de 23 à 27 réacteurs nucléaires⁴³. Outre le caractère peu réaliste de cette perspective dans un horizon aussi court⁴⁴, RTE mettait en évidence le fait qu'elle aurait un impact négatif sur les engagements climatiques français. En effet, pour atteindre l'objectif de 50 % d'ici 2025, la France serait obligée de recourir à des centrales à

⁴¹ Communication au Conseil des ministres du 7 novembre 2017.

⁴² Source : RTE, *bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France* (édition 2017).

⁴³ Dans une insertion au rapport public annuel 2016 (p. 111) consacrée à la maintenance des centrales nucléaires, la Cour des comptes avait estimé que le nombre de réacteurs concernés s'établissait à 17 sur la base d'une règle de trois par rapport au volume de production du parc nucléaire de l'époque. L'écart de cette estimation par rapport à celle fournie par RTE tient essentiellement à la mobilisation d'hypothèses d'évolutions de la demande plus fines que celles dont disposait la Cour.

⁴⁴ À titre d'exemple, dans son rapport, RTE rappelle que le plan de sortie du nucléaire adopté par l'Allemagne en 2011 prévoit la fermeture de capacités installées de 21,1 GW en une décennie ; la perspective d'atteindre 50 % de nucléaire d'ici 2025 nécessiterait la réduction de 24 réacteurs (de 900 MW chacun) soit 21,6 GW en six ans. Dans le cas français par ailleurs, la fermeture de réacteurs conduirait l'État à devoir dédommager EDF. La fermeture de la centrale de Fessenheim a par exemple donné lieu à un protocole d'accord prévoyant l'indemnisation d'EDF à hauteur de 446 M€ d'ici 2021 plus une part variable ultérieure destinée à couvrir, dans certaines conditions et jusqu'en 2041, le manque à gagner pour l'entreprise.

charbon et à des centrales au gaz pour assurer sa sécurité d’approvisionnement, ce qui conduirait à une hausse des émissions de gaz à effet de serre.

Faute de cohérence, la crédibilité de l’intégration des EnR à la politique de l’énergie française s’est trouvée remise en cause par cet exercice de programmation conduit en 2016. Les acteurs du monde de l’énergie – même au sein des administrations intéressées – sont nombreux à ne pas avoir cru dans les objectifs et la trajectoire définis par la PPE. Ce faisant, cet outil a failli à l’objectif qu’il s’était donné, celui d’offrir un cadre prévisible et consolidé de l’évolution de la politique énergétique jusqu’en 2023.

C - Des objectifs industriels devenus secondaires

Adossée aux objectifs de développement des énergies renouvelables, l’aspiration au développement de filières industrielles en matière d’EnR remonte au Grenelle de l’environnement. En 2008, un rapport intitulé « *développer une filière industrielle nationale créatrice d’emploi pour améliorer la compétitivité* » est remis au ministre chargé de l’énergie. Il apparaît à ce jour, comme l’analyse la plus poussée des enjeux industriels liés à la transition énergétique. Peu après, en octobre 2009, le commissariat général au développement durable (CGDD) publie une étude intitulée « *les filières industrielles stratégiques de la croissance verte* ». Sur les dix-sept filières stratégiques qu’elle identifie, sept concernent les EnR. L’étude recommande des positionnements industriels stratégiques, liés à l’existence, avérée ou potentielle, de champions français dans certains domaines et à l’état de maturation des différents marchés.

L’ambition de faire profiter l’industrie française du développement des énergies renouvelables va toutefois rapidement s’étioiler. En 2010, la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) pour l’électricité rétrograde cet objectif à une espérance, celle que la dynamisation des secteurs manufacturiers nationaux découle spontanément du développement des moyens de production renouvelables⁴⁵. Dans son exposé des motifs, la LTECV retient une appréhension très large de la notion de filières, lesquelles englobent l’ensemble des activités économiques liées à la transition énergétique, sans se concentrer particulièrement sur les activités manufacturières. Les externalités économiques associées aux EnR et à la transition énergétique tiennent donc à la création d’emplois de tout type, sans plus chercher à en favoriser l’impact industriel.

Au sein de la stratégie énergétique, le développement des filières industrielles constitue un objectif secondaire, pour lequel les outils de mesure restent à construire. En 2016, la PPE proposait de « *mettre en place un dispositif d’observation de la chaîne de valeur des filières énergétiques de la transition énergétique incluant notamment le suivi de la balance commerciale et l’emploi* »⁴⁶. Cette proposition a été partiellement mise en œuvre, notamment avec les études de l’ADEME portant sur les marchés, emplois et balance commerciale de

⁴⁵ PPI 2009, III-4-1 : les EnR « *représentent par ailleurs, ainsi que les actions de maîtrise de la demande, un enjeu important en termes de développement économique et d’emploi. Leur diffusion sur le territoire national dynamisera les fabricants d’équipements français (éoliennes, panneaux solaires thermiques et photovoltaïques, chaudières, turbines hydrauliques...), et renforcera les positions des fabricants nationaux de composants* ».

⁴⁶ PPE 2016, synthèse, page 27.

certaines filières d'énergies renouvelables, mais ces études ne constituent pas, à ce jour, les supports de définition ou de suivi des objectifs de politique industrielle. Si les textes successifs n'ont jamais clairement défini un objet et un indicateur de suivi constants et partagés de la politique industrielle renouvelable, l'actualisation de la PPE qui sera conduite en 2018 offre en revanche l'occasion de bâtir une ambition industrielle partagée.

D - Une programmation qui amène à soutenir fortement toutes les filières

Pour répondre aux objectifs qu'elle s'est fixés, la France a programmé un mix énergétique diversifié. Ce choix est défendu par le ministre chargé de l'énergie au motif que, compte tenu du niveau d'ambition français, seule la mobilisation de l'ensemble des sources d'énergies renouvelables peut permettre d'atteindre les cibles fixées. La mobilisation de l'ensemble des filières renouvelables conduit ainsi à solliciter également les filières les moins matures et donc les plus coûteuses (cf. *infra*).

D'autres pays (cf. annexe n° 5) ont eu des approches différentes pour bâtir leur programmation énergétique. Par défaut, certains ont été contraints d'établir une programmation fondée sur un nombre de filières réduit pour tenir compte du niveau de disponibilité de leurs ressources naturelles, notamment les pays scandinaves. De ce point de vue, la France dispose d'une situation privilégiée puisqu'elle possède sur son territoire une grande diversité de ressources renouvelables. D'autres pays ont bâti leur programmation à partir d'une enveloppe budgétaire limitative. C'est le cas du Royaume-Uni dont le volume global de soutien public aux EnR est limité par un plafond fixé par la loi. La perspective de dépasser ce plafond a conduit en 2015 le pays à réorienter sa politique de développement en la concentrant principalement sur l'éolien *offshore* pour lequel le pays dispose d'avantages naturels importants.

La PPE réalisée en 2016, vise à traduire jusqu'en 2023 les objectifs fixés au travers d'une feuille de route précise, par sources d'énergies (cf. annexe n° 6). S'agissant de la chaleur, les objectifs s'élèvent entre 17,2 Mtep (fourchette basse) et 19 Mtep (fourchette haute) d'ici 2023, soit une augmentation potentielle de 30 à 45 % de la production par rapport à la situation de 2014. Les efforts envisagés porteraient en proportion davantage sur le biogaz et la géothermie⁴⁷ et en volume sur le bois-énergie.

Pour le volet électricité, la PPE prévoit une production électrique renouvelable entre 170 et 216 TWh en 2023 contre environ 93 TWh en 2015. Cette progression serait alors imputable pour 50 % à l'éolien terrestre, pour 25 % au solaire photovoltaïque et pour 15 % à l'éolien en mer posé.

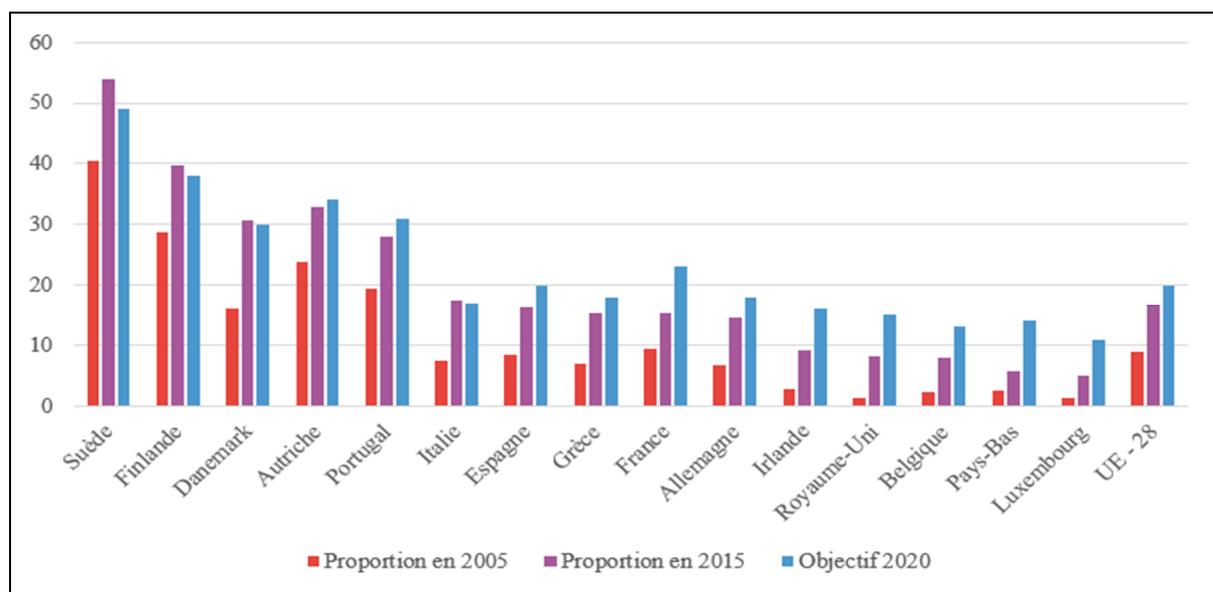
⁴⁷ Sur la base des écarts entre le réalisé 2015 (données SoeS) et la moyenne entre la fourchette haute et la fourchette basse de la PPE. En réalisant ces différentiels, il apparaît qu'en 2015, 80 % et 75 % de la trajectoire doivent encore être parcourus par le biogaz et la géothermie, là où les pompes à chaleur, la biomasse, et le solaire thermique avaient réalisé en 2015 respectivement 66, 60 et 55 % de leur trajectoire.

II - Des résultats notables mais en deçà des objectifs affichés

A - Une progression en demi-teinte

La forte mobilisation française en faveur des EnR a eu pour conséquence un accroissement significatif des capacités d'énergies renouvelables dans le mix énergétique : la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie en France a nettement progressé au cours de la dernière décennie, passant de 9,2 % en 2005 à 15,7 % en 2016. En dehors des pays scandinaves (Suède, Finlande, Danemark) qui disposaient déjà en 2005 d'une avance considérable, la France se situe ainsi aujourd'hui dans une fourchette relativement haute parmi les pays européens.

Graphique n° 4 : évolution de la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie des États européens (2005-2020)



Données intégrant les biocarburants

Source : Eurostat – s'agissant des cinq premiers pays (Suède, Finlande, Danemark, Autriche et Portugal), leurs performances énergétiques tiennent notamment à la forte place qu'occupe l'hydroélectricité dans leur mix.

Malgré cette nette progression et comme la Cour l'avait relevé en 2013⁴⁸, la France n'a cessé d'accumuler du retard par rapport à la trajectoire qu'elle s'était fixée. Ainsi, les objectifs pour 2030 ont été déterminés alors même que la France accusait déjà un certain retard dans la réalisation de ceux planifiés pour 2020 (cf. tableau n° 1). À titre d'exemple, au moment de déterminer la trajectoire de la LTECV s'agissant des EnR thermiques, la trajectoire fixée en 2009 par le PNA était déjà loin d'être respectée dans la quasi-totalité des filières. De même, les

⁴⁸ Cour des comptes, rapport public thématique, *La politique de développement des énergies renouvelables*, 2013.

résultats en 2016 (15,7 %) étaient inférieurs de 2,3 points à ceux de la trajectoire prévisionnelle aboutissant aux objectifs fixés pour 2020⁴⁹.

La France a d'ailleurs progressé moins vite que ses voisins européens pendant la période 2005-2015 : la part des EnR dans la consommation d'énergie finale entre 2005 et 2014 a progressé de 4 points en France, contre 7,5 en Italie et 8 en Allemagne (cf. annexe n° 4).

Tableau n° 1 : part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie

En %	réalisé			trajectoire	objectifs	
	2005	2015	2016	2016	2020	2030
Électricité	13,8	18,9	19,1	21,5	27	40
Chaleur	11,6	20	20,7	25,5	33	38
Transports	2	8,3	8,7	8,4	10,5	15
Ensemble	9,2	15,2	15,7	18	23	32

Les données réalisées pour 2016 sont provisoires ; calcul en proportion de la consommation finale brute d'énergie
La trajectoire 2016 est celle du PNA. L'objectif 2020 est celui du PNA. L'objectif 2030 est celui de la LTECV qui n'inclut pas les DOM.

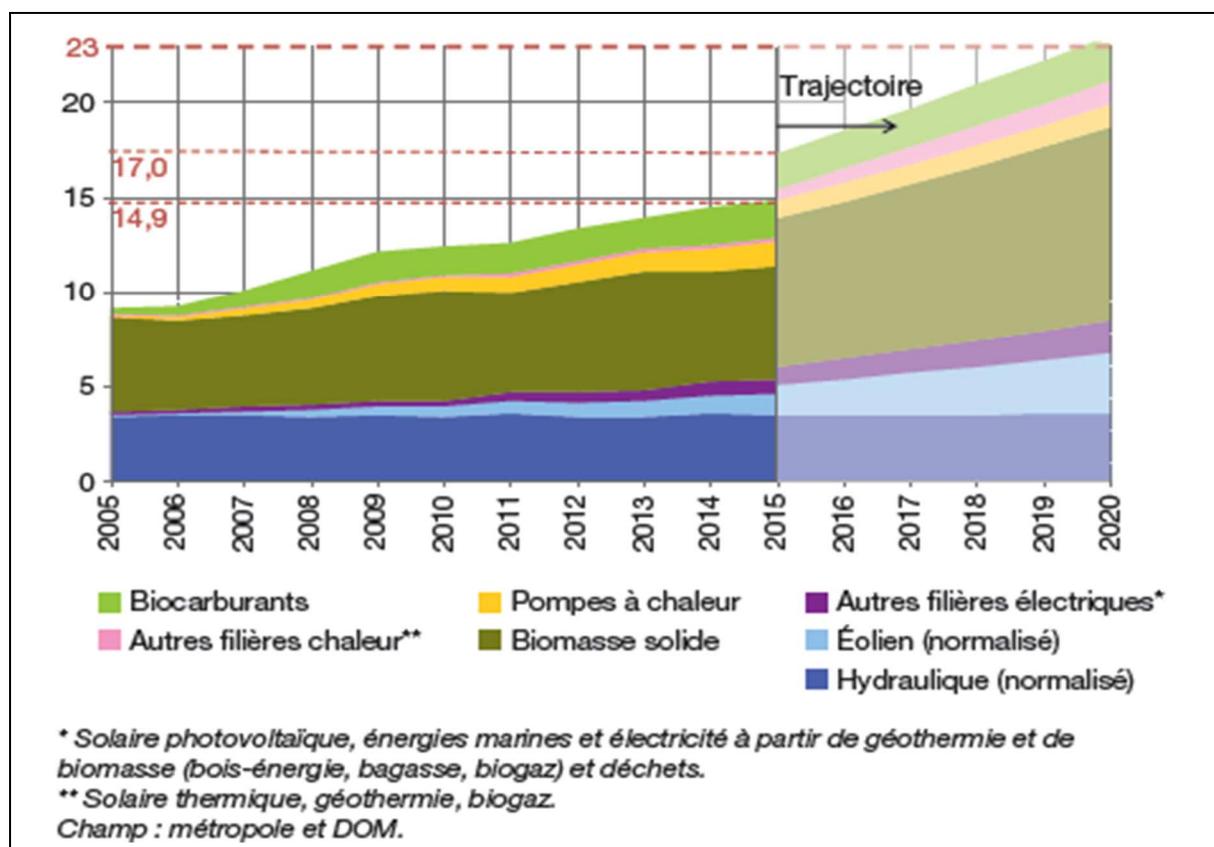
Source : Ministère chargé de l'énergie, Datalab, Septembre 2017

Pour l'électricité, 92 % du niveau prévu par la trajectoire a été atteint en 2016. Le différentiel par rapport aux objectifs fixés résulte essentiellement du retard pris dans l'éolien en mer⁵⁰. En revanche, pour la chaleur, 78 % du niveau a seulement été atteint. Le rythme de croissance annuelle de la part des EnR dans la consommation finale de chaleur demeure donc en-deçà de celui requis pour atteindre les objectifs. Le retard découle principalement de la non-réalisation de 3,5 Mtep dans la filière biomasse. Au total, seules deux filières ont réalisé leurs objectifs (cf. graphique n° 5), le solaire photovoltaïque et les pompes à chaleur dans des conditions de soutien public toutefois peu satisfaisantes (cf. *infra*).

⁴⁹ Pour respecter la trajectoire de 23 % d'EnR (y compris transport) à horizon 2020, la part des EnR dans la consommation finale brute d'énergie aurait dû être de 18 % en 2016, soit 2,3 point de plus que le niveau alors atteint.

⁵⁰ La France ne compte aujourd'hui aucun parc éolien *offshore* ; les appels d'offre lancés en 2011 et 2013 d'une puissance totale approchant 3 GW n'entreront pas en service avant 2020, au mieux. La PPE prévoit d'ici 2023 le lancement d'appels d'offres pour une capacité supplémentaire comprise entre 500 MW et 6 GW. À titre de comparaison, au Royaume-Uni (5,2 GW), en Allemagne (4,1GW) ou encore au Danemark (1,3 GW), les capacités éoliennes *offshore* sont bien supérieures à la France (données IRENA).

Graphique n° 5 : part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie par filière, trajectoire et objectif 2020 (en %)

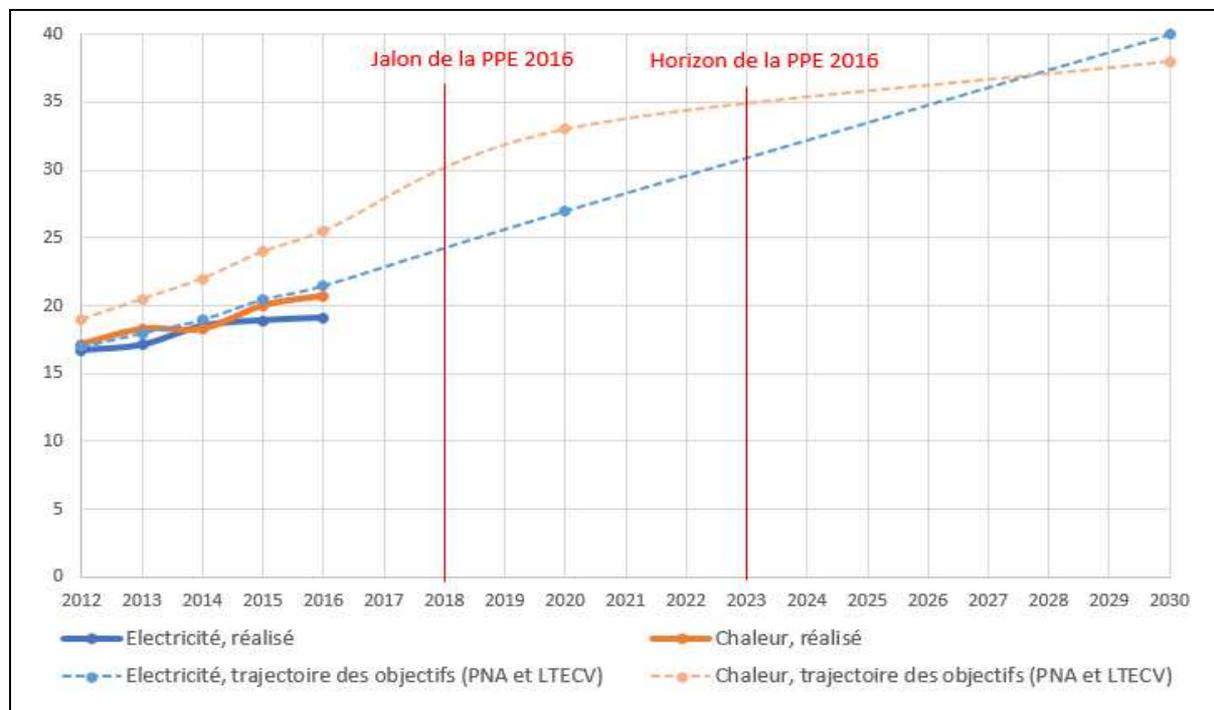


Source : Ministère chargé de l'énergie

À paramètres constants, en tenant strictement compte de la dynamique tendancielle observée jusqu'à ce jour, et sous réserve de différences notables entre filières, les objectifs fixés pour 2020 et 2030 paraissent donc difficiles à atteindre (cf. graphique n° 5). Des mesures nouvelles pourraient sans doute permettre une accélération du déploiement des EnR d'ici 2020 et 2030 mais la Cour n'est pas en mesure d'en estimer l'impact potentiel.

Interrogé sur ce retard, le ministère chargé de l'énergie fait valoir que la progression des EnR dans le mix énergétique ne suit pas une progression linéaire. L'accroissement de nouvelles capacités, notamment dans le domaine des EnR électriques, se fait en effet à mesure de la mise en service de grosses infrastructures de production. À titre d'exemple, l'installation des parcs éoliens *offshore* pourrait substantiellement accroître les performances françaises. S'agissant des EnR thermiques, cet argument ne peut toutefois être retenu car l'essentiel du retard constaté provient de la biomasse dont le développement – axé sur des installations de petites et moyennes puissances – est plus linéaire.

Graphique n° 6 : part des EnR dans la consommation finale brute d'électricité et de chaleur (%)



Source : Cour des comptes d'après données du ministère chargé de l'énergie

B - Un contexte de développement défavorable

En 2013, la Cour avait identifié des facteurs défavorables au développement des EnR susceptibles d'expliquer une partie des retards constatés ; pour la période sous revue, la plupart n'ont pas disparu, notamment la baisse des prix de l'énergie qui affecte les conditions de rentabilité des EnR thermiques et l'environnement social et réglementaire dans lequel les EnR se développent.

1 - Des marchés de l'énergie orientés à la baisse

Le marché de l'énergie est aujourd'hui particulièrement peu favorable aux EnR thermiques, qui présentent un déficit de compétitivité structurel avec les énergies fossiles. Cette situation tient notamment à la baisse des prix des énergies fossiles observée sur les marchés depuis 2013 et à l'échec du marché européen de régulation des émissions de gaz à effet de serre au travers de quotas échangeables. Cette situation est d'autant plus problématique que la mise en place de capacités renouvelables thermiques repose essentiellement sur des décisions individuelles (pour un ménage, remplacer son dispositif de chauffage au fioul ; pour une collectivité, investir dans un réseau de chaleur, etc.) guidées principalement par des effets-prix. Le niveau actuel de la composante carbone des taxes intérieures sur la consommation

énergétique apparaît trop faiblement incitatif pour remédier à ce déficit de compétitivité (cf. *infra*).

À l'inverse, l'état des marchés de l'énergie a peu d'impact direct sur le développement des EnR électriques, les dispositifs de soutien déployés (cf. *infra*) consistant précisément à limiter l'exposition des producteurs aux fluctuations des prix de marché.

L'état des marchés de l'énergie

- **Les prix des énergies fossiles ont baissé depuis 2014.** Le cours du pétrole (Brent daté) est passé 82,7 €/bl en juin 2014, à 28,2 €/bl en janvier 2016 avant de remonter à 43,8 €/bl en août 2017. Le charbon vapeur (*spot* NWE⁵¹) a connu une évolution similaire passant de 53,5 €/t en juin 2014 à 42,1 €/t en janvier 2016. Le gaz (*spot* NBP⁵²) reste à un prix faible autour de 13,6 €/Mbtu en août 2017 après une remontée saisonnière en janvier à 19,9 €/Mbtu. Ces données révèlent une variabilité importante et des baisses de prix qui ont favorisé la compétitivité des énergies fossiles par rapport aux EnR ;

- **L'échec du marché européen de régulation des émissions de gaz à effet de serre (EU-ETS⁵³) au travers de quotas échangeables.** Aujourd'hui le volume de quotas de CO₂ en circulation est trop élevé pour que le carbone atteigne un prix incitatif. Cet échec a abouti à un prix de référence du carbone (*spot* EUA⁵⁴) très faible. Il fluctue entre 5 et 7 €/t depuis 2012. En mai 2017, la commission Stern-Stiglitz⁵⁵ a publié un rapport affirmant qu'une réduction efficace des émissions de gaz à effet de serre ne pouvait se faire sans donner un prix au carbone. Elle préconisait un corridor de prix de 40-80 \$/t CO₂ en 2020, passant à 50-100 \$ en 2030. En renchérissant le prix des énergies fossiles, un tel prix renforcerait directement la compétitivité des énergies renouvelables. Le conseil européen doit s'accorder dans les prochains mois sur les paramètres de révision du système ETS.

2 - Un environnement contraignant

Le développement des énergies renouvelables s'opère également dans un contexte peu favorable au regard des contraintes qui pèsent sur l'installation de nouvelles capacités et leur développement. Celles-ci requièrent une adaptation de pans entiers de la réglementation existante : c'est le cas de l'urbanisme pour les installations éoliennes ou photovoltaïques⁵⁶. L'installation des projets éoliens a fait par exemple l'objet d'une réglementation abondante et fluctuante. En 2005, la loi POPE a introduit les zones de développement de l'éolien (ZDE) arrêtées par le préfet après avis de la commission départementale de la nature, des paysages et

⁵¹ Prix *spot North-Western Europe* : prix fixé pour une livraison immédiate, en Europe du Nord-Ouest.

⁵² Prix *spot National Balancing Point* : prix fixé pour une livraison immédiate sur la place de marché britannique.

⁵³ *European Emissions Trading System*.

⁵⁴ Prix *spot European Emission Allowances* : prix fixé pour une livraison immédiate sur le marché européen de permis d'émissions CO₂.

⁵⁵ <https://www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-highlevel-commission-on-carbon-prices>.

⁵⁶ À titre d'exemple, l'installation des éoliennes est soumise à de multiples réglementations (éloignement minimal de 500 m des habitations, respect des zones d'exclusion militaire, etc.).

des sites ; elles ont été supprimées en 2013⁵⁷. En 2011, les éoliennes ont également été rangées dans les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)⁵⁸.

Les énergies renouvelables sont aussi soumises à différentes contraintes liées à leur environnement d'installation. S'agissant du photovoltaïque, les problématiques de disponibilité foncière sont potentiellement fortes : l'équivalent en photovoltaïque de la production d'électricité d'une centrale nucléaire de 1 300 MW nécessiterait une surface au sol de l'ordre de 68 km²⁵⁹. Pour l'éolien terrestre⁶⁰ également, les emplacements favorables sont limités par des effets météorologiques et environnementaux⁶¹.

Dans le domaine des EnR thermiques, la disponibilité de certaines ressources permet de douter de l'atteinte des objectifs fixés. Ainsi, la filière bois-énergie représente les trois quarts des objectifs fixés pour 2023, mais elle doit se concilier avec les autres usages de la forêt et ne pas porter atteinte à son exploitation durable ni à sa fonction de puits de carbone. La réalisation des objectifs EnR sur la biomasse nécessitera par exemple une mobilisation importante et coordonnée de la ressource bois, dont la gestion relève du champ de plusieurs politiques publiques (forestière, énergétique, qualité de l'air, climatique, etc.) qui sont insuffisamment articulées à ce jour.

Enfin, les installations d'EnR font l'objet d'une acceptabilité sociale limitée qui retarde voire empêche les réalisations. Les projets éoliens font ainsi systématiquement l'objet de recours contentieux qui allongent leurs délais de réalisation (10 ans estimés pour les appels d'offres français d'éolien *offshore* de 2011 et 2013 contre 3 ans pour les derniers appels d'offres lancés au Danemark) et accroît les risques financiers pesant sur eux.

Pour limiter l'impact de ces différents facteurs, plusieurs avancées ont été réalisées. Ainsi, des allègements de réglementation sont intervenus au cours de la période sous revue : les délais de recours contre les projets d'EnR en mer ont été limités⁶² et la durée de certaines autorisations d'installation d'infrastructures de productions a été prorogée⁶³. Par ailleurs, la récente désignation de la cour administrative d'appel de Nantes en premier et dernier ressort pour les

⁵⁷ Loi n° 2013-312 du 15 avril 2013, dite loi Brottes.

⁵⁸ Décret 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées à l'article R.511-9 du code de l'environnement.

⁵⁹ Calcul réalisé sur la base de l'occupation au sol de la centrale de Cestas, la plus importante de France (300 MWc sur 2,6 km²). Les données de facteur de charge retenues pour le nucléaire sont de 0,85 et pour le photovoltaïque en France de 14 %. L'occupation au sol d'une centrale photovoltaïque produisant une capacité équivalente à celle d'une centrale nucléaire de 1300 MW peut donc être calculée comme suit $(1300 * 0,85 / 14) * (2,6 / 300) = 68$, soit, à titre de comparaison, la superficie de la commune de Nantes.

⁶⁰ Dans un scénario maximaliste, la pleine montée en puissance des EnR d'ici 2030 pourrait conduire à la réalisation de 16 500 installations (dont 2 200 en mer) contre 6500 environ aujourd'hui (*source* : RTE, bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande de l'électricité (2017), parution en novembre 2017).

⁶¹ Parmi les règles d'installation applicables aux éoliennes on rappellera que celles-ci ne peuvent se trouver dans une des zones d'exclusion aérienne, qui couvrent pourtant 40 % du territoire. D'autres règles d'implantation sont rappelées dans l'arrêté du 6 novembre 2014 modifiant celui du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent.

⁶² Décret n°2016-9 du 8 janvier 2016 concernant les ouvrages de production et de transports d'énergies renouvelable en mer.

⁶³ *Idem*.

recours contre les projets d'EnR en mer pourrait contribuer à réduire les délais contentieux⁶⁴. De même, la mise en place de l'autorisation environnementale unique prévue par la LTECV et généralisée au 1^{er} mars 2017 à l'éolien terrestre et à la méthanisation devrait permettre de simplifier les procédures administratives auxquelles sont soumis les projets d'installations classées pour la protection de l'environnement en regroupant en une seule démarche jusqu'à douze actes menés jusqu'à présent de façon distincte⁶⁵. Enfin, le Gouvernement a annoncé la conception en 2018 d'un plan de simplification du développement des projets de production d'énergies renouvelables⁶⁶, sans toutefois plus de précision à ce jour.

C - Des retombées économiques réelles mais un bilan industriel décevant

La valeur des marchés français, représentant le chiffre d'affaires réalisé dans toutes les activités liées au développement des EnR⁶⁷ y compris les importations et exportations et la vente de l'énergie produite (incluant le soutien public), a plus que doublé depuis 2006, passant de 10,4 à 21,3 Md€⁶⁸ en 2016 (cf. annexe n° 8). Si le développement des EnR a induit des effets économiques significatifs, le bilan qui en découle demeure toutefois décevant, particulièrement en ce qui concerne les aspects industriels. La France est ainsi dans une situation moins avantageuse que certains de ses voisins, notamment l'Allemagne (cf. annexe n° 5), dont l'économie et en particulier le tissu industriel ont tiré davantage profit du développement des énergies renouvelables.

1 - Le tissu industriel français

Dans le secteur des énergies renouvelables, la chaîne de valeur est composée d'un grand nombre d'activités. Elles comprennent en amont les études et l'ingénierie, les activités liées à l'approvisionnement en matières premières pour la biomasse par exemple, puis la fabrication de matériels et équipements, la construction et l'installation, l'exploitation et la maintenance et enfin le démantèlement et le recyclage en aval.

⁶⁴ *Ibid.*

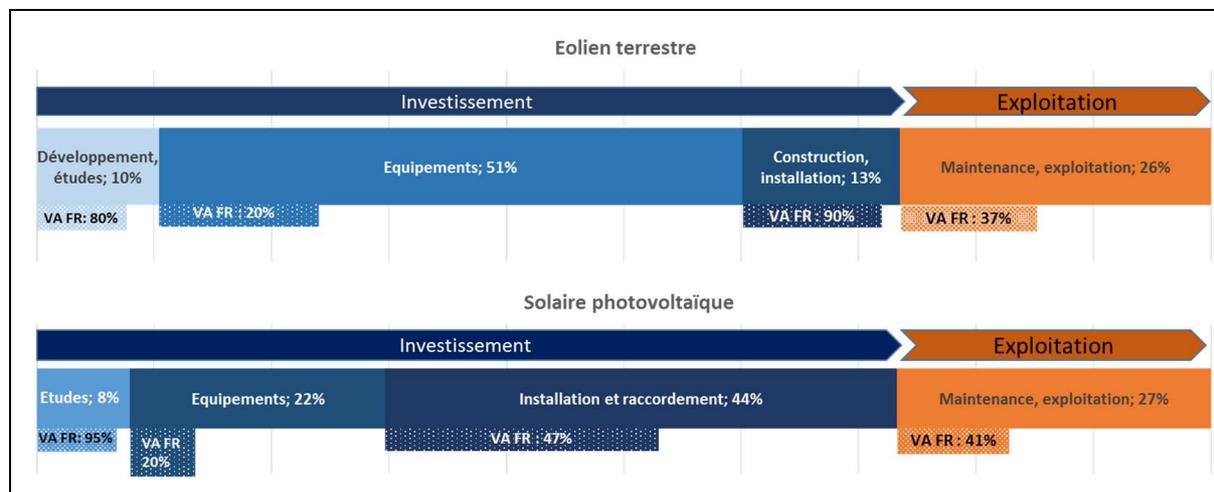
⁶⁵ Article 145 de la LTECV et ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale

⁶⁶ Communication du ministre de la transition écologique et solidaire au Conseil des ministres du 7 novembre 2017.

⁶⁷ Fabrication d'équipements dont importations et exportations, montage de projets, études, construction, distribution, installation, exploitation-maintenance, vente d'énergie.

⁶⁸ *Source* : étude ADEME « *Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables* » de juillet 2017.

Schéma n° 2 : présentation synthétique de la part de la valeur ajoutée française sur la chaîne de valeur de l'éolien terrestre et du solaire photovoltaïque



Source : Cour des comptes d'après des rapports ADEME, SER, FEE, CRE
La répartition de la valeur ajoutée par segment est donnée comme ordre de grandeur

Sur la partie industrielle de la chaîne, la valeur des investissements français dans les équipements fabriqués en France s'élevait à 1,4 Md€ en 2016, en hausse de 30 % par rapport à 2006 alors que celle des marchés a doublé dans l'intervalle. Par ailleurs les industries françaises couvrent moins de la moitié de la valeur ajoutée des investissements et moins de 25 % de la fabrication dans les EnR électriques (éolien et solaire)⁶⁹. L'industrie française est donc loin d'avoir pleinement bénéficié de l'essor économique observé sur le marché des énergies renouvelables ces dernières années. Cette situation tient notamment aux spécificités du tissu français, historiquement moins développé sur les activités mécaniques ou électrotechniques que son voisin allemand, et donc moins propice à l'extension ou à la conversion aux activités de production pour les filières renouvelables.

Quelques industriels parviennent toutefois à se développer grâce à leur positionnement sur des marchés spécifiques, à l'instar de Compte-R (chaudière biomasse de grande puissance), Poma⁷⁰ (éoliennes terrestres renforcées ou adaptées aux plafonds aéronautiques bas), DualSun (panneaux solaires hybrides), Photowatt (fabrication intégrée de modules photovoltaïques) ou encore Vergnet (éoliennes à résistance cyclonique), même si certains rencontrent aujourd'hui de grandes difficultés.

La majorité des entreprises françaises (au sens de la nationalité du capital) qui se sont développées sur le secteur des EnR ne sont donc pas industrielles. Il s'agit principalement de développeurs et fournisseurs d'énergie, qui ont investi le domaine en créant des filiales ou en rachetant des entreprises spécialisées. Les producteurs historiques EDF et ENGIE sont ainsi

⁶⁹ Source : Cour des comptes d'après des rapports ADEME, SER, FEE.

⁷⁰ Poma est un fabricant français d'éoliennes terrestres répondant à des contraintes techniques spécifiques (plafonds aéronautiques, éoliennes renforcées) qui souhaite s'appuyer sur ces marchés pour s'ouvrir ensuite aux marchés standards.

aujourd'hui les principaux acteurs français des EnR⁷¹. Ces grands énergéticiens ont su mettre à profit leur connaissance des marchés acquise grâce à leur métier historique pour pénétrer le secteur, en proposant notamment des offres et des services adaptés et innovants. Ce double-positionnement sur le marché de l'énergie peut toutefois créer des difficultés stratégiques internes, notamment lorsque les filiales et l'opérateur historique proposent des solutions concurrentes sur un même marché.

Quelques jeunes entreprises ont également su se développer sur le marché domestique et à l'export, à l'instar de Neoen, développeur devenu une entreprise de taille intermédiaire (ETI) revendiquant 1,3 GW d'EnR installés (solaire, éolien, biomasse électrique). Ces entités se sont notamment appuyées sur des partenariats avec des grandes entreprises françaises de l'électronique ou du BTP pour répondre à des appels d'offres internationaux. Certaines entreprises prometteuses, positionnées sur le segment du numérique, proposent également des services innovants dans l'évaluation des ressources ou la gestion intelligente de l'énergie renouvelable. Ainsi l'entreprise Waga Energy, fondée en 2015, achète le biogaz produit par la fermentation des déchets enfouis et le revend, après épuration, sous forme de biométhane pur injecté dans les réseaux de gaz naturel. Enfin, certains bureaux d'études et d'ingénierie français sont reconnus à travers le monde pour leur technicité notamment sur des opérations complexes (ex : géothermie volcanique ou profonde).

Au sein des principales filières, la situation économique est néanmoins très variable. Dans une étude consacrée à la filière éolienne⁷², l'ADEME estime que 600 entreprises y opèrent en France⁷³. Elles interviennent sur l'ensemble de la chaîne de valeur mais la France ne compte aujourd'hui aucun ensemblier d'éoliennes terrestres et a perdu ses champions sur l'éolien *offshore*. Ainsi, après s'être lancé en 2007 dans l'éolien en mer, Areva a cédé, en septembre 2016, ses activités à l'entreprise Gamesa, son partenaire espagnol dans la co-société Adwen. En mars 2017, Gamesa a fusionné avec l'allemand Siemens pour former un géant industriel de l'éolien. Le groupe a annoncé en septembre 2017 l'abandon de la turbine éolienne développée jusqu'ici par Adwen au profit du modèle développé par Siemens qui sera fabriqué dans les deux futures usines construites au Havre. L'usine de fabrication d'éoliennes de Saint-Nazaire d'Alstom, a quant à elle été reprise par General Electric fin 2015.

Les turbines installées proviennent de grands constructeurs étrangers : 80 % du marché est couvert par quatre groupes européens. Pour l'éolien terrestre, la part de la valeur ajoutée française dans les nouveaux parcs se situe, d'après l'ADEME et la DGE, entre 37 % et 41 % (cf. schéma n° 2). L'ADEME identifie trois voies d'avenir pour la filière : se positionner sur des marchés spécifiques, attirer sur le sol français l'usine d'un turbinier étranger, ou accompagner les PME/ETI pour investir dans le secteur de la sous-traitance de composants⁷⁴.

⁷¹ Sur l'hydroélectricité, le marché est partagé. Sur l'éolien, ENGIE est le premier exploitant de parcs avec 1,7 GW de capacités installées en tandis qu'EDF EN en revendique 1,14 GW. Sur le solaire, ENGIE est en tête des capacités de production (522 MW en France) contre 209 MW pour EDF.

⁷² Étude de la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie, ADEME, 2017.

⁷³ L'association France énergie éolienne en recense 720.

⁷⁴ C'est notamment le rôle du programme Windustry France, animé par le SER et soutenu par l'État dans le cadre du PIA, visant à renforcer le tissu de sous-traitance français.

S'agissant du photovoltaïque, le marché des modules est aujourd'hui largement dominé par les industriels asiatiques, qui représentent 90 % du marché mondial. Il ne reste aujourd'hui en Europe que deux pays – l'Allemagne et la France – disposant d'industriels ensemble. Ces entreprises sont pour la plupart en grande difficulté, à l'exception de Sunpower détenue par Total. La chaîne de valeur des installations solaires ne se résume cependant pas aux cellules et modules, et les entreprises françaises positionnées sur d'autres segments ont de bons résultats en matière d'intégration et de gestion des systèmes. Sur l'ensemble de la chaîne, la valeur ajoutée française des installations photovoltaïques est estimée à 44 % par l'ADEME⁷⁵ (cf. schéma n° 2).

La situation concernant les filières renouvelables thermiques n'a en revanche pas fait l'objet d'une analyse aussi détaillée⁷⁶. Ce manque de données rend difficile la conduite d'une politique industrielle. Quelques grands constats sont tout de même partagés. Même si les volumes sont relativement modestes, la France dispose de l'une des premières industries européennes dans le solaire thermique. Ces dernières années, en raison de la chute des marchés, elle a perdu ses entreprises pionnières. Certains sites industriels d'entreprises étrangères implantées en France se maintiennent toutefois, en se concentrant sur les marchés européens à l'export. Le secteur de la fabrication des équipements domestiques de chauffage au bois est également relativement développé et comptait, selon l'ADEME, environ 70 entreprises en 2014⁷⁷. Les constructeurs français de chaudières à bois dans le logement collectif sont quant à eux majoritaires dans les projets financés par le fonds chaleur. Enfin quelques entreprises, disposent de lignes de production de pompes à chaleur géothermiques et aérothermiques en France, mais le marché, qui s'est largement restructuré autour de grands acteurs, demeure concentré, selon les technologies, autour des acteurs japonais et allemands.

2 - La balance commerciale

Le développement des énergies renouvelables induit des effets majeurs sur la balance commerciale. Ces effets sont positifs si l'augmentation des capacités renouvelables accroît l'indépendance énergétique et permet donc de limiter le recours aux importations d'énergie, fossiles notamment⁷⁸. Ils sont négatifs si le développement des capacités renouvelables nécessite l'importation massive d'équipements productifs.

D'après l'ADEME⁷⁹, « *calculé pour l'ensemble des filières EnR (hors biocarburants), le solde net de la balance commerciale, qui prend notamment en compte les économies d'importations de matières premières évitées grâce à la substitution d'une production d'énergie renouvelable à des productions d'énergies fossiles et fissiles, est excédentaire de*

⁷⁵ Source : étude ADEME « *Filière photovoltaïque française : bilan, perspectives et stratégie* », décembre 2015.

⁷⁶ Des études réalisées par l'ADEME ont été menées sur l'impact des projets soutenus dans le cadre du fonds chaleur sur les acteurs de la filière bois énergie en matière d'emploi et de chiffre d'affaire et sur les emplois dans la filière biocombustibles. De nouvelles études sont par ailleurs attendues pour 2018-2019 sur les filières des pompes à chaleur et des réseaux de chaleur et de froid.

⁷⁷ Source : étude ADEME « *Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables* », juillet 2017.

⁷⁸ À titre indicatif, les importations d'énergies fossiles représentent un montant de 53 Md€ pour la balance commerciale française (chiffres 2014 ; lettre Trésor Eco n°162). Aucune projection n'a été réalisée pour estimer finement les économies générées par la montée en puissance des EnR, notamment thermiques, sur la balance commerciale.

⁷⁹ Note interne de l'ADEME.

1,5 milliard d'euros en moyenne par an entre 2006 et 2015, avec un maximum de 3,3 milliards d'euros en 2013 ». Cette analyse, interne, mériterait d'être affinée car elle prend comme hypothèse que l'ensemble des productions historiques d'EnR (hydroélectricité, géothermie, etc.) se sont substituées intégralement à des énergies conventionnelles. La balance commerciale des équipements nécessaires à l'installation de nouvelles capacités EnR présente quant à elle un déficit structurel. Négatif depuis 2008, le solde de cette balance commerciale des équipements est particulièrement élevé du fait des filières EnR électriques (cf. tableau n° 2) ; il a notamment atteint -3 Md€ en 2010, au plus fort de l'activité du secteur solaire photovoltaïque.

Tableau n° 2 : évolution de la balance commerciale des équipements EnR depuis 2009

<i>Commerce extérieur (M€)</i>	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016p
<i>Exportations d'équipements*</i>	796	1016	1166	1221	1181	1161	1206	1187
<i>Importations d'équipements*</i>	-1685	-3937	-2884	-1738	-1673	-2225	-1799	-1899
<i>Balance commerciale des équipements*</i>	-889	-2921	-1718	-517	-492	-1232	-593	-712

Source : Cour des comptes d'après étude « Marchés et emplois dans le domaine des EnR » de l'ADEME, Juillet 2017

*EnR hors biocarburants

Les filières les plus importatrices d'équipements sont le solaire photovoltaïque et l'éolien ainsi que, dans une moindre mesure, les pompes à chaleur et les équipements domestiques de bois-énergie utilisant les granulés. Le solaire thermique, pour lequel de nombreuses usines – y compris de fabricants étrangers – sont installées en France malgré un marché domestique en berne, et l'hydroélectricité – filière française historique – sont les seules à présenter un solde constamment positif depuis 2009.

3 - L'emploi

L'ADEME estimait le nombre d'emplois directs⁸⁰ liés aux marchés des EnR hors biocarburants sur le territoire national⁸¹ en 2016 à 79 000, en hausse de 30 % par rapport à l'année 2006. Seuls 15 % (12 000) relèvent toutefois de la fabrication d'équipements et de l'assemblage et peuvent ainsi être considérés comme des emplois industriels. Le reste relève essentiellement de la maintenance-exploitation (35-45 %) et l'installation (25-30 %)⁸².

Il demeure difficile d'établir un bilan global de l'impact des EnR sur l'emploi dès lors qu'aucun objectif n'avait été fixé et que les projections du nombre d'emplois attendus du développement des énergies renouvelables sont très variables. Ainsi, l'*International renewable energy agency* (IRENA) évaluait en 2015 le nombre d'emplois directs et indirects liés aux EnR à 162 100 en France, au deuxième rang européen derrière l'Allemagne (334 000 emplois) et à 9,8 millions dans le monde. Selon l'agence, le nombre d'emplois au niveau mondial pourrait atteindre 24 millions d'ici à 2030 dont 330 000 emplois en France. Pour sa part, le syndicat des

⁸⁰ Les emplois directs ne comptabilisent pas les emplois liés à la production des composants des équipements et aux consommations d'intrants agricoles ou forestiers notamment ni les emplois induits.

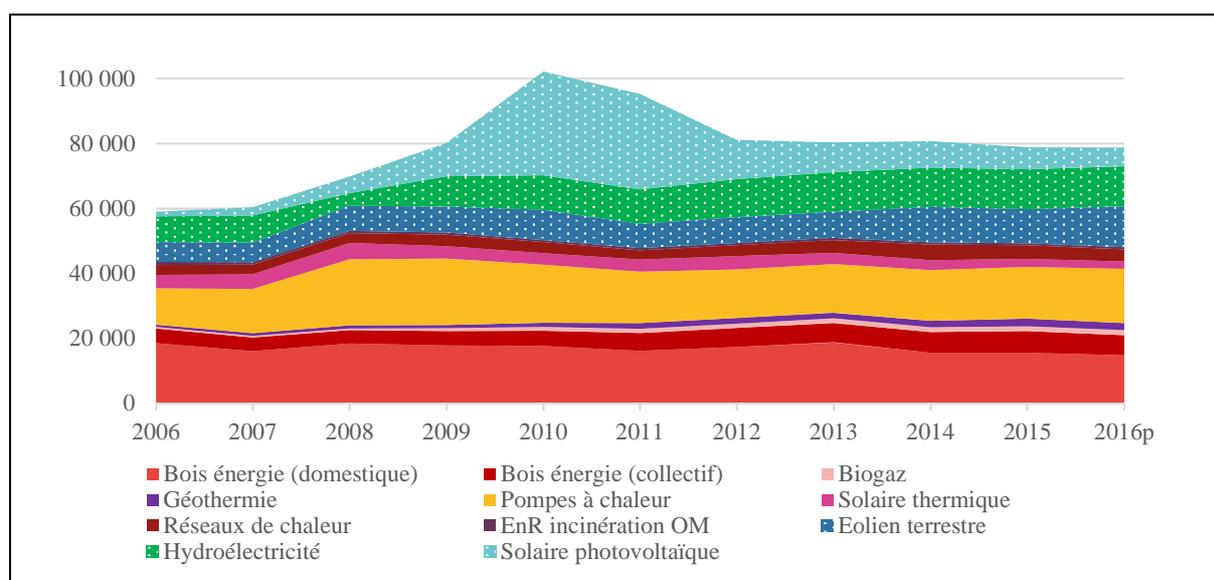
⁸¹ Métropole et DOM.

⁸² Activités locales non-délocalisables (ne répondant pas à la définition de l'emploi industriel retenue par la DGE).

énergies renouvelables (SER) prévoyait, pour 2020, 225 000 emplois directs et indirects⁸³, équivalents à 140 000 à 150 000 emplois directs.

Le bilan sur l'emploi des EnR est encore plus complexe à établir à long terme si l'on raisonne en économie réelle, en déterminant le volume de créations nettes d'emplois imputables aux EnR. Cette approche permet pourtant de neutraliser les impacts de la réduction de production énergétique conventionnelle à laquelle les énergies renouvelables sont censées se substituer et en particulier la réduction de l'emploi dans le secteur nucléaire. S'appuyant sur un modèle macroéconomique, l'étude d'impact de la LTECV présentait un chiffre d'impact net sur l'emploi « *de l'ordre de 100 000 emplois à court terme [2020] et de 220 000 (jusqu'à 300 000) en 2030* ». Ces emplois concernent néanmoins la transition énergétique dans son ensemble et non spécifiquement le secteur des énergies renouvelables. De façon similaire, l'évaluation macroéconomique du scénario PPE réalisée en 2016 estimait que 283 000 emplois supplémentaires seraient créés en 2030 par rapport au scénario tendanciel.

Graphique n° 7 : évolution des emplois directs par filière entre 2006 et 2016 (ETP)



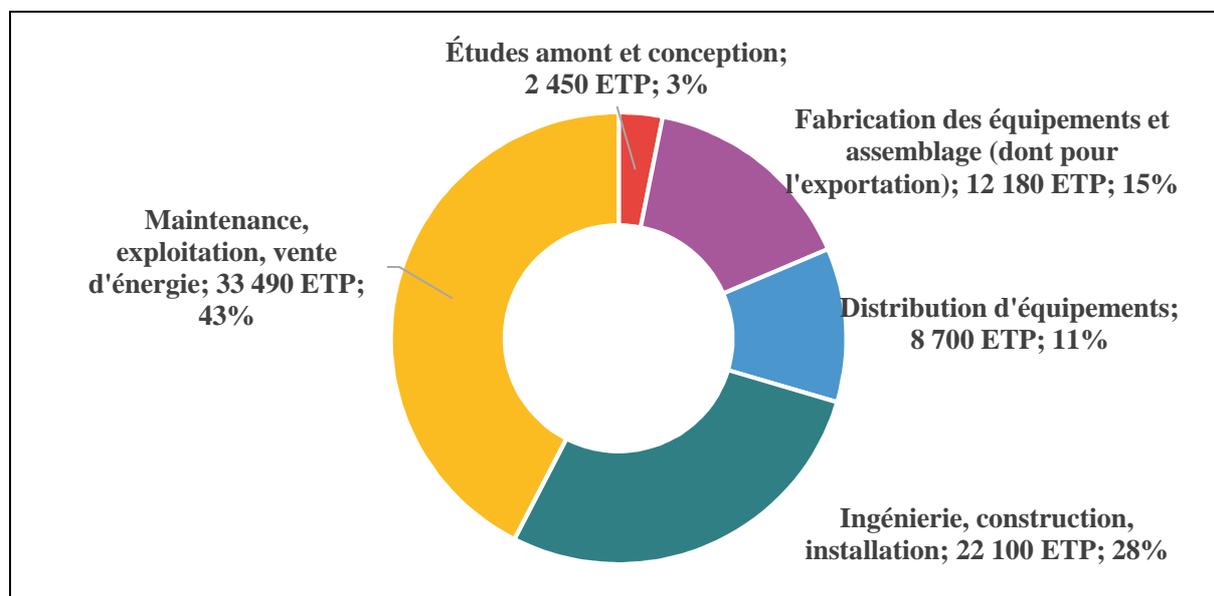
Source : Cour des comptes d'après étude ADEME « Marchés & emplois dans le domaine des EnR » de juillet 2017

En France, les filières EnR les plus pourvoyeuses d'emplois sont le bois énergie, les pompes à chaleur, l'éolien terrestre et l'hydroélectricité (cf. annexe n° 9). L'évolution des emplois renouvelables au cours de la dernière décennie a toutefois été essentiellement portée par les EnR électriques (cf. graphique n° 7) reflétant ainsi leur part prépondérante dans la production nationale. En 2016, 45 500 emplois étaient associés aux EnR thermiques contre 33 500 pour les EnR électriques pour des productions respectives de 12 500 ktep et 8 500 ktep.

⁸³ SER, *Livre blanc sur les énergies renouvelables*, 2012.

Les emplois liés aux EnR thermiques sont restés quasiment constants depuis 2006⁸⁴ alors que ceux liés aux EnR électriques, s'ils ont beaucoup fluctué, ont doublé sur la même période⁸⁵.

Graphique n° 8 : répartition des emplois directs liés aux EnR par activité en 2015



Source : Cour des comptes d'après étude ADEME « Marchés & emplois dans le domaine des EnR » de juillet 2017

Enfin, les emplois du secteur des EnR ont des caractéristiques spécifiques, en particulier celle d'avoir un fort contenu local et d'être, de ce fait, peu délocalisables. Ce constat vaut particulièrement pour les EnR thermiques puisque la chaleur est une énergie difficilement transportable. Son développement dépend essentiellement des décisions, contextes et enjeux locaux et est souvent lié à d'autres secteurs d'activités⁸⁶. La méthanisation, par exemple, permet de consolider l'activité des exploitations agricoles en diversifiant les sources de revenus des agriculteurs. Le développement du bois énergie s'inscrit également dans une perspective de dynamisation globale de la filière forêt-bois nationale, afin d'éviter tout recours structurel aux importations de biomasse, comme le recommande le projet de Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB) de 2017. Le développement de cette filière est porteur de nombreux emplois locaux liés à l'exploitation forestière, ainsi que l'ont montré deux études de

⁸⁴ Avec une chute marquée entre 2006 et 2016 des emplois liés au solaire thermique (- 48 %) et aux déchets ménagers (- 27 %) et une légère diminution des emplois liés au bois énergie collectif et individuel (- 9 %) tandis que les emplois liés aux pompes à chaleur, au biogaz et aux réseaux de chaleur ont augmenté (respectivement + 49 %, + 257 % et + 27 %).

⁸⁵ Augmentation entre 2006 et 2016 des emplois liés à l'éolien terrestre (+ 106 %), du solaire photovoltaïque (+ 312 %) et de l'hydroélectricité (+ 54 %).

⁸⁶ La production de chaleur renouvelable concentre des emplois destinés la mobilisation de la ressource (exploitation agricole et forestière, réalisation de forages géothermiques, etc.), à la production de chaleur (construction et maintenance de chaufferies bois, construction de panneaux solaires thermiques, etc.) et à la livraison (pose de panneaux solaire thermiques, installations de pompes à chaleur).

l'ADEME sur le sujet⁸⁷. Les EnR électriques concentrent elles-aussi des emplois locaux, notamment dans le domaine de la R&D, des études et, dans une moindre mesure, de l'installation et la maintenance⁸⁸.

4 - Des perspectives à saisir pour les filières d'avenir

Malgré ce bilan industriel décevant, il existe encore des perspectives de développement pour de nouvelles filières et des ruptures technologiques à venir sur le secteur des EnR. Elles s'ajoutent naturellement à la poursuite attendue de l'expansion des marchés mondiaux du photovoltaïque et de l'éolien.

Le prochain défi pour les EnR électriques sera de gérer leur intermittence et leur variabilité⁸⁹ par le développement de technologies de stockage et la gestion dite « intelligente » de l'énergie. Parmi ces technologies, les batteries, dont le développement est stratégique aussi bien pour le futur des EnR que pour le secteur de l'automobile, constitue une filière porteuse. Selon l'ADEME, le *power to gas*⁹⁰ fait également partie des filières d'avenir. Certaines installations de méthanisation pourraient également jouer un rôle dans la régulation et la gestion des réseaux électriques et gaziers locaux⁹¹. Les réseaux intelligents – ou *smart grids* – pourraient aussi limiter certains besoins de stockage et devraient constituer, selon l'ADEME, un segment de recherche et d'investissement prioritaire. Certains pays européens ont déjà mis en place des incitations économiques pour les systèmes de stockage⁹². En France plusieurs actions de soutien pour favoriser l'innovation française en la matière existent, notamment dans le cadre de l'action « démonstrateurs » du PIA. Plusieurs appels à projets et à manifestation d'intérêts ont été lancés sur le sujet, ainsi que deux dispositifs déployés pour encourager le développement du stockage dans les zones non interconnectées (ZNI), un appel d'offres pour des installations couplant production photovoltaïque et dispositif de stockage dans les ZNI et des contrats de gré-à-gré pour les projets de stockage centralisé pilotés par le gestionnaire de réseau.

La question de la rénovation des parcs éoliens français pourrait également permettre d'envisager des perspectives industrielles significatives. La durée de vie d'une éolienne est estimée à 20 ou 25 ans. Les premières éoliennes françaises ayant été raccordées dans les années 2000, la rénovation des premiers parcs éoliens – recouvrant des activités diverses (*repowering*,

⁸⁷ Études « Évaluation de l'impact des projets soutenus dans le cadre du fonds chaleur sur les acteurs de la filière bois énergie en matière d'emploi et de chiffre d'affaires » et « Évaluation des emplois dans la filière biocombustibles ».

⁸⁸ Les emplois locaux liés à l'éolien *offshore* concernent les activités importantes d'études des fonds marins, l'acheminement de l'électricité vers la terre ou encore la fréquence des activités de maintenance.

⁸⁹ L'énergie solaire et éolienne notamment ne sont pas disponibles en permanence et leur disponibilité varie sans possibilité de contrôle.

⁹⁰ Procédé de stockage qui transforme l'électricité produite de manière excédentaire en gaz (hydrogène ou méthane de synthèse) accueilli dans les réseaux existants.

⁹¹ Par le stockage de réserves de biogaz sur de courtes périodes, permettant d'offrir des capacités de production d'électricité supplémentaires lors des pics de demande sur le réseau électrique local et par l'absorption d'excédents électriques intermittents *via* le procédé de méthanisation.

⁹² C'est le cas en Allemagne, où des aides ont d'abord été accordées par des programmes de soutien régionaux et sont portées depuis mai 2013 au niveau fédéral.

*retrofit, revamping*⁹³) – est proche. Cependant le cadre réglementaire français n'est pour l'instant pas adapté et n'encourage pas ce type d'activités. En effet, en l'état actuel aucune disposition spécifique n'étant prise en matière de rénovation des parcs, réaliser cette opération est aussi complexe en termes d'autorisation administrative que celle de construire un nouveau parc. La mise en place prochaine d'une procédure spécifique plus souple, permettant des évolutions techniques sans avoir à reconduire l'ensemble de la procédure d'autorisation constituerait donc une avancée pertinente, d'autant que nos voisins allemands ont déjà une expertise sur le sujet⁹⁴.

Des technologies innovantes, sur lesquelles des acteurs français sont déjà positionnés, se développent également dans le domaine de la production de chaleur et de froid et pourraient se déployer hors de nos frontières dans les prochaines années. C'est le cas par exemple de la thalassothermie, qui exploite la différence de température entre l'eau chaude de surface et l'eau froide des fonds marins, ou des technologies hybrides utilisant ou délivrant plusieurs sources d'énergie pour le chauffage ou la production d'eau chaude.

Pour saisir ces opportunités sans prendre de retard, une stratégie industrielle est nécessaire pour identifier de façon concertée les filières d'avenir sur lesquelles l'État souhaite investir, avec quels objectifs et à quelles échéances. La définition d'une stratégie industrielle devra alors s'appuyer sur une analyse des coûts prospectifs de chaque filière et de la valeur ajoutée française sur les différents segments de la chaîne de valeur, d'autant que cette dernière est longue et complexe. À coûts de production et de soutien public équivalents, elle pourra privilégier les filières dont les retombées économiques sont les plus significatives. S'il est créé, le dispositif d'observation de la chaîne de valeur des filières énergétiques, mentionné en 2016 par la PPE (cf. *supra*), pourrait alors servir de support à l'évaluation de cette nouvelle politique. De même, la recherche d'une meilleure prise en compte des enjeux industriels dans la constitution de nouvelles capacités pourra conduire à associer la DGE à la préparation des appels d'offres dédiés aux EnR, ce qui n'est pas le cas à ce jour (cf. *infra*).

CONCLUSION ET ORIENTATION

L'Union européenne a fixé aux États membres une trajectoire ambitieuse s'agissant du développement des capacités d'énergies renouvelables. Elle a dressé dans le même temps un cadre réglementaire délimitant les contours des soutiens publics au développement de la production de capacités renouvelables.

Alors même qu'elle se distingue de ses voisins européens par le caractère peu carboné de son mix électrique, la France s'est fixé des objectifs très élevés à horizon 2030. Pour les atteindre, la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) établie en 2016 planifie la mobilisation de l'ensemble des filières EnR, indépendamment de leur degré de maturité. Cette

⁹³ Le « *repowering* » consiste à démanteler tout ou partie de l'installation pour en construire une nouvelle ; le « *retrofit* » consiste à remplacer les composants anciens des turbines sans changement des caractéristiques de l'éolienne ; le « *revamping* » consiste à remplacer les composants obsolètes des turbines en changeant les caractéristiques techniques de l'éolienne comme sa puissance.

⁹⁴ En Allemagne, où le *repowering* des parcs éoliens a commencé en 2006 compte tenu de l'installation beaucoup plus précoce qu'en France des parcs éoliens et où le législateur a proposé, entre 2009 et 2014, une incitation financière en créant la prime *repowering*, les projets de ce type représentaient au total quelques 13 % de la puissance éolienne raccordée en 2015, soit environ 484 MW.

stratégie, définie dans la LTECV, vise à atteindre deux objectifs, la réduction des émissions de gaz à effet de serre en limitant la consommation d'énergies fossiles et la substitution des EnR électriques à une partie de l'énergie nucléaire existante. En pratique, la PPE n'a cependant pas permis de rendre compatibles ces deux objectifs.

Les objectifs de politique industrielle associés à la montée en puissance des énergies renouvelables ont été formulés tardivement et ont beaucoup évolué. L'idée de soutenir les filières industrielles, c'est-à-dire les constructeurs d'équipements, s'est effacée derrière un objectif plus large mettant en avant les emplois créés par la transition énergétique, sans plus chercher à optimiser l'impact industriel.

En termes de réalisations, la pénétration des énergies renouvelables dans le mix français a nettement progressé mais les objectifs fixés à horizon 2020 et 2030 paraissent, à ce stade et à paramètres et trajectoire inchangés, difficilement atteignables. La constatation du retard de la France doit toutefois être appréhendée avec beaucoup de prudence, tant la trajectoire initialement retenue était ambitieuse. La pénétration des EnR intervient par ailleurs dans un contexte défavorable à plusieurs égards, notamment l'orientation durable à la baisse des marchés de l'énergie qui obère le développement des EnR thermiques.

Le développement des EnR a induit des effets économiques significatifs dont le bilan est aujourd'hui relativement décevant : si les retombées sur l'emploi sont réelles, elles demeurent en deçà des objectifs initiaux. La balance commerciale nette, incluant les économies théoriques d'importations de matières premières (énergies conventionnelles) évitées grâce à la production d'EnR, est positive mais celle des équipements est déficitaire. La France ne dispose d'aucun ensemble sur l'éolien. S'agissant du solaire photovoltaïque, la filière française est quasiment inexistante et en mauvaise santé. Quelques industriels se maintiennent toutefois sur les marchés des EnR thermiques mais pour des volumes modestes. Les entreprises françaises qui prospèrent sont les opérateurs historiques fournisseurs d'énergie.

Malgré ce bilan industriel décevant, des filières d'avenir existent. Une réflexion stratégique sur les objectifs industriels français en matière d'EnR doit donc être engagée.

En conclusion, la Cour formule l'orientation suivante :

- 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.*

Chapitre II

Des charges importantes, durables et mal évaluées

Les soutiens publics sont nécessaires en raison de l'absence, à ce jour, de compétitivité des EnR. Les montants concernés sont très importants, en particulier s'agissant des EnR électriques, et sont appelés à croître significativement du fait des ambitions françaises (cf. *supra*). 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.

La France a fait le choix de recourir simultanément à ces deux leviers de soutien aux EnR, déclinés en différents outils. Parmi les pays européens, certains se concentrent sur l'un de ces leviers, à l'image de la Suède dont la politique en faveur des EnR repose essentiellement sur la fiscalité (cf. annexe n° 5).

Du fait de leur diversité, les dispositifs de soutien aux EnR sont aujourd'hui mal connus et ne font pas l'objet d'évaluations financières consolidées. Le respect des objectifs français nécessite pourtant, plus que jamais, dans un contexte budgétaire contraint une analyse approfondie de la pertinence, de l'efficacité et de l'efficience des outils mobilisés.

Une pluralité de dispositifs d'intervention publique (hors taxe carbone)

Les soutiens publics sont apportés par des dispositifs qui varient tant par leur nature, leurs modalités d'octroi que leurs cibles. Trois catégories principales peuvent être distinguées :

- **les subventions d'exploitation au travers d'obligations d'achat et de mécanismes de compensation (EnR électriques) :** la production d'électricité renouvelable a été soutenue depuis le début des années 2000 par des obligations d'achat⁹⁵ de l'énergie produite, à un tarif d'achat supérieur aux prix de marché, fixé sur 15 à 20 ans. Ces obligations d'achat sont proposées à guichet ouvert, ou à l'issue d'appels d'offres, selon les filières et les seuils de puissance (cf. annexe n° 12). Elles donnent lieu, pour les opérateurs qui la supportent, à un mécanisme de compensation : les acheteurs obligés sont compensés par l'État de l'écart entre le prix payé aux fournisseurs d'EnR bénéficiant de l'obligation d'achat et le coût de production « évité », c'est-à-dire le coût de production auquel l'acheteur obligé aurait produit son électricité en l'absence de cette obligation d'achat. Sous l'impulsion des lignes directrices communautaires, un mécanisme de complément de rémunération variable a récemment été mis en œuvre en France pour remplacer l'obligation d'achat. Ces dispositifs garantissent aux bénéficiaires de ces subventions une rentabilité quel que soit le prix de marché de l'électricité.

⁹⁵ Par EDF Obligation d'Achat ou une entreprise locale de distribution – ELD.

- **les subventions à l'investissement (EnR thermiques)** : le dispositif du fonds chaleur a été créé en décembre 2008 et est géré depuis par l'ADEME. Il permet l'octroi de subventions d'investissement à des projets préalablement sélectionnés. Il intervient selon deux modalités, un appel à projets national annuel (biomasse, chaleur, industrie, agriculture et tertiaire, BCIAT)⁹⁶ pour la production de chaleur issue de la biomasse et des aides accordées au niveau régional pour les projets biomasse hors BCIAT et pour les autres sources d'EnR (géothermie, solaire thermique, biogaz, chaleur fatale de récupération...). Les aides sont attribuées de manière forfaitaire ou sur-mesure selon les technologies et la nature des projets. Le fonds déchets de l'ADEME contribue également au soutien à la production d'EnR en finançant les projets de méthanisation avec valorisation du biogaz par cogénération⁹⁷.

- **les dispositifs fiscaux et plus particulièrement le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)** : le CITE permet aux particuliers de déduire de l'impôt sur le revenu 30 % des dépenses réalisées pour l'achat d'équipements destinés à utiliser des énergies renouvelables pour la production de chaleur ou de froid (poêles et chaudières biomasse, pompes à chaleur et chauffe-eau thermodynamiques, solaire thermique, etc.). Le taux de TVA réduit – applicable aux réseaux de chaleur, aux équipements éligibles au CITE et au bois de chauffage – constitue un autre dispositif utilisé pour soutenir le développement des EnR. Les certificats d'économie d'énergie⁹⁸ peuvent également bénéficier aux EnR thermiques même s'ils restent très peu incitatifs. Les différents dispositifs bénéficiant aux EnR thermiques sont résumés dans l'annexe n° 10.

Au-delà des éléments décrits ci-dessus s'ajoutent **les dispositifs de soutien à l'offre des filières** favorisant la recherche et développement (R&D) et l'innovation, principalement constitués par des appels à projets de R&D portés par l'agence nationale de la recherche (ANR), l'ADEME⁹⁹ et le ministère chargé de l'écologie ; le soutien à la structuration de l'écosystème de l'innovation à travers la création de pôles de compétitivité¹⁰⁰ et des instituts pour la transition énergétique (ITE) ; le soutien aux démonstrateurs et opérations pilotes à travers les appels à manifestation d'intérêt et appels à projets du programme investissement d'avenir (PIA) et l'appel à projets *Nouvelles technologies émergentes* (NTE). L'annexe n° 13 présente le détail des budgets de recherche et les montants engagés dans le cadre du PIA.

À ces outils il convient également d'ajouter les subventions des collectivités locales et des fonds européens (FEDER) et le dispositif de soutien à l'export (FASEP). Par ailleurs les projets EnR peuvent bénéficier de modalités de financement préférentielles (en fonds propres, dettes, garanties, etc.) fournies par les banques publiques telles que la Caisse des dépôts et consignation (CDC) et la Bpifrance.

La diversité de ces dispositifs reflète l'hétérogénéité des situations propres aux différentes énergies renouvelables.

⁹⁶ « Biomasse Chaleur Industrie, Agriculture, Tertiaire », appel à projets national annuel du fonds chaleur pour la production de chaleur issue de la biomasse (projets d'entreprises de taille supérieure à 1000 tep).

⁹⁷ La cogénération consiste à produire conjointement de la chaleur et de l'électricité.

⁹⁸ Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE), créé par la loi du 13 juillet 2005, repose sur une obligation triennale de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux fournisseurs d'énergie et distributeurs de carburant automobile (les "obligés").

⁹⁹ Notamment les programmes *Thèses* et *AAP Énergies durables*.

¹⁰⁰ Plusieurs pôles de compétitivité sont également bien positionnés dans le domaine des énergies renouvelables, principalement sur les EnR électriques (Tenerrdis, Derbi, Cap énergies, Fibre-Energievie, Pôle Mer Méditerranée, TRIMATEC, IAR pour la méthanisation, AVENIA pour la géothermie). Ils contribuent à l'animation du tissu d'entreprises (information sur les appels à projets, appuis à l'export, mise en réseaux avec les grands donneurs d'ordre, etc.) et les appuient dans le montage de projets.

L'encadrement des dispositifs de soutien nécessite d'avoir une visibilité sur les volumes de charges qu'ils vont générer. Une telle démarche repose sur la connaissance des prix effectivement payés aux producteurs, ainsi que des coûts de production passés, actuels et futurs des filières d'énergies renouvelables. La connaissance des coûts passés et actuels est indispensable pour adapter les dispositifs, afin d'éviter que ne se forment des situations de rente. L'évaluation des coûts futurs est nécessaire pour planifier le rythme de développement des EnR et anticiper les moyens publics nécessaires pour le soutenir. Les mécanismes de soutien à la production d'EnR n'ont pas toujours reposé sur de telles analyses et ils ne sont pas toujours conçus – ou adaptés – en vue d'optimiser leur rapport coût-efficacité.

I - Un soutien financier très élevé et déséquilibré

La Cour des comptes n'a pu dégager qu'un ordre de grandeur de la somme des soutiens accordés aux EnR : en effet, une partie provient des collectivités locales ou de fonds européens et il n'a pas été possible de les recenser de façon précise et exhaustive (cf. annexe n° 12).

Globalement, sur l'ensemble des EnR hors biocarburants, la somme de ces soutiens, accordés par l'État et ses opérateurs ou les collectivités territoriales (en considérant pour ces dernières une approximation des soutiens accordés dans le cadre des CPER¹⁰¹), atteint 5,3 Md€ en 2016. À titre de comparaison, les versements correspondants aux dispositifs de soutien aux EnR en Allemagne s'élevaient à près de 23 Md€ en 2016. Ces montants ne tiennent pas compte des charges engagées et masquent des disparités entre EnR électriques et thermiques.

A - Des décisions passées pesant sur les marges financières de l'État

1 - Un poids prépondérant des charges engagées

Les énergies renouvelables électriques et l'injection de biométhane sur le réseau de gaz sont soutenues principalement par des mécanismes d'obligation d'achat ou de compléments de rémunération (cf. *supra*), par le biais de contrats pouvant porter sur une durée de 20 ans. La décision de soutien produit ainsi des effets et engage la puissance publique pendant toute la durée du contrat. Dès lors, les charges actuelles du soutien public aux énergies renouvelables électriques résultent de la somme des contrats passés et toujours en vigueur. Les premiers contrats de soutien datent du début des années 2000 et peu sont arrivés à échéance.

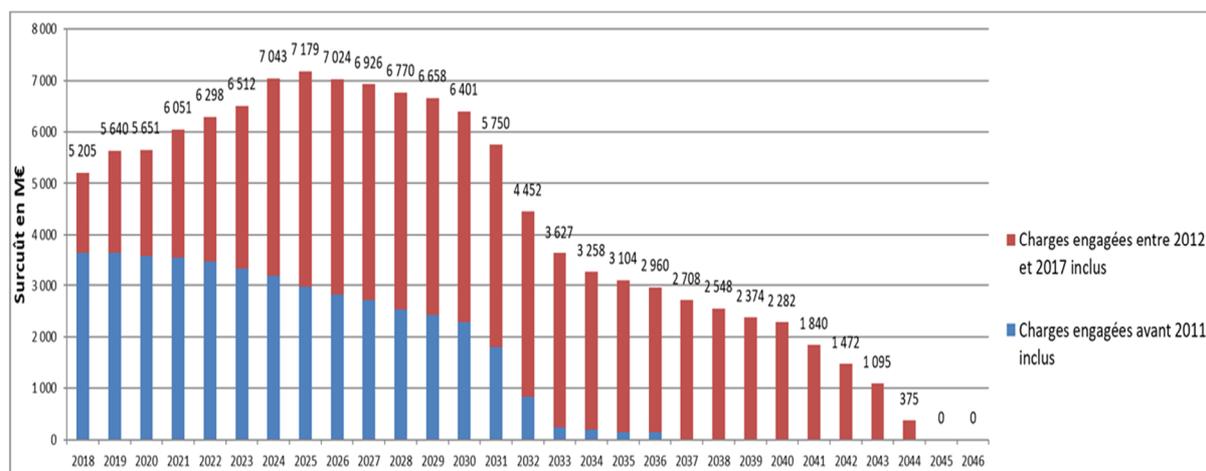
D'après la CRE¹⁰², pour les cinq prochaines années, 94 % des charges prévisionnelles en matière d'EnR sont d'ores et déjà engagées. 84 % du montant des charges de 2023 relèveront encore de dépenses engagées avant 2017 (6,5 Md€ sur un engagement total de 7,8 Md€).

¹⁰¹ Contrats de plan État-Région.

¹⁰² Délibération n°2017-169 du 13 juillet 2017. Il faut noter que les projections de la CRE reposent sur un scénario dit réaliste qui ne reprend pas complètement les orientations fixées par la PPE, mais tient compte des rythmes de développement et des retards actuellement observés pour les filières.

Ainsi, les engagements pris jusque fin 2017 représenteront 121 Md€ – en euros courants – entre 2018 et l'échéance des contrats (la plus tardive intervenant en 2046). La charge annuelle des engagements passés ne diminuera donc significativement que postérieurement à 2030, lorsque le poids des engagements antérieurs à 2011 s'estompera (cf. graphique n° 3).

Graphique n° 9 : prévision d'évolution des dépenses à venir au titre des engagements pris jusqu'à fin 2017 (soutien aux EnR électriques, et au biométhane injecté)



Source : CRE¹⁰³

2 - Des mécanismes de soutien dont les conséquences financières ont été mal appréciées

Les mécanismes de soutien aux EnR électriques ont beaucoup évolué dans le temps, pour éviter notamment d'octroyer des rémunérations excessives aux producteurs. Toutefois certains écueils n'ont pas pu être évités comme les cas du soutien au solaire photovoltaïque avant 2011 et de l'éolien en mer en témoignent.

Les soutiens très coûteux au photovoltaïque et à l'éolien posé en mer

En moins d'une décennie, le photovoltaïque est passé de la position de technologie renouvelable parmi les plus coûteuses à celle de technologie suffisamment compétitive pour concurrencer les moyens de production conventionnels.

¹⁰³ Les principales hypothèses de calcul sont présentées en annexe n° 11.

Le dispositif de soutien par obligation d'achat s'est adapté avec retard aux premiers retours d'expérience de l'intégré au bâti (cf. *supra*) et à la baisse des coûts de la technologie. Ce retard a favorisé, à la fin de la première décennie des années 2000, la création d'une bulle spéculative. L'impact de cette bulle sur les finances publiques n'a pas été anticipé, ni même immédiatement mesuré. En septembre 2010, le rapport Charpin¹⁰⁴ a révélé que la poursuite du dispositif aurait conduit à une puissance installée approchant le triple de l'objectif fixé pour 2020 et un coût proportionnel de 4,5 Md€/an au lieu de 1,5 Md€/an à l'horizon 2020. La charge totale aurait alors atteint 90 Md€ pour 17 GW installés. Cette situation de bulle a été traversée par d'autres pays européens, à l'image de l'Espagne (cf. annexe n° 5).

Un moratoire sur les projets photovoltaïques a été mis en œuvre fin 2010. A suivi une nouvelle architecture de soutien, articulant des tarifs modulables à la baisse et l'introduction d'appels d'offres pour les installations de plus de 100 kWc, redonnant ainsi au ministère chargé de l'énergie une capacité de pilotage de la filière photovoltaïque.

Toutefois le poids des engagements antérieurs à 2011 aura encore pendant de longues années un impact majeur sur les dépenses de soutien. Selon la CRE, les arrêtés antérieurs au moratoire de 2010 auront engendré un coût pour les finances publiques de 38,4 Md€, pour un productible annuel de 4 TWh, soit environ 0,7 % de la production électrique française. Cela représente un coût du soutien de l'ordre de 480 €/MWh. Ces arrêtés pèseront encore à hauteur de 2 Md€¹⁰⁵ par an jusqu'en 2030, soit 30 % de l'ensemble des charges liées aux énergies renouvelables en 2018.

La filière de l'éolien *offshore* posé en mer a quant à elle exclusivement été soutenue *via* des appels d'offres. Le premier, lancé en 2005, n'a débouché sur aucune construction après l'abandon du lauréat. Les deux appels d'offres conclus en 2011 et 2013 ont conduit à l'octroi d'un tarif d'achat de 217 et 212 €/MWh en 2022 (tarif évoluant ensuite avec une indexation sur l'inflation) pour une puissance totale de 3 GW. Lorsque ces projets entreront en fonctionnement, leurs charges représenteront, selon la CRE, 2,0 Md€/an¹⁰⁶, soit environ 40,7 Md€ sur 20 ans, pour une production de 11 TWh/an, c'est-à-dire 2 % de la production française d'électricité.

En 2013, la Cour¹⁰⁷ avait formulé des critiques sur l'appel d'offres de 2011 portant sur ses conditions de lancement insuffisamment concurrentielles, la complexité de ses contraintes industrielles, la question de leur pertinence au regard du temps de développement des projets et l'absence d'études préalables nécessaires pour limiter les risques industriels et économiques. Ce dernier point a des conséquences fortes en termes de coût du soutien dans la mesure où l'absence d'études préalables conduit le porteur de projet à inclure d'importantes provisions pour risques qui renchérisse d'autant le coût prévisionnel de réalisation du projet et le volume de soutien associé.

Les écueils passés ont également concerné la filière éolienne terrestre, qui est celle qui a le plus tardé à évoluer vers des procédures d'allocation des aides concurrentielles. Cette filière était jusqu'en 2017 exclusivement financée par l'octroi d'un tarif d'obligation d'achat dont le niveau et la structure n'avaient pas été revus depuis 2006. La CRE a signalé à plusieurs

¹⁰⁴ Mission IGF – CGIET relative à la régulation et au développement de la filière photovoltaïque.

¹⁰⁵ En prenant comme hypothèse des prix de marché de l'électricité : 2018 = 35,91 €/MWh ; 2019 = 36,09 €/MWh ; 2020 = 38,30 €/MWh ; à partir de 2021 : croissance de 1 %/an (voir annexe n° 11).

¹⁰⁶ Voir note 106 pour hypothèse sur les prix de marché de l'électricité.

¹⁰⁷ Cour des comptes, *les énergies renouvelables*, rapport public thématique, 2013.

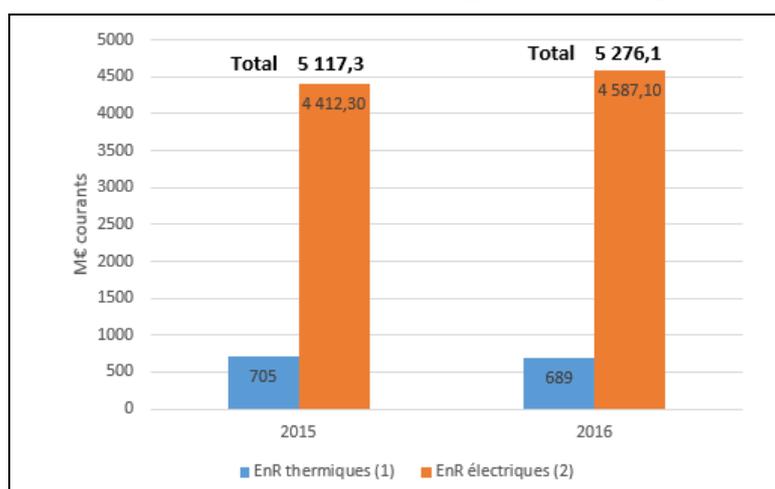
reprises¹⁰⁸ les imperfections d'un tel dispositif qui a pu, du fait de la diversité des conditions de vents, des choix technologiques et de l'évolution des conditions de financement, donner lieu à des effets d'aubaine pour une partie des installations.

B - Un net déséquilibre entre EnR électriques et thermiques

1 - Des volumes de soutien beaucoup plus élevés pour les EnR électriques

Le recensement des soutiens pour l'année 2015 et leur estimation en 2016 fait apparaître des volumes très déséquilibrés entre ces deux catégories d'EnR¹⁰⁹ (cf. graphique n° 10). Les montants accordés aux EnR thermiques représentent ainsi environ un dixième de ceux accordés aux EnR électriques (la taxe carbone est exclue de ces calculs). Au sein des soutiens consacrés aux EnR électriques, le soutien à la production représente 4 206 et 4 381 M€ respectivement en 2015 et 2016.

Graphique n° 10 : montants estimés des soutiens publics consacrés aux EnR thermiques et électriques



(1) Les contributions des collectivités locales ont été intégralement imputées aux EnR thermiques.

(2) Prise en compte des charges dues au titre de l'année, sans tenir compte des mécanismes de report de charges, ni de la dette accumulée jusqu'en 2015 au titre du mécanisme de la CSPE.

Source : Cour des comptes

Cette différence reflète essentiellement le moindre besoin de soutien public pour les EnR thermiques. À titre d'illustration, selon l'ADEME, lors de l'appel à projets biomasse du fonds chaleur en 2016, le ratio moyen de soutien était de 30 €/tep, alors que le soutien aux centrales

¹⁰⁸ Cf : rapport du 17 avril 2014 de la CRE sur les coûts et la rentabilité des énergies renouvelables ; délibération du 28 mai 2014 portant avis sur le projet d'arrêté fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent implantées à terre ; délibération du 23 mars 2017 portant avis sur l'arrêté de 2017.

¹⁰⁹ Incluant le soutien à la production de biométhane injecté dans réseau de gaz.

solaires photovoltaïques au sol (les plus compétitives) représente aujourd'hui environ 140 €/tep¹¹⁰. Ces charges ne sont ainsi pas proportionnelles au poids des filières dans la production énergétique actuelle ou programmée : en 2016, les EnR thermiques représentaient 60 % de la production d'énergie renouvelable (hors transport) et seulement 10 % des charges de soutien. Une comparaison des filières en termes de performance énergétique (€/MWh EnR produit) et d'efficacité environnementale (€/CO₂ évitée) devrait conduire à réinterroger l'équilibre du soutien public en faveur des énergies renouvelables thermiques¹¹¹.

Des écarts du niveau de subventionnement peuvent également être constatés entre filières renouvelables électriques : en 2015 le photovoltaïque représentait 8 % de la production électrique renouvelable mais 62 % des charges de soutien aux filières électriques renouvelables ; l'éolien représentait 25 % de ces charges pour 24 % de cette production.

C - Une connaissance des coûts constatés à améliorer

Les exemples passés du photovoltaïque et de l'éolien en mer montrent qu'il n'est pas possible pour la puissance publique de déterminer le niveau pertinent de soutien sans une connaissance claire des coûts constatés de production. À ce titre, la mise en place d'un dispositif centralisé de suivi statistique permettant de disposer de la connaissance suffisante des coûts de production par filière avait déjà été recommandée par la Cour en 2013.

Le décret du 14 décembre 2016¹¹² entérine l'objectif de prise en compte des coûts constatés pour adapter les dispositifs existants. Il désigne la CRE comme l'acteur légitime pour élaborer cet audit et impose aux producteurs de lui transmettre leurs données de coûts afin de faciliter sa mission. Les expertises sur des coûts réels et avérés restent néanmoins encore trop peu nombreuses¹¹³. Pour que les travaux réalisés par la CRE soient efficaces, il serait par ailleurs nécessaire que les sanctions prévues en cas de fraude – suspension ou résiliation du contrat –, soient effectivement mises en œuvre. Cet exercice est particulièrement pertinent dans le cas d'octroi des soutiens dans une logique de guichet : dans ce cas, la connaissance des coûts constatés est nécessaire pour éviter les situations de rentabilité indue. Les audits de la CRE doivent alors être utilisés pour alimenter les révisions tarifaires des dispositifs de soutien aux EnR correspondants¹¹⁴.

¹¹⁰ En prenant le prix constaté sur les derniers appels d'offre : 62 €/MWh et en supposant des prix de marché à 50 €/MWh, soit un soutien de 12 €/MWh.

¹¹¹ La lettre Trésor-Eco « *les énergies renouvelables : quels enjeux de politique publique ?* » de mars 2016, a d'ailleurs permis une comparaison du coût de la tonne de CO₂ évitée entre les différentes filières EnR, et conclu que les filières thermiques étaient les plus efficaces pour réduire les émissions de CO₂.

¹¹² Décret n°2016-1726 du 14 décembre 2016 relatif à la mise en service, au contrôle et aux sanctions applicables à la production de certaines installations de production d'électricité.

¹¹³ Cette approche a posteriori doit par ailleurs se doubler de l'exigence de disposer des plans d'affaires parmi les pièces fournies a priori par les candidats aux appels d'offres.

¹¹⁴ Ces révisions tarifaires sont indispensables lorsqu'une évolution de l'environnement économique ou réglementaire modifie les conditions de rentabilité des installations. Un exemple récent est la mise en place, par deux arrêtés en date du 30 novembre 2017, d'une prise en charge partielle des coûts de raccordement aux réseaux publics de distribution des installations de production d'électricité et de gaz à partir d'EnR.

Par ailleurs, compte tenu de la disparité des coûts observés sur les filières EnR thermiques, un tel exercice de suivi statistique mériterait également d'être mené sur ces filières. L'ADEME, par sa gestion des projets soutenus par le fonds chaleur, possède déjà une vision précise de ces coûts dans le collectif, le tertiaire et l'industrie. Le suivi de ces coûts pour les équipements installés chez le particulier est en revanche moins institutionnalisé¹¹⁵, alors même que la plupart bénéficie du CITE. L'étude sur le coût des énergies renouvelables publiée par l'ADEME en 2017 donne un bon éclairage sur le coût relatif des filières thermiques (cf. *infra*) mais ce suivi est réalisé *a posteriori*, tous les deux ans, à partir de sources multiples internes et externes.

La Cour maintient donc sa recommandation émise en 2013, tant que le dispositif institué fin 2016 ne sera pas pleinement opérationnel et recommande qu'un tel suivi soit également étendu aux filières thermiques.

II - Un volume global des charges de soutien à venir mal anticipé

L'analyse du poids des décisions passées dans les charges futures conduit à s'interroger sur la place de l'évaluation préalable de l'impact sur les volumes de soutien des différents mix de production envisagés à court, moyen et long termes. Jusqu'à présent cette démarche n'a pas été au cœur de l'exercice de planification du mix énergétique : la PPE se limite ainsi, pour l'évolution des dépenses, à un horizon relativement rapproché (2018-2023), alors que les soutiens engagés auront des répercussions sur les finances publiques pendant au moins 20 ans.

A - Le poids financier croissant du soutien aux EnR électriques

Le poids des dispositifs de soutien à la production d'électricité renouvelable¹¹⁶ ne cesse de croître. Ce montant est passé de 1,5 Md€ au titre des charges de 2011, à 4,4 Md€ au titre des charges de 2016, soit une multiplication par trois en l'espace de cinq ans.

D'après les estimations initiales réalisées dans le cadre de la PPE, ces charges devaient atteindre en 2023 entre 9,7 Md€ et 10,4 Md€ (fourchettes basse et haute)¹¹⁷. Ces estimations ne reflètent cependant pas intégralement l'impact des orientations de la PPE dans la mesure où elles sont très sensibles au développement réel du parc : elles ne prennent ainsi en compte que 3 GW de puissance installée pour l'éolien *offshore*, alors que la PPE comporte un objectif supplémentaire à terme de 500 MW à 6 GW.

¹¹⁵ L'ADEME suit néanmoins ces coûts en partenariat avec l'association Observ'ER pour le bois domestique, les pompes à chaleur et le solaire thermique.

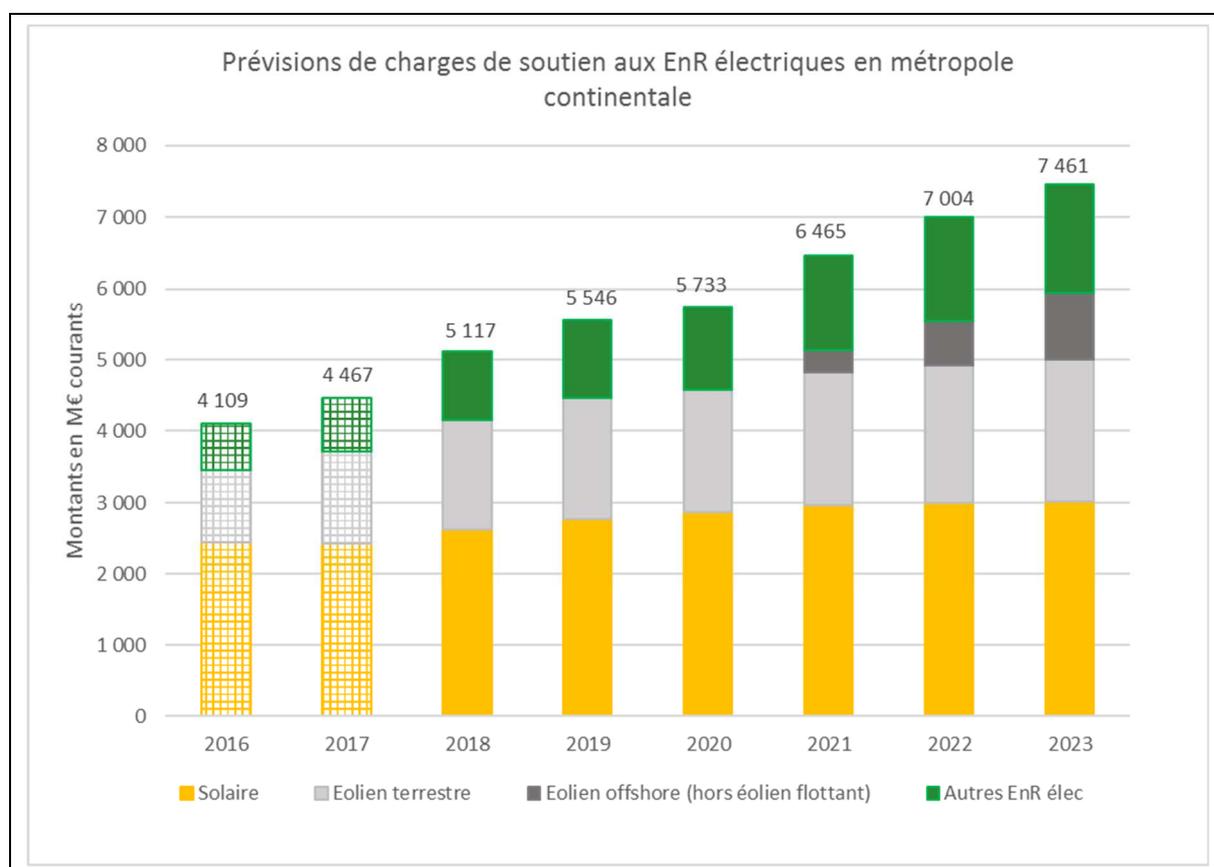
¹¹⁶ Hors recherche et innovation.

¹¹⁷ En considérant un prix de marché de l'électricité de 31,45 €/MWh.

La CRE a réévalué ces perspectives d'évolution, en réalisant des prévisions tenant compte du rythme constaté ou prévisible de développement des installations : ses hypothèses ne comportent désormais que 1,5 GW d'installation effective de capacités d'éolien *offshore* d'ici 2023. Le montant prévisionnel des volumes de soutien aux EnR électriques¹¹⁸, ainsi ajusté, devrait s'élever à 7,5 Md€ en 2023 (cf. graphique n° 10). La DGEC a également revu ses projections à la baisse puisqu'elle estime que le soutien aux énergies renouvelables ne s'élèvera plus qu'à 7,6 Md€ en 2022.

La dynamique est également très forte sur le soutien au biométhane injecté : le volume de soutien s'élevait à 20,9 M€ en 2016, et il devrait atteindre 326 M€ en 2023.

Graphique n° 11 : évolutions des charges de service public de l'énergie pour le soutien aux EnR électriques en métropole continentale



N.B. : Les données 2016 et 2017 sont estimées, à partir de 2018 il s'agit de prévisions.

Source : Cour des comptes d'après CRE

¹¹⁸ Voir annexe n° 11 pour les hypothèses correspondantes.

Ces charges de soutien représenteront environ 1,8 c€/kWh consommé¹¹⁹ en 2023, alors qu'elles s'élevaient à environ 1,0 c€/kWh en 2016¹²⁰. Elles subissent donc une progression très dynamique, avec une augmentation prévisionnelle de 70 % en 7 ans. Ces montants sont à comparer aux 4,5 c€ par kWh¹²¹ consommés estimés en 2016 en Allemagne par la taxe qui sert à financer les EnR.

Les impacts du mix retenu par la PPE en termes de besoin de soutien ne se limiteront pas aux cinq prochaines années : les soutiens engagés aujourd'hui auront des répercussions sur les finances publiques pendant au moins 20 ans. Il semble dès lors nécessaire d'étendre l'exercice de projection financière à des horizons beaucoup plus lointains que celui de la PPE (2023). Ces projections permettraient de réaliser des arbitrages énergétiques qui tiennent véritablement compte de la contrainte durable de moyens pesant sur les finances publiques.

B - Un besoin de projection accru pour évaluer les soutiens nécessaires

1 - Une estimation du prix d'achat du mix électrique de la PPE

L'estimation de l'ampleur du soutien à apporter aux EnR électriques par unité d'électricité produite peut être approchée en comparant le prix d'achat de l'électricité d'origine renouvelable avec le prix d'achat de l'électricité produite par d'autres sources ou avec le prix constaté sur les marchés de l'électricité. Les charges de soutien correspondent en effet aux prix issus des appels d'offres et arrêtés tarifaires diminués d'un « coût évité » correspondant à la valeur du marché de l'énergie (voir *infra*).

À titre d'illustration, le prix du mix EnR électrique dont le développement est prévu par la PPE, peut être appréhendé à travers les prix de vente moyens au MWh des installations. En appliquant aux nouvelles capacités programmées¹²² les prix résultant des derniers appels d'offres et arrêtés tarifaires, assortis d'hypothèses de baisse tendancielle sur la période 2017-2023, et en tenant compte des facteurs de charge propres à chaque filière, une approximation du prix du mix de production des EnR électriques bénéficiant des nouveaux mécanismes de soutien (production annuelle représentant environ 2 % de la production de 2023), peut être obtenue (cf. tableau n° 3). Il s'élève à 95 €/MWh.

¹¹⁹ En divisant les charges correspondantes par une consommation totale d'électricité supposée stable à 422 TWh (disponible pour la consommation finale) : <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>.

¹²⁰ Ces charges ne pèsent plus sur la facture d'électricité depuis 2016. Toutefois, en considérant un prix stable dans le temps de 14,5 c€/kWh (prix du kWh TTC en décembre 2016 pour un client résidentiel tarif bleu ayant souscrit une puissance de 6 kVA, hors abonnement ; source : <http://developpement-durable.bsocom.fr/Statistiques/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=13160>), on peut estimer que ces charges représenteraient respectivement 7 % en 2016 et 11 % en 2023 de la facture d'électricité du consommateur si les charges étaient réparties uniformément sur tous les kWh consommés (quelle que soit la nature du consommateur : particulier, entreprise, industriel, etc.)

¹²¹ En supposant une consommation finale électrique de 514 TWh. Le taux effectif est de l'EEG-Umlage allemande était de 6,17 c€/kWh en 2015 pour les clients réellement assujettis.

<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>.

¹²² Hypothèse moyenne pour l'éolien terrestre, hypothèse basse pour le photovoltaïque (résultant des volumes prévus par les appels d'offres pluriannuels, et du même volume pour le guichet tarifaire que celui constaté en 2016), hypothèse basse pour l'hydroélectricité, le bois-énergie et le biogaz.

Tableau n° 3 : approximation du prix moyen de production électrique du « mix EnR » associé aux objectifs de la PPE, hors coût de gestion et d'aménagement du réseau

	Prix en €/MWh
<i>Solaire petites installations</i>	Prix de l'arrêté de mai 2017 (de 115 à 187 €/MWh selon la puissance), minorés chaque année de 5 %
<i>Solaire grandes installations</i>	85 €/MWh pour les grandes toitures, 65 €/MWh pour les centrales au sol en 2017 (résultats des AO de 2017), minorés de 5 % par an
<i>Éolien terrestre</i>	Prix de l'arrêté de mai 2017 pour les installations sous guichet (74 €/MWh), stable sur la période. Prix supposé inférieur de 10 % pour les installations sous appel d'offres (65 €/MWh), minoré ensuite de 5 % par an.
<i>Éolien en mer posé</i>	217 €/MWh pour l'AO de 2011 en 2022, 212 €/MWh pour l'AO de 2013 en 2022 (prix des AO indexé sur l'inflation)
<i>Éolien flottant</i>	220 €/MWh
<i>Petite hydroélectricité</i>	110 €/MWh
<i>Bois énergie</i>	120 €/MWh (approximation du prix des installations issues de l'appel d'offres de 2016)
<i>Biogaz</i>	162 €/MWh (tarif prévu par arrêté pour les filières STEP ¹²³ , ISDND ¹²⁴ et méthanisation)
<i>Prix du mix nouvelles installations d'EnR électriques 2017-2023 (pondéré par l'électricité produite)</i>	95 €/MWh
<i>Prix du mix nouvelles installations d'EnR 2017-2023 hors éolien en mer</i>	72 €/MWh

Source : Cour des comptes

Cet exercice permet de positionner le prix d'achat moyen des installations du mix EnR électrique à venir – se situant entre 72 et 95 €/MWh hors coûts d'aménagement et de gestion du réseau (cf. tableau n° 3) – par rapport à des modes de production plus conventionnels, tels que le nucléaire. Une comparaison est possible avec le prix de vente garanti du futur projet nucléaire d'Hinkley Point (prototype conçu au Royaume-Uni dans des conditions de marché comparables à celles que les projets EnR connaissent aujourd'hui). Le prix d'achat garanti pour ce projet est d'environ 110 €/MWh²⁵ : on observe ainsi un ordre de grandeur similaire entre les prix d'achat d'Hinkley Point et les prix des nouvelles installations d'EnR. Ces prix d'achat

¹²³ Station de transfert d'énergie par pompage.

¹²⁴ Installations de stockage de déchets non-dangereux.

¹²⁵ En considérant le prix d'achat garanti pour ce projet de 92,5 £₂₀₁₂/MWh (cf : National Audit Office, Hinkley Point C, juin 2017, <https://www.nao.org.uk/report/hinkley-point-c/>) et en lui appliquant successivement les taux d'inflation français et le taux de change €/£ mensuel moyen sur les 9 premiers mois de l'année 2017, pour obtenir des euros 2017.

doivent être comparés aux prix moyens constatés sur les marchés de l'électricité. Entre décembre 2016 et novembre 2017, le prix mensuel constaté a oscillé entre 32 et 78 €/MWh¹²⁶.

2 - L'estimation des coûts de production des différentes filières

Les prix qui ressortent des arrêtés tarifaires et des appels d'offres sont différents des coûts complets de production (LCOE¹²⁷) tels qu'ils sont évalués dans le but d'éclairer les choix de programmation énergétique. Dans des EnR thermiques, il n'existe d'ailleurs pas d'appels d'offres centralisés ou de tarifs d'achat permettant d'approcher les prix moyens de production de la chaleur. Les subventions du fonds chaleur ou le CITE s'appliquent en effet aux seuls coûts d'investissement et ne reflètent pas directement les coûts complets des différentes technologies.

L'ADEME a réalisé un exercice d'évaluation du coût des énergies renouvelables en France¹²⁸ qui permet de présenter la plage de variation théorique de ces coûts¹²⁹ en fonction des paramètres ayant le plus d'influence sur chaque filière (cf. tableaux n° 4 et 5).

Tableau n° 4 : coûts complets de production de chaleur renouvelable en €/MWh - Taux d'actualisation à 8 %¹³⁰

<i>Équipement</i>	Coût complet de production de la chaleur renouvelable en €/MWh Fourchette Min - Max
<i>Particuliers</i>	
<i>Bois (poêles et chaudières bûches ou granulés)</i>	48 - 108
<i>PAC individuelles (aéro ou géothermiques)</i>	131 - 168
<i>Solaire thermique (CESI¹³¹ ou SSC¹³²)</i>	221 - 451
<i>Collectif, tertiaire et individuel</i>	
<i>Chaufferie biomasse</i>	48 - 125
<i>Solaire thermique</i>	98 - 260
<i>Géothermie</i>	62 - 135
<i>Cogénération</i>	
<i>Cogénération biomasse</i>	50 - 88
<i>Méthanisation</i>	110 - 156

Source : ADEME

¹²⁶ Source : <http://www.rte-france.com/fr/article/apercus-electriques-mensuels>

¹²⁷ Levelized Cost of Energy, coût actualisé complet d'une énergie sur la durée de vie de l'équipement qui la produit.

¹²⁸ *Coûts de énergies renouvelables en France*, édition 2016, ADEME.

¹²⁹ En termes de LCOE.

¹³⁰ Le recours à un taux d'actualisation permet selon l'ADEME de traduire l'impact des conditions de financement sur les coûts de projets.

¹³¹ CESI : chauffe-eau solaire individuel.

¹³² SSC : système solaire combiné (eau-chaude sanitaire et chauffage).

Tableau n° 5 : coûts complets de production de l'électricité renouvelable en €/MWh - Taux d'actualisation à 8 %¹³³

<i>Équipement</i>	Coût complet de production de l'électricité renouvelable en €/MWh Fourchette Min - Max
<i>Éolien</i>	68 - 108
<i>Éolien en mer</i>	130 - 329
<i>Photovoltaïque résidentiel</i>	223 - 407
<i>Photovoltaïque commercial</i>	139 - 246
<i>Photovoltaïque au sol</i>	92 - 167
<i>Solaire thermodynamique</i>	113 - 249
<i>Géothermie</i>	51 - 301

Source : ADEME

Pour autant, la conduite d'une telle analyse comparée des coûts ne peut pas nécessairement conduire au dimensionnement de tous les objectifs de politique énergétique sur la seule base du coût par MWh produit. Le ministère chargé de l'écologie considère en effet qu'une concentration des investissements sur les seules installations les plus compétitives – hier l'éolien terrestre, aujourd'hui le solaire au sol – ne respecterait pas l'impératif de foisonnement des énergies et poserait des problèmes d'emprise spatiale. Il affirme ainsi qu'une répartition équilibrée des investissements entre les différentes filières et technologies est le seul moyen de faire progresser significativement la part du renouvelable dans le mix de production français (cf. *supra*).

Toutefois, par souci de transparence, et pour réaliser des arbitrages entre filières reposant sur un objectif de minimisation des soutiens publics, une analyse des perspectives d'évolutions des coûts des différents moyens de production (renouvelables et conventionnels) apparaît nécessaire. Elle l'est d'autant plus que les baisses de coûts des modes de production des EnR dans le monde ont été, ces dernières années, très importantes pour certaines filières. L'ADEME estime que les coûts de production du solaire photovoltaïque devraient ainsi continuer à baisser ; quant à l'éolien, elle estime que la réduction des coûts pourraient atteindre 36 % à l'horizon 2030 par rapport aux coûts 2016, soit un coût de production atteignant 50 €/MWh¹³⁴.

Concernant les EnR thermiques, pour les particuliers, l'ADEME constate ainsi que les solutions reposant sur une production à partir de biomasse reviennent moins cher que leurs concurrents conventionnels et que les pompes à chaleur air/eau sont également relativement

¹³³ Le recours à un taux d'actualisation permet selon l'ADEME de traduire l'impact des conditions de financement sur les coûts de projets.

¹³⁴ Calcul en LCOE – *Levelized cost of electricity* ; source : *caractérisation des innovations technologiques du secteur de l'éolien et maturité des filières*, ADEME, 2017.

compétitives¹³⁵. Pour le collectif ou le tertiaire, les comparaisons sont faites avec une chaudière gaz sans réseau de chaleur¹³⁶ : la production de chaleur à partir d'EnR reste moins compétitive dans ce cas que son mode de production fossile concurrent, même si l'augmentation de la composante carbone des taxes intérieures de consommation favorisera la compétitivité des EnR à moyen terme.

En conclusion, la réalisation d'un exercice approfondi de projection basé sur l'analyse des coûts de production et des prix d'achat actuels et prévisionnels de l'ensemble du mix énergétique programmé dans la PPE, permettrait de calibrer et d'optimiser le besoin complet de soutien qui lui est lié.

C - Une trajectoire financière marquée par de fortes incertitudes

L'évaluation des coûts de production moyens prospectifs des différentes filières et leur comparaison avec de nouveaux moyens de production conventionnels ne permettent toutefois pas d'estimer directement les charges futures de soutien aux EnR. Pour les EnR électriques, celles-ci résultent en effet du différentiel entre les prix d'achat de la production d'installation EnR (issus de l'application d'arrêtés tarifaires ou des résultats d'appels d'offres) et les prix de marché de l'électricité. Plus précisément, la compensation au titre des charges de service public de l'énergie perçue par l'opérateur supportant ces charges (EDF OA, les ELD¹³⁷ ou les Organismes Agréés¹³⁸) correspond à la différence entre ces prix d'achat et le coût de production évité par l'opérateur achetant l'énergie renouvelable. Celui-ci est calculé selon une méthodologie définie par la CRE et reflète la valeur que l'acheteur obligé tire de cette énergie¹³⁹. Les charges de soutien aux EnR reposent donc en partie sur les prix des marchés de l'électricité¹⁴⁰ ; elles sont par exemple d'autant plus élevées que les prix de gros sont bas. À titre illustratif, une baisse de 1 €/MWh des prix de marché de gros se traduit par une hausse des charges de service public de l'énergie liées aux EnR d'un peu plus de 50 M€¹⁴¹. Les prix de marchés étant établis selon le coût de production de la dernière installation nécessaire pour

¹³⁵ La comparaison peut s'effectuer par souci de simplification, directement avec les prix du gaz (fourchette basse : 84 €/MWh) et de l'électricité (fourchette haute : 154 €/MWh) : Prix du gaz et de l'électricité en France et dans l'UE, SOES, 2015, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/2570/1065/prix-gaz-lelectricite-france-lunion-europeenne-2015.html>.

¹³⁶ Selon la puissance considérée, cela conduit à retenir une fourchette de coûts de la filière de référence de 40 à 78 €/MWh.

¹³⁷ Entreprise locale de distribution.

¹³⁸ Mentionnés à l'article L. 314-6-1 du code de l'énergie.

¹³⁹ En première approximation seulement car le coût de production évité inclue également une « valeur capacitaire » issue de la mise en place du mécanisme de capacité au 1^{er} janvier 2017.

¹⁴⁰ Les références retenues pour le calcul du coût évité sont représentatives du fonctionnement dynamique de l'électricité (vente à terme d'une partie de la production considérée statistiquement comme « quasi-certaine », vente des volumes résiduels sur les marchés à court-terme, prise en compte des écarts liés à la difficulté de prévoir des productions par nature intermittentes, référence de prix profilée pour la filière éolienne afin de tenir compte des effets de corrélation entre ces volumes et les prix de marché, etc.).

¹⁴¹ Délibération n° 2017-169 du 13 juillet 2017 de la CRE.

satisfaire la demande, ils reflètent le coût marginal¹⁴² du système électrique, ou son anticipation s'agissant des produits à terme¹⁴³. Les niveaux de prix de marché de l'électricité sont ainsi difficilement prévisibles car ils sont sensibles aux sous-jacents déterminant l'équilibre entre l'offre et la demande à l'échelle européenne¹⁴⁴. Les prix de gros de l'électricité ont d'ailleurs subi une baisse récemment, qui trouve son origine dans la faiblesse durable de la croissance en Europe, la stabilisation de la consommation électrique favorisée par les efforts de maîtrise de l'énergie, l'importation massive d'énergies fossiles à bas coût, mais également la montée en puissance de l'électricité d'origine renouvelable. Les prix de gros permettent aujourd'hui difficilement de couvrir les coûts de production des nouvelles installations les plus compétitives (ne reposant pas sur des sources renouvelables).

Le CO₂ est une composante à part entière du coût de production marginal d'une centrale à combustible fossile et les évolutions du prix du carbone sur le marché européen EU-ETS (cf. *supra*) peuvent ainsi avoir un effet direct sur les prix de l'électricité et, par extension, sur les niveaux de soutien aux EnR électriques et sur la compétitivité des moyens EnR par rapport aux moyens conventionnels.

Il existe donc une incertitude sur les besoins de compensation à verser aux acheteurs obligés de l'électricité renouvelable, imputable aux aléas de fonctionnement du marché de l'électricité européen¹⁴⁵. Une meilleure compréhension des mécanismes propres au marché de l'électricité, de sa sensibilité aux évolutions des prix des énergies, des évolutions récentes qu'il a subies (ex : mise en œuvre pendant l'hiver 2016-2017 du mécanisme de capacité¹⁴⁶) ou qui sont susceptibles de l'affecter, permettrait de mieux appréhender l'amplitude prévisionnelle annuelle des évolutions de charges de service public imputables au soutien des EnR.

En ce qui concerne les EnR thermiques, le volume de soutien nécessaire dépend essentiellement des évolutions des prix des combustibles fossiles. Ainsi l'ADEME a pu observer en 2016 sur le fonds chaleur un net renchérissement du coût rapporté à la tep¹⁴⁷ (ex : pour les chaufferies bois hors BCIAT, l'aide moyenne apportée est passée de 30 €/tep à

¹⁴² Il s'agit du coût nécessaire pour qu'une installation produise un MWh supplémentaire. Par construction, ce coût est nul pour une installation dont la production est fatale. Pour une installation conventionnelle thermique à flamme (par exemple un Cycle Combiné Gaz), ce coût dépend du rendement énergétique de l'installation, du taux d'émission de CO₂, des niveaux de prix des combustibles fossiles et du prix de la tonne de CO₂.

¹⁴³ Contrats de vente qui prendront effet à une date et selon des conditions prédéfinies.

¹⁴⁴ Les prix de gros de l'électricité connaissent une forte volatilité. Ainsi, ils sont passés en France de 50-60 €/MWh¹⁴⁴ en 2009-2011 à un niveau de 30-40 €/MWh en 2015-2016 (proche du niveau de prix de l'ARENH).

¹⁴⁵ Il existe d'ailleurs, dans certains pays comme les Pays-Bas, des mécanismes d'aides qui limitent l'impact de l'évolution des prix de l'électricité sur les volumes de soutien accordés. Les appels d'offre pour les parcs éoliens en mer de Borssele ont ainsi été conçus par rapport à un montant maximal de soutien public.

¹⁴⁶ Selon RTE, le mécanisme de capacité a pour rôle de « stimuler les investissements dans les moyens de production et d'effacement de consommation pour sécuriser l'alimentation électrique à moyen terme. Il participe à la réussite de la transition énergétique en favorisant la flexibilité du système électrique et le développement des énergies renouvelables. Il place sur le même plan capacité à produire et capacité à s'effacer ». Ce mécanisme a ainsi vocation à résoudre les problèmes de rentabilité rencontrés par les installations de production qui ne peuvent, dans le contexte actuel des marchés de l'électricité, s'amortir sur la seule base des prix de marché.

¹⁴⁷ Ce coût est un indicateur du programme 174 (Objectif 1 : maîtrise l'énergie en réduisant la consommation et en développant l'usage des EnR - Indicateur 1.1 : efficacité du fonds chaleur renouvelable de l'ADEME).

43,8 €/tep). Celui-ci s'explique par la complexité accrue des projets proposés, mais aussi par la nécessité d'un niveau d'aides unitaires plus élevé pour rétablir la compétitivité des projets face aux solutions fossiles, compte tenu du prix très bas de ces dernières (cf. *supra*). Un modèle d'aide intégrant une référence aux prix des énergies fossiles permettrait par ailleurs de s'affranchir des variations de ces derniers.

L'analyse prospective des besoins de soutien des différentes filières devrait donc tenir compte des incertitudes portant sur les variables influençant le dimensionnement des volumes de soutien. Une telle analyse n'est pas disponible à ce jour.

D - La nécessaire prise en compte des coûts induits pour les réseaux électriques et le stockage

Les coûts évoqués ci-dessus s'entendent en termes de coûts de production des énergies renouvelables. Il s'agit toutefois d'une approche financière incomplète puisque la pénétration des énergies renouvelables va induire un besoin d'adaptation des réseaux de transport et de distribution de l'énergie. Les investissements nécessaires seront répercutés sur le TURPE¹⁴⁸ et ainsi facturés aux consommateurs et producteurs.

Cette nécessaire adaptation des réseaux à la progression des EnR dans le mix électrique tient à plusieurs facteurs : à l'échelle nationale, le caractère variable de la production issue des énergies éoliennes et photovoltaïques impose au système électrique des contraintes liées à la volatilité des flux, à leur réorientation géographique et à la modification de l'ordre d'appel des moyens de production. Par ailleurs, l'intégration des énergies renouvelables à l'échelle européenne, qui peut permettre un foisonnement des sources de production sur une large zone, augmente les besoins d'accroissement des interconnexions.

Il est aujourd'hui difficile de quantifier la part des investissements nécessaires pour faire face à ces défis, notamment car RTE n'identifie pas la part de ses investissements prévisionnels imputables à la transition énergétique, en dehors des investissements dont la finalité principale est l'accueil du nouveau mix EnR sur le réseau régional. Il serait pourtant souhaitable que RTE isole plus précisément la part de ses investissements de structures qui découle de la montée en puissance des EnR électriques. L'Agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE estimait ainsi en 2012 que, pour la France, le coût pour le système électrique de la pénétration des EnR à hauteur de 30 % du mix de production pourrait se situer dans une fourchette de 13 à 18 €/MWh.

Ces coûts pourraient nécessiter une évolution de la tarification des réseaux pour mieux prendre en compte le renforcement du rôle assurantiel¹⁴⁹ du réseau de transport et de distribution associé à la montée en puissance des énergies renouvelables intermittentes. De même, les solutions d'autoconsommation ont aujourd'hui une attractivité financière qui repose en partie sur l'absence de paiement du tarif d'utilisation du réseau. Si la pénétration de l'autoconsommation croît de manière significative, la réduction du nombre de consommateurs

¹⁴⁸ Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité.

¹⁴⁹ Alors que l'électricité distribuée demeure stable, RTE constate une légère baisse des soutirages sur le réseau de transport due au développement des renouvelables et des solutions d'autoconsommation. Pour autant, les capacités du réseau de transport doivent être maintenues à titre assurantiel, en raison du caractère intermittent et non commandable des énergies renouvelables électriques (hors biomasse et bioénergie). Le réseau électrique intègre donc d'ores et déjà une logique probabiliste et donc « assurantielle » dans sa construction : il est dimensionné en fonction de la probabilité d'appel simultané des puissances installées, qui est inférieure à la somme de ces puissances.

acquittant ce tarif (TURPE) pourrait poser un problème de soutenabilité du financement d'un réseau dont le dimensionnement ne diminuera pas à dure concurrence (les autoconsommateurs n'étant pas autonomes sur le plan électrique).

Une attention particulière doit également être portée aux problématiques de stockage de l'électricité. En effet les travaux conduits par l'ADEME et par RTE (scénario « nouveau mix » présenté dans le bilan prévisionnel 2014) identifient un besoin de stockage supplémentaire de 1 à 2 GW si le taux de pénétration des EnR dans le mix de production électrique atteint et dépasse l'objectif de 40 % fixé par la PPE. La PPE fixe d'ailleurs comme objectif l'engagement de projets de stockage à hauteur de cette capacité sous forme de STEP¹⁵⁰. L'actualisation en juin 2017 des travaux conduits avec l'ADEME sur les réseaux électriques intelligents fait également ressortir l'intérêt économique d'une contribution des batteries à la sécurité d'approvisionnement dans le cas d'un mix 2030 à 40 % d'EnR. Avec des hypothèses de baisse des coûts des batteries les amenant autour de 200 €/kWh stockable, il devient rentable de développer des stockages par batterie pour 1 à 2 GWh. Une baisse de coûts plus marquée conduirait à un développement plus important du stockage dans le système électrique.

Cet enjeu est particulièrement prégnant pour les zones non interconnectées (ZNI), caractérisées par un prix de l'électricité très élevé et par les faibles possibilités de foisonnement des énergies renouvelables intermittentes. Des expérimentations de stockage individuel ou décentralisé sont en cours dans ces zones.

III - Des dispositifs qui nécessitent encore des ajustements

Indépendamment de la réflexion structurelle qui devrait être conduite dans le cadre de la PPE sur les coûts relatifs des filières et les besoins de soutien public qu'elles appelleront, l'analyse des dispositifs existants révèle également des marges d'amélioration significatives.

A - Un besoin de rééquilibrage des soutiens vers les EnR thermiques

1 - Une composante carbone des taxes énergétiques encore trop peu incitative

La composante carbone des taxes intérieures de consommation (TIC) a été créée par la loi de finances 2014¹⁵¹. Elle permet de renchérir le taux des taxes intérieures de consommation énergétiques¹⁵² d'un montant proportionnel au contenu en carbone de ces produits à partir d'une valeur de la tonne de CO₂, qui a été fixée à 7 €/HT/tCO₂ en 2014.

¹⁵⁰ STEP : station de transfert d'énergie par pompage.

¹⁵¹ Loi n° 2013-1278 du 29 décembre 2013 de finances pour 2014.

¹⁵² Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) pour les produits pétroliers, TICGN pour le gaz naturel et TICC pour le charbon. Lors de l'introduction de la composante carbone des taxes intérieures de consommation, des dispositions ont été prévues pour éviter une double taxation des entreprises grandes consommatrices d'énergie (au sens de la directive 2003/96/CE) relevant déjà du système européen de quotas EU-ETS : ces entreprises ne sont donc pas assujetties à la composante carbone. Lorsque les activités de ces entreprises ne sont pas soumises au régime des quotas en raison de leur taille, elles restent soumises à un niveau limité de composante carbone (7€/t) à condition de figurer dans la liste des activités exposées à un risque important de fuite de carbone établie par la décision 2014/746/UE de la Commission européenne.

Elle renchérit progressivement le prix des énergies fossiles et favorisera la rentabilité des projets EnR. La LTECV a prévu une augmentation régulière de cette composante jusqu'à 56 €HT/tCO₂ en 2020 et 100 €HT/tCO₂ en 2030 (sans tenir compte de l'érosion monétaire). La LFI 2018 accélère cette trajectoire par rapport aux niveaux fixés par les précédentes lois de finances, qui s'étaient inscrites dans l'objectif moyen terme fixé par la LTECV.

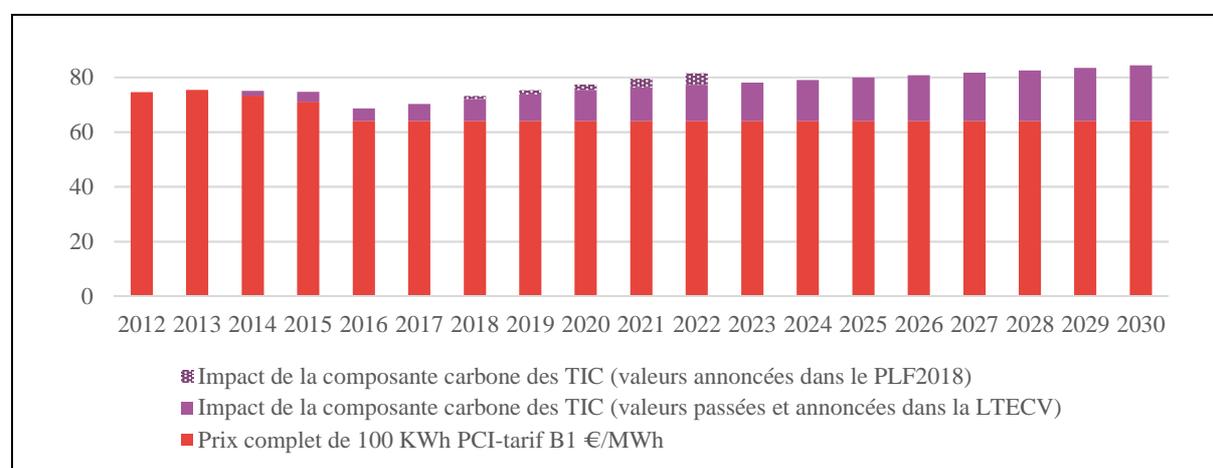
Tableau n° 6 : évolution de la trajectoire de la composante carbone

En €HT/tCO ₂	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2030
Lois finances + LTECV	30,5	39	47,5	56			100
LFI pour 2018		44,6	55	65,4	75,8	86,2	

Source : Cour des comptes

Toutefois, le niveau actuel de la composante carbone – qui s'ajoute au niveau des taxes intérieures de consommation définies pour chacun des produits énergétiques – n'est pas suffisamment incitatif : il ne permet pas d'avoir un impact significatif sur le prix complet des énergies fossiles, la baisse des prix de ces dernières peinant à être compensée par la hausse de cette composante (cf. graphique n° 12). Une mise en cohérence du niveau de la trajectoire carbone à 2030 avec les objectifs gouvernementaux en matière d'énergies renouvelables et de récupération thermiques devra ainsi être effectuée.

Graphique n° 12 : impact de la composante carbone sur le prix du gaz* (en €/MWh)



Source : Cour des comptes, d'après base de données PEGASE SOeS

* Prix du gaz pour un ménage (tarif B1¹⁵³) avec hypothèse de stabilité à partir de 2016

¹⁵³ Plusieurs tarifs gaz sont proposés en fonction du volume annuel et de la saisonnalité de la consommation du client, afin de s'adapter à des profils de consommation divers (particuliers, chaufferies collectives, PMI, PME, etc.). Le tarif B1 concerne les ménages, avec des consommations annuelles comprises entre 6 000 et 30 000 kWh, le plus souvent pour des usages chauffage individuel, cumulés ou non avec la production d'eau chaude et usage cuisine.

Par ailleurs cette composante n'est pas prise en compte dans les anticipations des acteurs économiques du fait de l'incertitude perçue sur sa trajectoire d'évolution. Le caractère annuel du vote de la loi de finances semble dissuader les entreprises d'intégrer cette donnée à leurs choix d'investissement.

2 - Fonds chaleur : des moyens à mettre en cohérence avec les objectifs assignés aux EnR thermiques

En moyenne, sur la période 2009-2016, 214 M€ de fonds chaleur ont été octroyés annuellement par l'ADEME. L'appréciation de la trajectoire du fonds permettant l'atteinte des objectifs de la PPE constitue un exercice délicat de prospective, qui doit prendre en compte les évolutions des prix des énergies fossiles, le niveau de la trajectoire carbone des TICs, mais également des paramètres tels que le niveau du prix carbone sur le marché ETS pour les installations soumises à quotas. Il est cependant très probable que les moyens actuellement octroyés aux EnR thermiques ne permettent pas d'atteindre les objectifs de la PPE.

Celle-ci prévoyait en effet une forte augmentation du budget du fonds chaleur pour atteindre un maximum de près de 600 M€. Ce calcul avait été établi en prenant en compte pour chaque filière les objectifs fixés aux horizons 2018 et 2023 ainsi que le coût moyen de soutien du fonds chaleur en euros par tep pour chaque filière.

Tableau n° 7 : trajectoire d'évolution du fonds chaleur selon la PPE

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Dépense en M€</i>	410	510	590	600	500	450

Source : PPE

L'ADEME estime cependant que la confirmation de la trajectoire carbone des taxes intérieures de consommation figurant dans la LTECV pourrait progressivement réduire d'un quart voire d'un tiers ces besoins financiers. Ses dernières estimations indiquent ainsi qu'un accroissement de 106 M€ par an en moyenne du fonds chaleur par rapport à son niveau en LFI pour 2017 (222 M€), sur les 5 prochaines années, portant l'enveloppe annuelle à 328 M€, permettrait d'atteindre les cibles de la PPE. Ces estimations ne prennent cependant pas en compte la récente annonce d'augmentation de cette trajectoire carbone dans le cadre de la loi de finances initiale pour 2018.

Le montant d'AE retenu dans la LFI 2018 (200 M€) n'est pas suffisant pour satisfaire les besoins tels qu'évalués par l'ADEME pour atteindre les objectifs inscrits dans la PPE. Il est en régression par rapport aux montants octroyés ces dernières années pour le fonds chaleur¹⁵⁴, et de 128 M€ inférieur au niveau nécessaire estimé par l'ADEME. Un pilotage fin des moyens alloués au fonds chaleur pour assurer leur cohérence avec les objectifs de développement des EnR thermiques est donc nécessaire.

¹⁵⁴ Projet annuel de performance du PLF 2018, *Mission écologie, développement et mobilité durables*.

3 - Un nécessaire recentrage du crédit d'impôt transition énergétique

Le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) participe également à l'atteinte des objectifs de développement des EnR thermiques, en soutenant les ménages dans leur achat d'équipements énergétiques performants. Si le CITE représente l'une des principales dépenses fiscales de l'État, avec 1 670 M€ inscrits en LFI pour 2017, la part consacrée au soutien à l'achat d'équipements destinés à utiliser des EnR pour la chaleur et le froid s'élevait en 2016¹⁵⁵ à 260 M€, pour une augmentation de 0,15 Mtep par an de la production de chaleur¹⁵⁶.

Le CITE vise à la fois le développement des énergies renouvelables et une moindre consommation d'énergie dans les logements. Ainsi, certains équipements éligibles utilisent une source d'énergie conventionnelle : le montant consacré aux chaudières à condensation et micro-génération gaz représentait par exemple 178 M€ en 2015. L'éligibilité des chaudières à combustible à haute performance au CITE pose question dans un contexte où le prix des énergies fossiles est particulièrement bas et où le prix des chaudières au bois est plus élevé que celles utilisant des énergies fossiles. L'éligibilité au CITE des chaudières gaz et fioul à condensation est d'autant plus problématique que les chaudières de ce type constituent quasiment la norme des chaudières utilisant des énergies fossiles.

Les évolutions du CITE votées en loi de finances initiale pour 2018 devraient en partie remédier à cet écueil : les dépenses d'acquisition de chaudières à haute performance énergétique les plus carbonées, c'est-à-dire celles utilisant le fioul comme source d'énergie, verront en effet leur taux réduit à 15 % entre le 1^{er} janvier et le 30 juin 2018 et seront ensuite exclues du dispositif. La question de l'éligibilité des chaudières au gaz demeure néanmoins, la LFI 2018 ne prévoyant pas de les exclure.

Par ailleurs, s'il est compréhensible que pour des questions de lisibilité et de gestion, un taux unique de 30 % soit accordé pour l'ensemble des équipements éligibles depuis le 1^{er} septembre 2014, cette solution est défavorable aux technologies les plus chères à l'achat, même si sur le long terme elles se révèlent plus performantes et génèrent le plus d'économies pour les ménages. Ainsi, dans le cas de la géothermie très basse énergie, les coûts d'investissement initiaux peuvent représenter un obstacle au développement de la filière : or, avec un taux unique, le crédit d'impôt ne permet pas de développer les filières les plus efficaces. Dans ce cas, cela revient à favoriser les pompes à chaleur aérothermiques, moins performantes que les pompes géothermiques, ce qui constitue un usage inefficace de cette dépense fiscale¹⁵⁷.

Le taux unique du CITE ne lui permet donc pas d'atteindre pleinement son objectif : la mise en place d'un taux majoré pour certains équipements pourrait être étudiée, en fonction des

¹⁵⁵ Estimation provisoire.

¹⁵⁶ Intervention ADEME – conférence de l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE) du 26 avril 2017.

¹⁵⁷ Comme le notait la Cour des comptes en juin 2013, « une forte baisse du volume des installations de PAC géothermiques aurait pour conséquence paradoxale de concentrer l'aide sur les PAC air/eau, qui sont moins productives. Dès lors, c'est la pérennité même de cette niche fiscale coûteuse qui pourrait être mise en cause et le redéploiement éventuel d'une partie des ressources correspondantes vers des projets affichant de meilleures performances » (Relevé d'observations définitives sur la politique publique en faveur de la géothermie, juin 2013).

technologies, du stade de développement des marchés, de critères de performances et de l'impact environnemental prenant en compte l'ensemble du cycle de vie de l'équipement.

Au-delà de ces dispositifs, les réglementations thermiques des bâtiments représentent une forme de soutien indirect aux EnR thermiques. La réglementation thermique actuelle (RT 2012) ne favorise pas toujours l'intégration des EnR dans les logements. En raison d'une dérogation de cette réglementation pour les bâtiments collectifs, les nouveaux logements collectifs se chauffent en très grande majorité au gaz. La suppression de cette dérogation devrait être mise à l'étude, de même que la mise en place – dans la prochaine réglementation thermique – d'une obligation d'intégrer des EnR thermiques dans les bâtiments neufs, à l'instar de ce qui existe en Allemagne et dans l'esprit de ce que préconise le droit européen¹⁵⁸.

B - Des marges d'efficience pour les dispositifs de soutien aux EnR électriques

Les dispositifs de soutien aux EnR électriques ont beaucoup évolué afin de limiter les rentabilités indues (cf. *supra*). On peut notamment souligner l'ajustement des tarifs en fonction des volumes de raccordement (ex : filière photovoltaïque ou géothermie) et la dégressivité automatique (ex : filière méthanisation où le tarif pour les installations de méthanisation diminue de 0,5 % chaque trimestre à partir du 1^{er} janvier 2018). Certaines évolutions demeurent néanmoins souhaitables.

1 - Le dispositif des compléments de rémunération

Le constat des effets pervers du mécanisme de l'obligation d'achat, qui incite les exploitants à produire même quand l'offre d'électricité est excédentaire, a conduit la Commission européenne à préconiser, pour les installations de taille significative, le passage à un mécanisme de primes. Elles viennent compléter la vente directe de l'électricité issue de sources renouvelables sur le marché de l'électricité.

La plupart des pays, dont la France, ont ainsi récemment adopté un dispositif de complément de rémunération. Il s'agit d'une prime qui s'ajoute aux revenus du producteur, obtenus par la vente de son électricité sur les marchés de gros, permettant d'atteindre un tarif de référence. Ce mécanisme amortit presque intégralement l'effet des fluctuations de marché sur les revenus des producteurs. Celui-ci n'est exposé qu'à la différence entre la valorisation effective de son électricité qu'il tire du marché et une valorisation de référence, représentative du profil moyen de production de sa filière.

Pour les finances publiques, le passage des contrats d'obligation d'achat aux contrats de complément de rémunération serait neutre si la prime de gestion¹⁵⁹ était intégrée dans le tarif

¹⁵⁸ Directive européenne 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des EnR.

¹⁵⁹ La prime de gestion est proportionnelle à l'électricité produite. Elle vise à couvrir les coûts de commercialisation des producteurs EnR pour vendre leur électricité sur le marché. Cela concerne notamment les coûts d'intermédiaires qui assurent cette fonction à moindre coût pour le producteur, mais qui facturent leur intervention au producteur tout en lui reversant la rémunération obtenue sur le marché.

de référence, ce qui n'est pas le cas dans le dispositif français. Le montant de la prime s'établit selon les filières entre 2 et 3 €/MWh, niveau considéré comme trop élevé par la CRE.

Le basculement de la filière éolienne terrestre au complément de rémunération a été fait tardivement par le ministère chargé de l'énergie. Face à une acceptabilité sociale limitée des éoliennes (cf. *supra*), les dispositifs de soutien ont longtemps cherché à préserver la filière en limitant la pression sur la baisse des prix. Ainsi, les tarifs d'achat ont bénéficié d'une indexation sur l'inflation favorable en cours de contrat et le recours aux procédures concurrentielles n'a été imposé qu'en 2017, du fait d'une mise en conformité avec les règles communautaires (cf. *infra*). Le basculement en 2017 de l'obligation d'achat vers le complément de rémunération pour l'éolien terrestre a conduit à retenir un tarif de référence de 72 à 74€/MWh – selon la taille de l'éolienne – sur une durée de 20 ans, contre 81 €/MWh sur 15 ans précédemment. Selon la CRE, ce nouveau tarif pourrait conduire à des rentabilités significativement supérieures aux rentabilités de référence pour les sites les plus ventés¹⁶⁰. Le suivi de la rentabilité réelle de ces projets devrait faire l'objet d'une attention particulière.

2 - Les conditions de succès des appels d'offres

La ligne de partage entre aides octroyées à guichet ouvert et par appel à la concurrence a évolué sous l'effet des lignes directrices européennes, qui imposent désormais de passer des appels d'offres pour les installations les plus importantes.

Concernant l'éolien, la procédure d'appel d'offres pluriannuelle initiée en 2017 a un champ limité dans la mesure où elle ne touche que les projets de plus de six installations ou ayant recours à une turbine de plus de 3 MW. La CRE a pourtant recommandé de limiter à 6 MW la puissance des installations éligibles au guichet ouvert, afin d'accroître la pression concurrentielle sur la filière. Certains pays comme l'Allemagne ont d'ailleurs fait basculer la quasi-totalité des nouvelles installations dans le champ des appels d'offres.

Les quatre projets lauréats de l'appel à projets ADEME 2015 pour l'éolien flottant pourraient bénéficier, en plus des soutiens du PIA, d'un contrat d'obligation d'achat dont le coût pourrait s'élever à 220 €/MWh sur une durée de 20 ans. Cela porterait le coût total de ces projets pour les finances publiques à un montant proche de 1,7 Md€, pour une puissance installée inférieure à 100 MW, et une production estimée de 370 GWh par an, soit environ 0,07 % de la production électrique française. Les projets de fermes pilotes d'éoliennes flottantes entraîneront donc des charges équivalentes (par MWh produit) à celles des appels d'offres pour l'éolien *offshore* de 2011 et 2013. Bien que le ministère chargé de l'écologie ait annoncé que des appels d'offres commerciaux pour l'éolien flottant étaient déjà en préparation, le passage à un développement commercial ne devrait pas être envisagé sans une baisse de prix significative.

¹⁶⁰ Cf : avis du 23 mars 2017 de la CRE. Le problème pourrait notamment se poser dans le cas du *repowering* (démantèlement de tout ou partie de l'installation pour en construire une nouvelle) des sites les plus anciens, que la CRE conseille d'exclure du bénéfice du guichet tarifaire.

D'une manière générale, le recours croissant aux appels d'offres pour le soutien aux EnR électriques constitue une évolution favorable à la maîtrise des volumes de soutien¹⁶¹. D'après le ministère chargé de l'écologie, 80 % des nouvelles capacités d'EnR électriques soutenues dans le cadre de la PPE devraient désormais l'être au terme d'une procédure concurrentielle. La CRE considère pour sa part que ce pourcentage ne dépassera pas 50 %¹⁶². Dans tous les cas, pour que la concurrence s'exerce de manière effective, plusieurs conditions doivent être réunies :

- les critères qualitatifs (ex : la note environnementale, qui permet notamment d'intégrer le bilan carbone) ne doivent pas jouer un rôle prépondérant dans les projets ;
- la segmentation des appels d'offres en de trop nombreuses sous-familles (exemple des appels d'offres photovoltaïques qui distinguent les installations sur toiture des centrales au sol, et au sein des toitures les moyennes et grandes surfaces) interdit à la concurrence par les prix de jouer pleinement : bien que le ministère chargé de l'écologie soit attaché à cette stratification très fine, les enjeux financiers associés en termes de soutien public plaident en faveur d'une approche aussi économe que possible. De plus, une moindre segmentation des appels d'offres dédiés aux EnR les plus matures irait dans le sens de la neutralité technologique préconisée par la Commission européenne, tout en préservant la possibilité pour la puissance publique de décider de la pondération de chaque grande filière (éolienne terrestre, éolienne en mer, photovoltaïque, bioénergies) dans le mix électrique ;
- le partage des risques avec la puissance publique doit être optimisé. À titre d'exemple, les risques administratifs et contentieux auxquels ont été confrontés les lauréats des appels d'offres de 2011 et 2013 pour les éoliennes en mer ont entraîné un retard de plusieurs années dans la mise en service des installations. La nouvelle procédure de dialogue concurrentiel¹⁶³ vise à établir en amont un dialogue permettant de préciser avec les candidats le cahier des charges ainsi que le partage des responsabilités durant les phases de construction et d'exploitation du parc. Les études de levée de risques réalisées en amont par l'État dans le cadre de cette nouvelle procédure – sous réserve que des moyens suffisants leur soient accordés¹⁶⁴ – pourraient à la fois réduire le risque et sa perception par les financeurs et permettre des baisses de prix significatives. La réduction des risques associés aux projets (« dé-risquage ») telle qu'elle est déjà pratiquée par certains pays nordiques (Allemagne, Pays Bas, Danemark) pourrait ainsi être favorisée par cette approche ;
- la technologie ne doit pas être fixée trop tôt dans la procédure : la lenteur des projets conduit sinon à ce que les parcs entrant en service ne bénéficient pas des dernières innovations ni des améliorations du rapport qualité-prix que celles-ci portent. Les acteurs industriels ont ainsi indiqué que s'ils pouvaient changer de modèle d'éoliennes sur leurs parcs marins, ils pourraient réduire le coût à des montants de l'ordre de 160-170 €/MWh, au lieu des 217 €/MWh accordés dans le cadre de l'appel d'offres. À l'inverse, certains de nos voisins

¹⁶¹ Les prix anticipés dans le cadre des appels d'offres solaires ont par exemple été systématiquement surévalués, ce qui indique que le mécanisme d'appel d'offres a permis de révéler les baisses de coûts de la filière.

¹⁶² La CRE estime en particulier que l'essentiel du développement de l'éolien terrestre se fera sous le régime du guichet ouvert (cf. *supra*), en dépit du passage aux appels d'offres pour les parcs de plus de 18 MW.

¹⁶³ Décret n°2016-1129 du 17 août 2016.

¹⁶⁴ Le budget disponible pour les études du dialogue concurrentiel de Dunkerque (éoliennes en mer) n'est que de 1 à 2 M€, ce qui représente des montants dix fois inférieurs à ceux dont disposent nos voisins danois.

comme les Pays-Bas laissent aux lauréats une flexibilité technologique après l'attribution. Le Gouvernement prévoit d'ailleurs¹⁶⁵ de faire évoluer le cadre législatif relatif aux projets d'EnR en mer afin de permettre un débat public en amont de la désignation du lauréat et la remise d'un permis « enveloppe » (se fondant sur une installation aux impacts maximalisés, autorisant ensuite l'évolution du projet au sein de cette enveloppe d'impacts).

C - Une meilleure articulation à trouver entre les politiques énergétiques et les politiques de filières

Les dispositifs issus des politiques énergétiques, dits de soutien « à la demande » au sens où ils visent à stimuler la production à travers des tarifs d'achat, appel d'offres, réglementations, etc., permettent d'atteindre les objectifs de développement des EnR que s'est fixés la France, en créant les conditions propices au développement des moyens de production et en donnant de la visibilité aux acteurs économiques sur les volumes (inscription de ces dispositifs de soutien dans une programmation énergétique, etc.). À ces dispositifs de soutien à la demande s'ajoutent les dispositifs de soutien « à l'offre » des filières, dont l'objectif est de soutenir l'émergence des filières industrielles, en agissant à l'amont sur la compétitivité de la production des entreprises, à travers des soutiens à la R&D, de l'aide à l'innovation, etc. : cf. *supra*. L'articulation entre les deux types de dispositifs, qui s'inscrivent dans les règles concurrentielles européennes, est cruciale pour la mise en œuvre d'une politique industrielle favorable aux filières.

Si la recherche française en matière d'EnR électriques est reconnue, notamment dans le solaire photovoltaïque, les innovations peinent souvent à trouver une application industrielle et commerciale. Le passage des phases de R&D, d'innovation et de démonstration, à celle de la commercialisation est en effet très critique. L'une des conditions de réussite des entreprises françaises portant des innovations est de pouvoir bénéficier de références commerciales sur le territoire national¹⁶⁶. Pour que ces entreprises puissent passer de la phase de démonstration à la phase de commercialisation à grande échelle, il est important de leur donner une visibilité suffisante sur le marché.

Depuis 2011, l'ADEME a élaboré des notes d'opportunités non-publiques et publié des feuilles de route stratégiques sur une dizaine de filières et de thématiques associées aux EnR. Elles ont permis d'orienter et de mieux cibler les appels à manifestation d'intérêt et appels à projet du PIA, qui visent notamment à construire des démonstrateurs et sites pilotes. L'émergence d'une telle vision concertée préalablement à la mise en place de dispositifs de soutien permet d'en améliorer l'efficacité. Cette approche a été partiellement mais tardivement consolidée pour le soutien à l'offre avec la Stratégie Nationale Recherche Énergétique¹⁶⁷ parue

¹⁶⁵ Cf. article 34 du projet de loi sur la simplification déposée devant l'Assemblée nationale le 27 novembre 2017.

¹⁶⁶ Voire à l'étranger lorsque la technologie s'adresse essentiellement aux marchés à l'export.

¹⁶⁷ L'article 183 de la loi LTECV prévoyait la réalisation de cette stratégie ; elle a fait l'objet d'un arrêté conjoint du ministre chargé de l'énergie et de celui chargé de la recherche, publié au JO le 27 décembre 2016. La SNRE propose notamment d'amplifier le soutien à la démonstration des nouvelles technologies et recommande d'organiser un échange plus régulier avec les régions sur les actions de soutien à la R&D.

en 2016. L'articulation avec les dispositifs de soutien à la demande n'est pas encore explicite. Elle doit se faire dans le cadre d'un dialogue entre l'ensemble des parties prenantes, en associant notamment les structures travaillant sur des scénarios prospectifs comme l'ADEME ou l'ANCRE¹⁶⁸.

S'agissant des EnR électriques, la visibilité sur la demande de production peut être donnée en lançant des appels d'offres avec un cadencement qui permette de ne pas peser sur la trésorerie des porteurs de projets. Ce point est particulièrement stratégique pour les énergies marines novatrices¹⁶⁹, soutenues par le PIA, mais pour lesquelles la visibilité sur le marché est insuffisante. Ainsi, alors qu'en 2016 la PPE prévoyait l'engagement à horizon 2023 de projets d'une puissance comprise entre 200 et 2 000 MW en plus des appels d'offres lancés en 2011 et 2013, aucun nouvel appel d'offres n'a été lancé à ce jour. Les professionnels du secteur s'inquiètent de cette situation ; Naval Energies (DCNS) a par exemple indiqué que ce bon cadencement entre démonstrateurs et appels d'offres commerciaux était une condition de sa survie à horizon deux ans¹⁷⁰. En mars 2017, pour remédier à cette fragilité, la DGEC a décidé de réaliser un appel d'offres entièrement dédié aux technologies innovantes, le critère innovation pesant alors 45 % dans la notation. Des familles d'innovation ont été ciblées en lien avec le potentiel des entreprises françaises, à la satisfaction du secteur industriel.

Le cadre de développement des filières électriques innovantes doit être reconsidéré. L'utilisation de l'enveloppe de 700 M€, annoncée en septembre 2017 par le gouvernement dans le cadre du plan d'investissement 2018-2022 et visant à démontrer à l'aide du PIA, l'intérêt d'une technologie novatrice pour la transition énergétique, pourrait constituer un des moyens de financement de l'innovation plus approprié, compte tenu du poids financier que peut faire peser ce type d'initiative sur les finances publiques (cf. *supra*).

Du côté des EnR thermiques, l'appel à projets Nouvelles technologies émergentes (NTE) lancé annuellement, depuis 2012, dans le cadre du fonds chaleur a permis de remédier en partie à cette difficulté. Cet appel à projets s'adresse à des technologies techniquement validées mais peu ou pas diffusées afin de les évaluer *in situ* et de consolider un retour d'expérience. Si elles sont considérées comme satisfaisantes, elles peuvent être rendues éligibles au fonds chaleur, en vue d'un déploiement plus massif de la technologie. Depuis 2012, cet appel à projets a permis d'aider plus d'une cinquantaine de dossiers pour un montant d'aides de près de 14 M€ et un coût d'investissement de l'ordre de 54 M€. Ici également, la question du cadencement est importante. Si le temps de l'évaluation est trop long, les entreprises qui portent la nouvelle technologie peuvent être mises en difficulté dans l'attente du bénéfice du fonds chaleur pour leurs clients potentiels, surtout si ce sont de petites entreprises. Si ce temps est trop court, le risque existe pour l'ADEME de rendre une technologie non viable éligible au fonds chaleur.

¹⁶⁸ Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie.

¹⁶⁹ Hors éolien *offshore* posé.

¹⁷⁰ De même, le cas de l'Institut national de l'énergie solaire (INES), centre de recherche européen de premier rang, illustre cette problématique. Bien que l'INES soit financée à hauteur de 42 % par des industriels et ait misé très fortement sur la technologie des cellules silicium à hétérojonctions, les industriels français initialement pressentis par l'INES pour investir et développer cette technologie se sont finalement retirés faute de visibilité sur les volumes de production soutenus en France.

Actuellement, le temps pour évaluer la technologie est estimé à trois ans ; ce temps pourrait être réduit en tenant compte de la situation des entreprises développant ces technologies innovantes.

L'accompagnement des filières et l'ajustement des dispositifs de soutien demeure un exercice complexe. La filière photovoltaïque a parfaitement illustré les effets délétères de l'incertitude sur les perspectives commerciales des filières industrielles en France (cf. *infra*). Pendant plus de quatre ans, entre le moratoire sur les tarifs garantis au secteur et la LTECV, la filière industrielle s'est trouvée exposée à une concurrence étrangère agressive et la filière intégrée au bâti a été exposée à des incertitudes sur les réglementations et volumes à pourvoir, ce qui a entraîné faillites et désinvestissements¹⁷¹. De même, l'activité de la filière du solaire thermique s'est effondrée au profit d'équipements concurrents lors de la mise en œuvre de la nouvelle réglementation thermique en 2012 (RT2012)¹⁷², sans que cet impact ait été anticipé au moment de l'adoption de la réglementation.

S'il est logique qu'une stratégie industrielle ne soit pas intangible, les à-coups de la politique française ont eu des conséquences très dommageables sur les acteurs économiques. En Allemagne, par exemple, les changements de la politique de soutien ont été mieux préparés, par l'intermédiaire d'expérimentations pilotes¹⁷³ assorties de tests fondés sur les retours des professionnels du secteur et qui ont nourri des adaptations de la réglementation envisagée.

Au-delà des dispositifs de soutien, les outils de financement notamment proposés par la Caisse des dépôts et consignations ou encore Bpifrance ont toute leur importance pour les filières. Ces organismes de financement, engagés depuis 2015 dans le soutien à la transition énergétique, octroient des prêts aux côtés de banques commerciales. Il est important que ces financeurs publics ne se substituent pas aux financeurs privés sur les technologies les plus matures et les accompagnent dans le développement des technologies les plus risquées.

La difficulté d'accompagner les filières françaises

Certaines initiatives publiques, reposant sur des critères non discriminatoires conformes à la réglementation européenne, ont bénéficié à des entreprises françaises ou européennes. Ainsi, l'État a récemment introduit dans les différents appels d'offres des critères qui ont eu un effet favorable pour le tissu industriel français.

¹⁷¹ On citera ici le cas d'entreprises en faillite ou rachetées par des concurrents étrangers : Q-Cells, Solon, Conergy, Solarion, SMA Solar, Sunways, Solarwatt, etc.

¹⁷² Pour remplir l'obligation de la Réglementation thermique 2012 (RT 2012) de recourir à une part d'EnR dans les maisons individuelles, les maîtres d'ouvrage se sont tournés vers les solutions EnR les plus compétitives, à savoir les chauffe-eau thermodynamiques et le solaire photovoltaïque, aux dépens du solaire thermique. Dans le collectif, l'absence d'obligation de recours aux EnR et la dérogation permettant de consommer 15 % de plus (voir *supra*) ont rendu le solaire thermique superflu pour atteindre les performances exigées par la RT 2012.

¹⁷³ Le principe d'appels d'offres a ainsi d'abord été testé sur la filière photovoltaïque avec des appels d'offres pilotes pour les installations au sol, pendant plus de deux ans, avant sa généralisation aux autres filières actée par la loi sur les énergies renouvelables *Erneuerbare Energien Gesetz* - EGG 2017.

Cela a été le cas du critère carbone pour les appels d'offres sur le solaire. Cette initiative a eu pour conséquence d'augmenter la part de composants d'origine européenne dans les projets retenus dans les appels d'offres de 2014-2015. Cet effet positif a diminué depuis : l'état du secteur étant très volatil, le nombre de producteurs européens a largement diminué et le poids de ce critère a baissé dans les AO de 2016-2017. La méthode de calcul a également été modifiée pour renforcer le degré d'exigence environnementale. Ce critère, considéré comme un outil à vocation environnementale, pourrait engendrer des bénéfices indirects pour l'industrie européenne et française, sans que cela ne soit prouvé aujourd'hui. La DGE, non consultée sur la rédaction des cahiers des charges de ces appels d'offres, n'a pas eu l'occasion de contribuer à leurs évolutions. Dorénavant, la DGEC doit poursuivre, avec la DGE, l'approfondissement de l'évaluation de l'impact du critère sur les emplois industriels français.

Sur l'éolien *offshore*, des initiatives ont aussi été prises sur les AO lancés en 2011 et 2013. Ces derniers contenaient des critères visant à sécuriser l'approvisionnement en turbines et à apporter des garanties quant aux capacités des candidats à réaliser effectivement leurs projets, dans un contexte de marché très tendu. La notation comprenait ainsi un critère de capacité de production, dont les entreprises françaises ont bénéficié en raison de la proximité de leur site de production. Depuis l'attribution des offres, trois usines et un centre d'ingénierie ont vu le jour en France. En revanche, dans l'éolien terrestre, les AO pour les parcs de plus de six mâts ne retiennent qu'un critère prix.

La politique de soutien à la filière du solaire intégré au bâti (IAB), qui se voulait être une stratégie d'excellence technologique et d'innovation française, n'a quant à elle pas connu les résultats escomptés. Dès sa mise en œuvre, la prime IAB a créé un fort appel d'air chez les producteurs qui a essentiellement profité aux entreprises existantes, la plupart allemandes. L'offre des entreprises françaises n'était pas encore suffisamment mature pour investir ce marché de niche¹⁷⁴. À cette époque également, les panneaux solaires connaissaient une chute vertigineuse de leurs coûts de production alimentée par la concurrence asiatique. Ce sont finalement des produits inattendus mais répondant parfaitement au dispositif réglementaire qui se sont imposés. L'effet d'aubaine subi par le dispositif de soutien au bâti a eu pour conséquence une explosion des volumes financiers supportés par l'État. L'IAB a ainsi créé des obligations d'achat pour l'État pour vingt ans, dont le montant total a été estimé par la Cour à 8,6 Md€ (dont 7,4 Md€ pour les engagements pris avant 2011). De nombreuses fraudes ont également été constatées dans l'attribution de la prime IAB et aucune évaluation de son efficacité économique ou énergétique n'a été établie. Malgré cet échec, quelques grandes entreprises françaises, positionnées sur l'aval de la chaîne de valeur (travaux publics, habitat ou services), continuent aujourd'hui de croire en ces technologies et d'investir dans des matériaux totalement intégrés, en dépit de l'absence de soutiens publics.

L'État doit à la fois clarifier ses objectifs de politique industrielle et revoir le cadre de développement des filières innovantes. Si les politiques publiques de soutien à la recherche et au développement de démonstrateurs sont jugées utiles par les acteurs privés, force est de constater que les tentatives de passage du stade de démonstrateur à des marchés de grande échelle se sont traduites par des coûts très élevés pour les finances publiques et par des échecs industriels. Il importe donc de mieux articuler, politique d'offre des filières et dispositifs de soutien à la demande. Ceci passe par un cadencement prévisible des appels d'offres, l'usage de moyens dédiés (appels d'offres innovation, enveloppe PIA spécifique), des volumes d'appels d'offres limités pour les segments technologiques non matures, assortis d'un suivi précis des

¹⁷⁴ *Filière Photovoltaïque Française : Bilan, Perspectives et Stratégie*, ADEME, 2015, <http://www.ademe.fr/etude-technico-economique-filiere-photovoltaïque-française-bilan-perspectives-strategie>.

baisses de coûts liées à l'accroissement des volumes. Un pilotage interministériel renforcé semble essentiel à la bonne mise en œuvre de cette politique.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le développement des énergies renouvelables repose sur des dispositifs de soutien public qui permettent de répondre aux enjeux de compétitivité des énergies renouvelables dans le contexte actuel des marchés de l'énergie. La situation est très contrastée entre les EnR thermiques et électriques. Les soutiens accordés aux EnR thermiques représentaient environ 690 M€ en 2016, alors que ceux accordés aux EnR électriques s'élevaient à 4,6 Md€.

Les charges de soutien aux énergies renouvelables électriques sont amenées à s'accroître significativement dans les prochaines années : les dernières estimations de la CRE évaluent ce montant à 7,5 Md€ en 2023. Pourtant, les décisions de programmation énergétique ne reposent pas suffisamment sur une analyse consolidée et comparative des coûts et des prix – actuels et prévisibles – des différentes filières de production énergétique, qui permettrait de fiabiliser les projections de soutiens nécessaires à leur déploiement, et donc de réaliser une programmation énergétique permettant de les minimiser.

Les montants aujourd'hui octroyés aux EnR thermiques ne sont pas suffisants pour atteindre les objectifs de la PPE, dans un contexte où la composante carbone des taxes intérieures de consommation n'a pas encore d'impact significatif sur les prix des combustibles fossiles. Le dispositif du CITE ne permet par ailleurs pas le ciblage des technologies les plus efficaces et une réflexion sur son périmètre doit donc être engagée, pour compléter les évolutions envisagées par la LFI 2018.

Les dispositifs de soutien aux EnR électriques ont fait l'objet de nombreuses évolutions, pour tenir compte des baisses de coût observées sur ces filières et se conformer aux lignes directrices de la Commission européenne. Le poids de décisions passées est cependant encore fort. Sur le solaire photovoltaïque, ces décisions auront ainsi encore pendant de longues années un impact majeur sur les dépenses de soutien : les arrêtés antérieurs au moratoire de 2010 auront engendré un coût pour les finances publiques de 38,4 Md€, pour un productible annuel de 4 TWh, soit environ 0,7 % de la production électrique française. De même, le poids des premiers projets éoliens offshore est déconnecté de leur contribution future à la production d'électricité renouvelable : il s'élèvera à 2,0 Md€/an, soit environ 40,7 Md€ sur 20 ans, pour 11 TWh d'électricité produite annuellement, c'est-à-dire 2% de la production française.

L'évolution du cadre réglementaire des dispositifs de soutien, notamment le recours aux procédures concurrentielles, a permis de rendre compte de la baisse des coûts. La simplification des procédures administratives, qui fait actuellement l'objet de propositions issues de groupes de travail ad hoc, pourrait encore contribuer à faire diminuer le coût des projets. Il est cependant regrettable que la révision des dispositifs de soutien à l'éolien terrestre n'ait pas plus favorisé les appels d'offres au détriment du guichet ouvert et qu'il n'existe pas de conditions de prix associées au développement de nouvelles capacités d'éolien offshore malgré les précédents sur cette filière. Une moindre segmentation des appels d'offres au sein d'une même filière permettrait également de favoriser davantage les installations les plus compétitives.

La France dispose par ailleurs de dispositifs de soutien « à l'offre » des filières importants. Les montants consacrés à la R&D et à l'innovation sont en croissance depuis 2010, tirés par le PIA. Malgré cela, le système français peine à concrétiser les innovations, les échecs étant nombreux en phase d'industrialisation. Une meilleure articulation entre politiques énergétiques et politiques de filières serait de nature à diminuer cette faiblesse.

En conséquence la Cour formule 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.*
-

Chapitre III

Un pilotage peu lisible et insuffisamment intégré

L'ampleur des engagements politiques formulés depuis le Grenelle de l'environnement en faveur des EnR montre que la réalisation des ambitions françaises constitue un changement global du mix énergétique. Il affecte un grand nombre de politiques publiques nationales et territoriales et d'acteurs économiques, en particulier les grands énergéticiens. Surtout, il mobilise durablement et à un haut niveau les finances publiques.

Dès lors, la politique de soutien aux EnR qui vise à mettre en œuvre les objectifs fixés depuis les années 2000 doit faire l'objet d'un pilotage rigoureux, cohérent et concerté. Ce pilotage doit garantir que la mobilisation des fonds publics en faveur des EnR n'échappe pas à l'exigence d'économie de moyens et aux règles de transparence budgétaire. Il doit aboutir à une programmation consolidée, intégrant les énergies renouvelables dans l'ensemble de la stratégie climatique et énergétique française.

I - Une absence de transparence des engagements budgétaires

A - Une réforme opportune des charges de service public de l'énergie

1 - Des dynamiques budgétaires différentes entre les EnR électriques et thermiques

Les soutiens publics apportés aux énergies renouvelables sont constitués essentiellement par le fonds chaleur, le CITE ainsi que le dispositif de compensation des charges de service public au titre du soutien aux EnR électriques (cf. *supra*). Les deux premiers dispositifs constituent des aides à l'investissement : le risque de rentabilité relative par rapport aux solutions conventionnelles est assumé par le porteur de projet et est sans incidence sur les finances publiques. Ces dispositifs font l'objet d'une procédure budgétaire classique. Le budget du fonds chaleur est approuvé en loi de finances au sein de la mission « *Écologie, développement et mobilité durables* ». Le CITE est approuvé au titre des dispositions fiscales du budget : ce mécanisme possède une assiette bien définie, dont les dynamiques de marché peuvent être anticipées.

En revanche, les soutiens aux EnR électriques relèvent d'une logique très différente : ils garantissent un niveau de prix aux producteurs ; le montant des charges de service dépendant des prix de marché de l'électricité (cf. *supra*), c'est l'État qui prend le risque de prix (des marchés de l'électricité) sur la durée du contrat. Ils sont soit octroyés à guichet ouvert, soit en fonction des résultats d'appels d'offres. Ce sont en effet les arrêtés de tarification et les décisions relatives aux appels d'offres qui engagent les volumes de soutien à honorer pour l'avenir.

2 - Une prise en charge récente par le contribuable des soutiens aux EnR électriques

Une différence fondamentale entre les EnR électriques et thermiques tient également au fait que le dispositif de soutien des EnR électriques a été porté jusqu'en 2015 par les consommateurs d'électricité et non par les contribuables.

Ce dispositif reposait, depuis 2003, sur la contribution au service public de l'électricité (CSPE). Elle était acquittée par les consommateurs d'électricité au prorata de leur consommation et collectée par les fournisseurs historiques et les gestionnaires de réseau. Elle permettait ainsi de couvrir les compensations de charges de service public de l'électricité (dues aux opérateurs portant l'obligation d'achat de cette électricité renouvelable), mais également les charges de soutien aux dispositifs sociaux et à la solidarité énergétique. Son montant était fixé par arrêté ministériel, sur proposition de la CRE.

La compensation des charges de service public dans le secteur du gaz, qui était portée par deux contributions sur la consommation finale de gaz naturel, fonctionnait selon un mécanisme similaire reposant sur la contribution au tarif spécial de solidarité (CTSS), instaurée en 2008, et la contribution biométhane, instaurée en 2011. Ces deux contributions étaient acquittées par les consommateurs de gaz au prorata de leur consommation et collectées par les fournisseurs.

Le mécanisme de la CSPE faisait l'objet de plusieurs fragilités :

- la progression du taux de CSPE était insuffisante pour couvrir les charges en très forte progression, entraînant un déficit de compensation pesant fortement sur EDF : le déficit accumulé au détriment d'EDF s'élevait à 5,8 Md€ au 31 décembre 2015 (intérêts financiers au titre de 2013 et 2014 compris). Il a entraîné une dette auprès d'EDF qui est dorénavant remboursée selon un échéancier défini ;
- il souffrait d'une faible gouvernance (ex : arrêtés fixant le taux de CSPE non pris en temps voulu par le ministre compétent ; supervision chronophage des opérations de recouvrement assurée par la CRE, dont il ne s'agit pas du cœur d'activité) ;
- il a fait et fait encore l'objet d'un contentieux de masse, plusieurs fragilités ayant été avancées par les requérants au premier rang desquelles la question de la compatibilité des mécanismes de soutien qu'il finançait avec le régime des aides d'État¹⁷⁵, ainsi que celle de

¹⁷⁵ L'avis n° 388853 du Conseil d'État du 22 juillet 2015 a conclu qu'il n'existait pas de lien d'affectation contraignant entre l'ancienne CSPE et les aides d'État qu'elle permettait de financer, invalidant le motif correspondant qui avait été évoqué pour le remboursement par l'État de l'ancienne CSPE. Toutefois le juge n'a pas encore tranché la compatibilité de cet ancien mécanisme avec le droit européen des accises (cf : ndbp 178).

la compatibilité avec la directive 2003/96 sur le régime des accises¹⁷⁶. Il devait également être mis en conformité avec les nouvelles lignes directrices adoptées par la Commission européenne sur les aides d'État en avril 2014¹⁷⁷.

3 - L'introduction des charges de soutien aux EnR électriques dans le dispositif budgétaire

Pour répondre aux faiblesses du dispositif, une réforme du financement des charges de service public a eu lieu en 2015. Elle a conduit à :

- l'intégration des charges de service public de l'électricité et du gaz, regroupées sous la dénomination de charges de service public de l'énergie, dans le budget de l'État ;
- recourir, pour une large part de ces charges (celles imputables au compte d'affectation spéciale, cf. *infra*), à un financement d'abord par les taxes intérieures sur la consommation finale d'électricité et de gaz (TICFE et TICGN) en 2016, puis par la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), en 2017 ;
- la suppression des contributions spécifiques antérieures. La taxe intérieure de consommation finale d'électricité (TICFE) a été rebaptisée CSPE, elle a vu son assiette s'élargir à l'ensemble des puissances souscrites et son montant a été porté à 22,5 €/MWh, soit le taux qui aurait été établi pour l'ancienne CSPE en l'absence de réforme.

Les charges de service public de l'énergie dédiées aux EnR, dont la CRE assure l'évaluation annuelle, sont désormais réparties de la façon suivante dans le budget de l'État :

- le compte d'affectation spéciale (CAS) *transition énergétique* regroupe les charges liées au soutien aux EnR électriques et au biométhane, ainsi que les charges liées au remboursement aux opérateurs du déficit de compensation de leurs charges de service public de l'électricité accumulé au 31 décembre 2015. Le CAS porte également les charges au soutien à l'effacement de consommation. Il comporte deux programmes : le programme 764 – *Soutien à la transition énergétique*, et le programme 765 – *Engagements financiers liés à la transition énergétique* ;
- le programme budgétaire P345 – *Service public de l'énergie*, porte notamment les intérêts de la dette accumulée vis-à-vis des opérateurs au titre du déficit de compensation. Il regroupe par ailleurs également les autres charges de service public de l'énergie¹⁷⁸.

La mise en œuvre de la réforme de la CSPE a conduit à basculer la source de financement du soutien aux EnR du consommateur d'électricité vers le contribuable redevable de la TICPE.

¹⁷⁶ Dans une décision du 22 février 2017, le Conseil d'État a sursis à statuer sur la compatibilité de l'ancienne CSPE avec les directives 92/12/CE du 25 février 1992 et 2003/96/CE du 27 octobre 2003 relatives au régime des accises et à la taxation l'électricité jusqu'à ce que la Cour de justice de l'Union européenne se soit prononcée sur l'application de ces directives.

¹⁷⁷ Projet de loi et exposé des motifs de la loi de finances rectificative n°2015-1786 du 29 décembre 2015 : la Commission Européenne a décidé d'ouvrir en 2014 une enquête au titre des aides d'État sur les différents plafonnements applicables à la CSPE.

¹⁷⁸ Péréquation tarifaire dans les zones non interconnectées – hors soutien aux EnR au titre de l'obligation d'achat, au soutien à la cogénération et aux dispositifs sociaux, ainsi que le budget du médiateur de l'énergie.

B - Une absence de contrôle budgétaire

1 - Un dispositif qui donne une visibilité limitée sur les engagements à venir...

Cette réforme a permis de donner une visibilité sur un dispositif qui avait prospéré de manière extrabudgétaire, mais ce nouveau dispositif comporte un certain nombre de limites.

Tout d'abord, les autorisations d'engagement (AE) du CAS sont, par construction, égales aux crédits de paiement (CP), ce qui interdit toute comptabilisation des engagements juridiques. En effet, le CAS ne permet d'afficher que les charges annuelles de soutien. En revanche, les décisions de soutien en faveur de nouvelles installations, qui engagent le budget de l'État sur 20 ans en général, relèvent du pouvoir réglementaire. Ce sont ainsi les arrêtés de tarification et les décisions relatives aux appels d'offres qui engagent les volumes de soutien à honorer pour l'avenir. La procédure budgétaire aujourd'hui ne permet donc pas de retracer les nouveaux engagements, qui, en tenant compte des délais de mise en service des installations pouvant aller jusqu'à 5 ans, peuvent actuellement engager l'État jusqu'en 2050 environ. Ainsi, il n'existe aucune information permettant d'appréhender la dynamique d'évolution à venir de ces charges du fait des engagements passés ou nouveaux ni des reports induits par le calendrier de compensation¹⁷⁹.

Le Parlement ne dispose pas aujourd'hui d'une information budgétaire et comptable suffisante sur le fonctionnement du dispositif et ses perspectives d'évolution. Concernant l'information comptable, le compte général de l'État pour l'exercice 2017 comportera en annexe une description du mécanisme de compensation des charges de service public de l'énergie et une information concernant l'obligation qui en résulte pour l'État.

Concernant l'impact budgétaire des choix de politique énergétique, il convient de souligner que la PPE est insuffisamment détaillée sur le sujet, alors qu'elle devrait permettre d'éclairer les parlementaires, les contribuables et les consommateurs sur les conséquences économiques et budgétaires des choix réalisés entre les différentes technologies et filières. Elle indique bien que les ressources mobilisées sur le soutien aux EnR électriques et à la cogénération progresseront pour atteindre en moyenne annuelle 9,2 Md€ sur la période 2016-2023 (cf. *supra*), mais les graphiques qui illustrent cette progression sont purement indicatifs et difficilement exploitables. En effet, le cadrage réalisé par la PPE porte sur les volumes d'EnR installés et non sur l'impact des soutiens sur les finances publiques. Au demeurant, la PPE étant adoptée par décret, le Parlement n'est pas amené à se prononcer sur les éléments de programmation qu'elle comporte.

2 - ... et qui reste très peu encadré

Un comité de gestion des charges de service public de l'électricité – doté de pouvoirs d'investigations larges et bénéficiant des simulations réalisées par la CRE – a néanmoins

¹⁷⁹ À ce titre, le bleu budgétaire du CAS *transition énergétique* indique, pour le programme 764, une évaluation à 0 des engagements non couverts par des paiements au 31 décembre 2017.

récemment été créé par la LTECV¹⁸⁰. Il doit notamment rendre un avis sur l'évaluation des charges de service public qui sera faite par les rédacteurs de la PPE (cf. annexe n° 14).

La publicité de ses avis est susceptible de donner un certain poids à ses délibérations mais la création de ce comité n'est pas en elle-même garante d'une meilleure maîtrise de l'évolution des charges de soutien aux EnR électriques. Sa valeur ajoutée pose d'ailleurs question, dans la mesure où ce comité s'appuiera essentiellement sur les avis de la CRE (portant sur l'évolution des charges de service public de l'énergie). On peut d'ailleurs souligner que si la publication des avis de la CRE (relatifs aux projets d'arrêtés tarifaires ou aux cahiers des charges des appels d'offre) leur assure déjà une diffusion auprès de l'ensemble des décideurs, ces avis ne sont jamais contraignants pour le ministère, qui passe souvent outre des avis défavorables ou ne corrige qu'à la marge les projets critiqués. Dans ce domaine, la CRE en effet intervient essentiellement comme instance de conseil, sans disposer des pouvoirs de régulation qui lui sont reconnus pour l'accès au réseau de transport d'électricité. Les avis du comité de gestion n'étant pas plus contraignants, il est probable que sa création ne modifiera pas substantiellement l'équilibre des prises de décision et ne permettra pas un contrôle accru sur les décisions d'engagements.

Une évolution récente de cette architecture budgétaire doit cependant être soulignée. La loi de programmation des finances publiques pour 2018-2022 intègre en effet le CAS *transition énergétique* dans le périmètre des dépenses couvertes par l'objectif d'évolution de la dépense publique. Le dialogue quinquennal entre la direction du budget et la DGEC sur les charges de soutien aux EnR qui s'est engagé en 2017 est donc amené à se perpétuer. Si cette évolution doit être saluée, elle demeure insuffisante, notamment parce que l'échéance des dépenses de soutien aux EnR pesant sur les finances publiques dépasse largement l'horizon quinquennal.

3 - Un besoin de transparence en amont des engagements juridiques

Il est donc nécessaire de mieux associer le Parlement à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables (EnR) et des volumes financiers de soutien aux EnR, en lui permettant de s'appuyer sur une information précise, dans les documents budgétaires ou comptables, quant aux dépenses de soutien induites sur toute la durée d'engagement correspondante.

Dans la mesure où les AE, telles qu'elles sont mises en œuvre actuellement dans le CAS, ne permettent pas une comptabilité d'engagements (cf. *supra*), l'introduction d'une comptabilité d'engagements pour les nouvelles installations¹⁸¹, qui reflète les nouveaux engagements juridiques pris par l'État (mais qui ne concernerait en revanche pas directement le stock d'engagements déjà passés), serait une des solutions permettant de répondre à cet objectif. Elle supposerait la suppression du CAS. En effet, le fait que les autorisations d'engagement (AE) du CAS sont, par construction, plafonnées par le montant des recettes, interdit l'inscription en AE du véritable montant des engagements juridiques de l'année budgétaire. Le dimensionnement des autorisations d'engagement supposerait cependant de proposer une règle de budgétisation des charges à venir qui tienne compte des incertitudes

¹⁸⁰ Article L 121-28-1 du code de l'énergie : ce comité doit formuler un avis sur le volet consacré aux charges de service public de l'électricité de l'étude d'impact de la PPE.

¹⁸¹ Cette comptabilité d'engagements a également été recommandée par la CRE (délibération du 13 juillet 2017).

coordonnée est une condition essentielle à la réalisation des objectifs français. Pour être efficace, la bonne coordination des acteurs et des moyens déployés pour soutenir les énergies renouvelables doit se faire entre les différentes filières d'EnR, entre les EnR électriques et thermiques, mais aussi plus largement avec les autres composantes de la politique énergétique, notamment nucléaire.

A - Un manque de cohérence préjudiciable à la première programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Si en 2016 la PPE n'a pas atteint son objectif initial d'offrir de la visibilité à la stratégie nationale de développement des EnR (cf. *supra*), son actualisation prévue au cours de l'année 2018 offre l'occasion de corriger les erreurs du passé.

Ainsi, la problématique nucléaire ne peut plus être appréhendée de façon étanche à celle des énergies renouvelables. Plus que jamais, les acteurs de l'énergie aspirent à disposer d'une programmation crédible, réaliste et consolidée de la stratégie énergétique française. La PPE est l'outil pertinent pour l'incarner. En novembre 2017, lorsqu'il a admis la non-réalisation des objectifs formulés en 2016 dans la PPE, le ministre chargé de l'énergie n'a pas remis en cause la cible de 50 % d'électricité de source nucléaire dans le mix ; en revanche son échéance de réalisation se situerait, d'après ses déclarations, entre 2030 et 2035¹⁸². Dès lors, l'actualisation de la PPE 2018 doit être l'occasion de donner une traduction précise et chiffrée assortie d'un calendrier de réalisation des objectifs que la France se fixe en matière de développement des EnR électriques et de dénucléarisation du mix. Selon les déclarations ministérielles formulées et la réponse apportée par le Premier ministre aux observations provisoires de la Cour, c'est dans cet esprit que l'exercice d'actualisation est actuellement réalisé¹⁸³.

En dehors de l'intégration de la déterminante nucléaire, l'actualisation de la PPE devra intégrer les contraintes de réalisation de certaines installations de production, et en particulier les retards qui ont été pris. La trajectoire fixée par la PPE actualisée devrait ainsi être étayée par l'analyse des prérequis nécessaires à sa mise en œuvre : la faisabilité de la mobilisation des différentes filières selon le rythme escompté devrait être analysée et les moyens de politique publique à déployer évalués (articulation des politiques forestières, agricoles, du logement, et de qualité de l'air par exemple). La PPE doit également être objectivée par des considérations économiques et reposer sur une analyse des coûts des différentes filières de production d'énergie, pour pouvoir mieux objectiver les choix de politique de soutien mis en œuvre au regard des objectifs à atteindre (cf. *supra*). Enfin, c'est dans le cadre de l'actualisation de la PPE que la France pourrait clarifier l'ambition industrielle qu'elle souhaite se donner sur le secteur de la production d'EnR (cf. *supra*).

¹⁸² Communication du ministre chargé de l'écologie à l'issue du conseil des ministres du 7 novembre 2017.

¹⁸³ La communication du ministre de la transition écologique et solidaire intervenue en conseil des ministres le 7 novembre 2017 indique que la future trajectoire de la PPE « fixera les orientations en matière de réduction du parc nucléaire existant en intégrant les incertitudes sur les avis futurs de l'autorité de sûreté nucléaire (...) concernant la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs au-delà de leur quatrième visite décennale ».

Plus généralement, l'exercice d'actualisation devra répondre au défi majeur de la programmation énergétique nationale, celui de réconcilier les différents horizons temporels qu'agrège la politique de développement des énergies renouvelables : la mise en cohérence de la PPE par rapport à la trajectoire sur laquelle la France s'est engagée jusqu'en 2030, la vision de très long terme dont les industriels ont besoin dans la conception de leurs projets d'investissement et d'innovation et qui est celle de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC)¹⁸⁴ et la logique budgétaire quinquennale qui constitue le cadre d'analyse budgétaire des dépenses de soutien.

B - Une gouvernance insuffisamment intégrée

1 - Des instances nombreuses

L'élaboration de la politique énergétique et la définition de la stratégie publique à l'égard des énergies renouvelables fait l'objet de concertations au sein de différentes instances. Ces concertations sont essentielles dans la mesure où la réalisation des réalisations de projets EnR font intervenir généralement un nombre d'acteurs très divers. L'alignement des réalisations nationales et territoriales est essentiel pour parvenir à l'atteinte des objectifs globaux de développement, de même que la concertation des administrations et des industriels sur les outils de soutien aux réalisations en matière d'EnR.

Les structures existantes visent à agréger les différentes parties prenantes à la politique énergétique, les administrations, les instances de régulation, les professionnels du secteur et les collectivités territoriales (cf. annexe n° 14). Ces structures de gouvernance sont nombreuses, ce qui confère indéniablement à la gouvernance des EnR un caractère peu lisible. La plupart d'entre elles ont moins de cinq années d'existence et il demeure, à ce stade, difficile de tirer un bilan exhaustif de leur contribution.

Le conseil national pour la transition énergétique (CNTE), créé en 2012 et héritier du Grenelle de l'environnement, est l'instance la plus globale et rassemble la majorité des parties prenantes à la politique énergétique. Il n'est cependant pas un lieu d'arbitrage ni de débat direct sur les questions relatives aux énergies renouvelables. En dehors du CNTE et à la suite de la LTECV (art. 177), un comité d'experts pour la transition énergétique a été créé en 2015. Il est chargé d'émettre des avis sur la PPE et la stratégie bas carbone. Composé d'un nombre restreint de personnalités scientifiques expertes, sa contribution à l'élaboration de la stratégie EnR est difficile à identifier, faute, sans doute de suffisamment de recul sur son activité. En 2016, le comité avait été très critique de l'élaboration de la première PPE¹⁸⁵, notamment sur l'articulation entre la montée en puissance des capacités renouvelables électriques et l'objectif

¹⁸⁴ La stratégie nationale bas carbone est un instrument de pilotage dont la réalisation est prévue par la loi LTECV et qui vise à formaliser la stratégie de long terme de la France pour assurer la réalisation de ses engagements climatiques. Sa première édition a été publiée en novembre 2015 (décret n° 2015-1491 du 18 novembre 2015 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie carbone nationale).

¹⁸⁵ Avis du comité d'experts sur la transition énergétique sur la PPE rendu le 30 juillet 2016.

de réduction de la part du nucléaire à 50 % d'ici 2025¹⁸⁶, sans être pourtant suivi sur le fond. D'autres instances disposent de prérogatives plus circonscrites, à l'image du Conseil supérieur de l'énergie, consulté sur la plupart des textes réglementaires intéressant la politique énergétique. Toutes ces entités s'ajoutent naturellement aux directions administratives intéressées par les politiques de soutien aux EnR (cf. *infra*) ainsi qu'aux opérateurs de l'État comme l'ADEME, et aux instances de régulation à l'image de la CRE.

2 - Une représentativité à renforcer

En dépit de son caractère foisonnant, la gouvernance actuelle dédiée aux EnR ne permet pas de garantir la représentativité de l'ensemble des parties prenantes. La réalisation et l'actualisation de la PPE constitue l'une des trop rares occasions de rassemblement des principales parties prenantes au soutien aux EnR dans le cadre des ateliers de réflexion. Ces occasions de concertation doivent être plus systématiques et non laissées à la seule initiative du ministère chargé de l'énergie. Elles doivent également associer un certain nombre d'acteurs hors État essentiels à l'atteinte des objectifs nationaux.

Ainsi la contribution des collectivités territoriales à l'atteinte des objectifs renouvelables est essentielle, en particulier dans le domaine des EnR thermiques. Les collectivités exercent en effet des compétences réglementaires ayant un impact sur l'implantation d'installations de production, notamment s'agissant du raccordement aux réseaux¹⁸⁷. Elles ont surtout un rôle décisionnaire et financier pour la réalisation de projets d'EnR (ex : installation d'un réseau de chaleur, rénovation thermiques de bâtiments publics, etc.) ainsi qu'un rôle d'animation et d'impulsion fort dans les territoires pour susciter de nouveaux projets et en faciliter la réalisation, en particulier dans le cadre de projets participatifs¹⁸⁸. L'articulation des objectifs énergétiques décidés au niveau national avec la somme des engagements territoriaux constitue donc un enjeu majeur dans la réalisation de la trajectoire d'objectifs, qui est aujourd'hui mal pris en compte. Les objectifs de la PPE ont ainsi vocation à être correctement articulés avec les objectifs sous-jacents à chaque schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) définis dans les schémas régionaux climat air énergie (SRCAE). De même, la coordination entre les dispositifs de soutien nationaux (ex : fonds chaleur, appels d'offres) et les outils déployés par les collectivités (ex : fonds de soutien régionaux) constitue

¹⁸⁶ Extrait de l'avis du 30/07/2017 : « Le traitement des différentes sections est très hétérogène, au-delà de ce que la spécificité de chaque question abordée est en mesure de justifier (...) Certaines sections font l'objet d'une rédaction extensive et analytique (...) d'autres sections (évolution de la demande, parc nucléaire, cycle combustible notamment, n'apportent pas les éléments minimums requis au vu des enjeux couverts, ni en termes de justification des choix, ni en termes d'objectifs et de moyens associés ».

¹⁸⁷ Articles L. 712-1 à L. 712-3 et R. 712-1 à R. 712-12 du code de l'énergie.

¹⁸⁸ Les articles 109 et 110 de la LTECV ouvrent ainsi aux collectivités une participation au capital d'une société anonyme ou d'une société par actions simplifiée dont l'objet social est la production d'énergies renouvelables. Cette prise de participation n'est pas conditionnée au respect d'un seuil ou d'un plafond précis. De même les sociétés commerciales par actions peuvent également proposer, aux citoyens et aux collectivités, de participer au financement de projets de production d'EnR. En Allemagne par exemple, 50 % de la puissance d'électricité renouvelable installée depuis 2000 est détenue par des personnes privées. (*Source* : publication du ministère de la transition écologique et solidaire, THEMA « financement participatif pour la croissance verte », janvier 2017).

un point de vigilance pour assurer une allocation optimale des moyens de soutien. L'intégration des collectivités dans le système actuel de gouvernance apparaît donc perfectible.

La dimension industrielle est également trop faiblement représentée au sein de la gouvernance actuelle des politiques de soutien aux EnR, notamment car les initiatives de structuration des filières industrielles renouvelables n'ont pas abouti. Ainsi, à la suite du Grenelle de l'environnement et des États généraux de l'industrie¹⁸⁹, un comité stratégique des éco-industries (COSEI) a été créé. Couvrant des domaines variés et confronté à des problématiques hétérogènes, le COSEI s'organise autour de groupes de travail thématiques (eau, déchets, énergies renouvelables, efficacité énergétique) et transverses (financement, innovation, emploi, international, relations inter-entreprises). Son secrétariat et son suivi sont assurés par la DGE et le syndicat des énergies renouvelables (SER). Il réunit les pouvoirs publics, les entreprises, les fédérations professionnelles et les syndicats de salariés.

Toutefois, le COSEI ne s'est plus réuni depuis le 2 avril 2015¹⁹⁰. La DGE fait valoir que le périmètre de cette structure était trop large pour réussir à dégager des enjeux communs aux différentes filières et permettre un pilotage efficace. Selon elle, si certains axes de travail ont donné des résultats encourageants (club export, soutien à l'innovation), la représentation des entreprises par le biais des nombreux syndicats professionnels était trop éparpillée pour donner une vision consolidée de la filière, notamment en ce qui concerne le développement industriel.

En 2013, l'un des 34 plans de réindustrialisation formalisé dans le cadre de la première phase de l'initiative *Nouvelle France Industrielle*¹⁹¹ était entièrement dédié aux énergies renouvelables. La Cour n'a toutefois pu identifier aucune mesure concrète conduite à cette occasion, ni aucun bilan formalisé des actions entreprises. En 2015, à la faveur de la refonte de la *Nouvelle France Industrielle*, les énergies renouvelables disparaissent formellement du champ des secteurs industriels promus par les pouvoirs publics. Certaines filières sont absorbées dans des périmètres plus larges, comme ceux de la « ville durable » et « mobilité durable ». D'après la DGE, qui n'était pas favorable à cette évolution, c'est au COSEI, malgré sa mise en sommeil, qu'il revient de suivre les actions engagées pendant la première phase de la *Nouvelle France Industrielle*. Les EnR ne disposent donc pas à ce jour de structure d'animation active pour dynamiser la coordination et la structuration des filières et tenir compte des synergies existantes sur l'ensemble du tissu industriel lié à l'énergie.

¹⁸⁹ Les états généraux de l'industrie avaient été lancés en 2009 et visaient à dresser un état des lieux de l'industrie française et à fournir des éléments d'analyse permettant la redéfinition de la politique industrielle nationale. Le rapport final de cette concertation a été remis le 25 janvier 2010.

¹⁹⁰ Le COSEI a surtout suivi les évolutions réglementaires visant à favoriser l'émergence de solutions techniques innovantes et a accompagné la rédaction de la LTECV. Son groupe de travail le plus actif est le groupe de travail à l'export. Le COSEI s'est ainsi spécifiquement mobilisé à l'occasion de la COP 21 pour démontrer le savoir-faire français en vue de conquérir des marchés. Les volets « innovation » et « financement » ont en revanche largement échappé au COSEI. Il n'a d'ailleurs pas été consulté pour le lancement des actions PIA dans le secteur des EnR et la préparation des feuilles de route associées.

¹⁹¹ L'initiative de la « Nouvelle France industrielle » a été lancée le 12 septembre 2013 par le Président de la République et le ministre chargé de l'industrie. Elle formalisait 34 plans visant à réindustrialiser certains secteurs productifs. Le 18 mai 2015, une nouvelle phase est inaugurée ; elle conduit à supprimer les 34 plans et à consacrer 10 solutions industrielles.

3 - Mieux éclairer la stratégie énergétique

Le caractère peu intégré de la gouvernance des politiques de soutien aux EnR nuit à la cohérence de la stratégie énergétique nationale. Les structures intervenant dans le champ des EnR et celles intervenant dans les autres champs de la politique énergétique, notamment le nucléaire, fonctionnent en silo. Cette étanchéité contrarie l'émergence d'une vision consolidée sur ces sujets dont l'articulation est pourtant essentielle à la cohérence de la politique énergétique (cf. *supra*). En matière de gouvernance, les questions relatives à la production nucléaire se traitent en dehors des instances de gouvernance précédemment citées ; la stratégie est arrêtée à haut niveau et en lien direct avec les grands énergéticiens. Ils émergent notamment au sein du conseil de politique nucléaire créé en 2008 et présidé par le Président de la République. Même au sein du champ des énergies renouvelables, une étanchéité existe entre les structures compétentes et les outils de financement dédiés aux EnR électriques (CRE, CSPE) et celles et ceux fléchés vers les EnR thermiques (ADEME, fonds chaleur).

Parmi l'ensemble des structures précédemment citées, aucune n'est réellement en mesure d'éclairer le gouvernement sur l'ensemble des enjeux relatifs à l'avenir de la politique énergétique, y compris le nucléaire et la chaleur alors qu'il serait nécessaire de construire des scénarii comprenant les questions de réseaux et de stockage, des projections de coûts ou encore des analyses portant sur les problématiques industrielles associées au développement des EnR (cf. *supra*). Ce type d'instances de réflexion et d'aide à la décision existe pourtant dans d'autres secteurs de politiques publiques à l'image du conseil d'orientation des retraites (COR) opérant dans le champ social¹⁹². Les enjeux liés à ces deux politiques publiques ne sont d'ailleurs pas si éloignés : enjeux financiers publics de long terme, multiplicité des parties prenantes, technicité de la réalisation de scénarii prospectifs, etc. La constitution d'un comité pérenne de concertation et de programmation de la politique énergétique apparaît donc souhaitable. Elle se réaliserait au travers d'une nécessaire rationalisation des structures déjà existantes.

Cette nouvelle instance pourrait utilement opérer la synthèse de travaux réalisés par les différents opérateurs et structures intervenant dans le champ des EnR (ADEME, CRE, RTE, etc.) et associer en son sein des membres de l'administration et des industriels. Sa mise en place pourrait se faire selon des modalités différentes, en faisant évoluer le cas échéant les structures déjà existantes. Ainsi pourrait-il être envisagé d'élargir les missions et la composition du comité d'experts pour la transition énergétique et de le rattacher aux services du Premier ministre, ou d'étendre les missions du conseil de politique nucléaire aux énergies renouvelables pour faire émerger un véritable conseil de politique énergétique.

Dans sa réponse aux observations provisoires de la Cour, le Premier ministre indique partager les analyses de la Cour et envisager la création d'un « *comité dédié à la prospective, qui rassemblerait des expertises multiples, tant publiques que privées, dans le but de contribuer à la production de consensus technique et scientifique sur l'avenir de notre système énergétique (...)* Cette instance serait chargée de suivre la réalisation des grands objectifs de la politique de l'énergie, notamment des documents de planification comme la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Outre son rôle de suivi, elle pourrait éclairer le Gouvernement sur les évolutions technologiques et économiques, voire sociales dans le secteur

¹⁹² Créé en 2000, le Conseil d'orientation des retraites (COR) a vu son rôle consacré et élargi par les lois n° 2003-775 du 21 août 2003 et n° 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites.

de l'énergie, et recommander le cas échéant des évolutions des orientations de l'État pour en tenir compte ». D'après cette réponse, cette structure émergerait au préalable d'une rationalisation des instances de concertation intervenant dans le domaine de l'énergie. Le Premier ministre ne précise toutefois pas l'étendue des compétences de la structure envisagée ni le périmètre de rationalisation des instances existantes. Pour autant, la réflexion engagée, si elle était confirmée dans les faits, serait de nature à répondre aux observations et à la recommandation formulées par la Cour.

III - Une organisation interministérielle à renforcer

A - Des erreurs de pilotage ayant freiné le développement des capacités d'énergies renouvelables

L'animation de la politique de soutien aux énergies renouvelables au cours de la période sous revue a été marquée par un certain nombre de dysfonctionnements préjudiciables au développement des EnR comme à la maîtrise de leurs coûts, en partie du fait des difficultés juridiques rencontrées avec les règles communautaires.

À titre d'illustration, l'annulation par le Conseil d'État de l'arrêté du 17 novembre 2008 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant de l'énergie éolienne s'appuyait sur le défaut d'interprétation par l'État des règles européennes relatives aux aides d'État. La juridiction administrative avait estimé que les mécanismes de soutien étaient constitutifs d'une aide d'État et devaient à ce titre faire l'objet d'une notification à la Commission. Un nouvel arrêté a été publié en 2014¹⁹³. Toutefois, la réforme de la CSPE (cf. *supra*) a remis en cause l'agrément européen obtenu par ce nouvel arrêté : la Commission a souhaité que la France procède à une nouvelle notification du tarif d'achat, jugeant que le mécanisme de soutien français n'était plus compatible avec ses lignes directrices. La France s'est alors retrouvée contrainte de passer rapidement au mécanisme de complément de rémunération, en 2017.

L'absence de notification des aides aux EnR a d'ailleurs généré un contentieux de masse à l'encontre de l'ancien mécanisme de la CSPE (cf. *supra*). Les régimes de plafonnement et d'exonérations de l'ancienne CSPE ont également constitué des aides d'État non notifiées pour lesquelles la Commission européenne a ouvert une enquête en mars 2014, engendrant un risque de remboursement pour les entreprises concernées.

Enfin la création du CAS transition énergétique a donné lieu des discussions avec la Commission européenne au titre du respect des règles de l'Union douanière. La Commission a en effet considéré, que, lorsqu'en 2016 (cf. *supra*), le CAS bénéficiait des ressources de la nouvelle CSPE (ancienne TICFE), l'électricité renouvelable importée, bien qu'assujettie à la CSPE, ne bénéficiait pas en retour des recettes de cette taxe, affectées au développement des EnR sur le territoire national. Pour lever cette difficulté, la solution, acceptée par la

¹⁹³ Arrêté du 17 juin 2014 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent implantées à terre.

Commission, a donc consisté à supprimer le lien d'affectation entre les recettes de CPSE et le CAS qui finance le soutien aux EnR.

Par ailleurs, s'agissant du respect des règles communautaires relatives au droit de la concurrence, la France fait également l'objet depuis octobre 2015 d'une procédure anti-trust ouverte par la Commission européenne. La France a en effet pris du retard avec la pleine application prescrite par les règles communautaires de l'attribution des concessions hydroélectriques sur la base d'une procédure compétitive. La Cour des comptes a, à de multiples reprises, constaté les carences de l'État en la matière¹⁹⁴.

B - Une insuffisante coordination entre directions

Les acteurs ministériels intéressés à la définition et à la mise en œuvre des politiques de soutien aux énergies renouvelables sont nombreux. La responsabilité principale de celles-ci revient au ministère chargé de l'énergie. D'autres acteurs ministériels ont également à connaître ou à contribuer à ces politiques. C'est le cas naturellement des ministères financiers et du ministère chargé de l'industrie, mais également du ministère chargé de l'agriculture et de la forêt pour la mobilisation de la biomasse, du ministère de l'Intérieur s'agissant de l'implantation de certaines installations de production d'EnR, ou encore du ministère chargé de la recherche.

Le pilotage de la politique de soutien aux énergies renouvelables reste néanmoins marqué par le rôle prépondérant de la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) au sein du ministère de la transition écologique et solidaire¹⁹⁵. Elle a en charge la plupart des prérogatives de gestion de cette politique publique, en particulier la préparation des objectifs de programmation énergétique, la fixation des réglementations applicables aux installations d'EnR, la définition des tarifs d'achat, la signature des appels d'offres, l'instruction des dossiers et l'animation territoriale des projets d'EnR électriques, etc. Cette situation, si elle n'est pas illégitime, est toutefois en pratique préjudiciable au pilotage des politiques de soutien aux EnR.

D'abord, les moyens de cette direction sont limités face à l'ampleur des tâches qu'elle doit remplir¹⁹⁶. Par rapport à d'autres pays européens (Danemark, Allemagne, Pays-Bas), les services de la DGEC sont réduits : nos voisins disposent d'une quarantaine de personnes en charge des projets EnR dans les équipes publiques, contre une petite douzaine à la DGEC.

Surtout, au regard des enjeux associés à cette politique, les autres directions ministérielles intéressées sont particulièrement peu associées au pilotage de la politique de soutien. Si elle ne remet pas en cause la prépondérance du ministère chargé de l'énergie et le rôle de la DGEC dans le pilotage des politiques de soutien aux EnR, la Cour constate qu'au regard de ses enjeux, cette politique mérite un dialogue interministériel plus nourri. Les services du Premier ministre

¹⁹⁴ Référé du 2 septembre 2013 *Renouvellement des concessions hydroélectriques*. Notes d'exécution budgétaire annuelles du compte de commerce n° 914 *Renouvellement des concessions hydroélectriques*.

¹⁹⁵ L'intégralité des missions de la DGEC sont restituées au sein de l'article 4 du décret n° 2008-680 du 9 juillet 2008 portant organisation de l'administration centrale du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire.

¹⁹⁶ Le projet annuel de performance 2017 de la mission Écologie, développement et mobilités durables indique un plafond d'emplois fixé à 218 ETP pour la DGEC, destiné à effectuer l'ensemble de ces missions (y compris extérieures au champ des EnR) auquel il faut ajouter une partie des 550 ETP des services déconcentrés des DREAL. Le PAP indique que 40 % de ces effectifs locaux sont consacrés aux politiques énergie et climat.

doivent en particulier être associés à la définition de la stratégie énergétique dans le cadre de la PPE et dans le suivi de l'exécution de celle-ci, ce qui est très insuffisamment le cas à ce jour.

Le ministère chargé des finances, du budget et de l'industrie intervient quant à lui de manière dispersée, sans disposer du levier important que constitue l'exercice d'une procédure budgétaire annuelle classique. Pour des raisons historiques qui tiennent à l'impératif de protection du consommateur face aux acteurs du système électrique, la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) instruit pour le ministère les projets d'arrêtés tarifaires qui font ensuite l'objet d'une signature conjointe des ministres chargés des finances et de l'énergie. Aucune intervention (consultation en amont, validation des montants, discussion autour des clauses, etc.) n'est toutefois prévue s'agissant des appels d'offres qui constituent pourtant désormais le droit commun des dispositifs de soutien (80 % des installations électriques).

La direction générale du Trésor, l'agence des participations de l'État, et la direction générale des entreprises (DGE) restent focalisées sur les principaux objets et acteurs du système historique – EDF et AREVA – et le devenir des sites d'anciens grands industriels comme Alstom. La participation de l'État à l'actionnariat d'EDF et d'AREVA, acteurs mondiaux de la filière nucléaire, peut d'ailleurs rendre difficiles des arbitrages de l'État entre objectifs contradictoires¹⁹⁷. Ces directions restent également attachées à la préservation de conditions de production compétitives pour l'industrie française (faibles prix de l'énergie pour les industriels). La DGE est peu engagée sur les questions industrielles liées aux énergies renouvelables, faute de moyens humains qui y sont consacrés en interne¹⁹⁸ et faute d'une visibilité suffisante au sein du jeu interministériel. Si elle participe aux principales instances associées à la définition de la stratégie énergétique, sa contribution à la définition des arbitrages stratégiques réalisés dans le cadre de la préparation de la PPE est limitée. Elle ne participe pas non plus aux processus deancements d'appels d'offres destinés à installer de nouvelles capacités.

Si la création du CAS *transition énergétique* a permis de mettre en œuvre un dialogue interministériel entre la DGEC et les ministères chargés des finances et du budget, ce dialogue demeure perfectible. Il est également essentiel, au-delà des seules questions budgétaires, de faire entrer les politiques de soutien aux énergies renouvelables dans le cadre usuel du dialogue interministériel. Dès lors que l'ensemble des ministères intéressés seront davantage associés aux enjeux des politiques de soutien aux EnR, il est probable – et souhaitable – que les services du Premier ministre recourent davantage à des arbitrages sur les questions les plus cruciales ayant trait à ces politiques. La mise en place en leur sein d'une structure interministérielle légère, à l'image d'un secrétariat ou d'un comité interministériel, pourrait alors apparaître opportune.

¹⁹⁷ Cour des comptes, *Rapport public thématique, l'État actionnaire*, disponible sur www.ccomptes.fr

¹⁹⁸ D'après la DGE, moins de 2 ETP sont consacrées aux problématiques industrielles renouvelables à la DGE.

CONCLUSION, ORIENTATION ET RECOMMANDATIONS

Le dispositif d'encadrement budgétaire des dépenses de soutien aux énergies renouvelables électriques n'est, à l'heure actuelle, pas suffisamment opérant, en dépit du progrès qu'a représenté la réforme de la CSPE. De même qu'il est indispensable d'assoir la politique énergétique sur des arbitrages rationnels, fondés sur la prise en compte du coût complet des différentes technologies, il serait également nécessaire de mieux associer le Parlement à la définition des nouveaux engagements de soutien aux énergies renouvelables.

La définition de la stratégie énergétique dans laquelle s'inscrit la montée en puissance des EnR doit faire l'objet d'une même recherche de cohérence et de fiabilisation. De ce point de vue, l'actualisation de la PPE qui interviendra en 2018 doit être l'occasion d'une articulation claire entre les objectifs d'intégration des EnR dans le mix énergétique et les arbitrages retenus s'agissant de la réduction de la part du nucléaire dans le mix électrique. Cette articulation pourra être favorisée par une intégration plus forte des structures de gouvernance œuvrant dans le champ de la politique énergétique dont aucune n'est à ce jour capable d'éclairer complètement les choix gouvernementaux sur ce sujet.

Enfin, au sein des services de l'État, le pilotage des politiques de soutien aux EnR doit gagner en efficacité. Aujourd'hui concentré entre les mains de la DGEC, il doit faire l'objet d'arbitrages interministériels systématiques sur les questions d'importance stratégique, en dehors du seul champ budgétaire et à haut niveau, associant notamment les grandes directions des ministères chargés de l'économie et de l'industrie.

En conséquence la Cour formule l'orientation suivante :

- 2. mieux associer le Parlement à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables (EnR) et des volumes financiers de soutien aux EnR.*

La Cour formule en outre les recommandations suivantes :

- 5. créer, à l'image 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.*
-

Conclusion générale

La politique énergétique française, redéfinie par les objectifs de la loi de transition énergétique pour une croissance verte, est en profonde mutation. La production électrique, aujourd'hui principalement nucléaire, doit se préparer à l'arrêt progressif des plus anciennes centrales nucléaires, tout en intégrant graduellement les énergies de source renouvelable. La production de chaleur doit plus fortement contribuer à l'objectif de décarbonation du mix énergétique français qu'elle ne le fait aujourd'hui et surmonter ainsi le caractère fragmenté de ce secteur qui agrège de multiples décisions individuelles.

Ces évolutions s'inscrivent dans un contexte énergétique mondial très mouvant, dans lequel le coût des énergies renouvelables continue de baisser, tout comme celui de certaines énergies fossiles. Elles incluent par ailleurs de nouveaux modes de programmation énergétique, dans lesquels la production d'énergie décentralisée revient à l'ordre du jour, les frontières entre production et usages sont moins étanches, de même que les synergies entre secteurs de consommation. Le domaine du stockage de l'électricité illustre ainsi les nouvelles possibilités qui commencent à s'offrir à l'utilisateur, de produire sa propre électricité, de l'auto-consommer dans son logement, puis de stocker le surplus d'énergie qu'il produirait en dehors de ses périodes de consommation habituelles.

La programmation énergétique peine aujourd'hui à intégrer toutes ces nouvelles dimensions. Elle parvient difficilement à se fonder sur une analyse réaliste des prix constatés pour la production d'énergie en France, dans la mesure où ceux-ci se forment sous l'effet conjoint de divers mécanismes tels que l'évolution des cours mondiaux des énergies fossiles, le fonctionnement du marché carbone européen, la libéralisation du marché de l'électricité, le maintien de certains tarifs régulés, le subventionnement des énergies renouvelables ou encore le provisionnement de charges futures de démantèlement. Elle doit par ailleurs appréhender le difficile arbitrage entre vecteurs énergétiques (électricité, gaz et chaleur), dont la pertinence se modifie en raison de l'émergence de nouveaux usages (développement des véhicules électriques ou au gaz par exemple), ainsi que de nouvelles perspectives de production. Elle doit enfin effectuer le difficile choix des outils de régulation et d'orientation, qui peuvent combiner, avec des pondérations diverses, taxation (composante carbone des taxes intérieures de consommation), réglementation, subventionnement, et déductions fiscales.

La complexité de l'exercice ne doit cependant pas conduire à renoncer à certains principes directeurs, garantissant rationalité économique et bon usage des deniers publics. Le présent rapport a cherché à rappeler un certain nombre de principes, en soulignant la manière dont la politique de soutien aux EnR s'en était parfois écartée ces dernières années.

Parmi les principes qui doivent guider la programmation énergétique, la Cour met en avant la nécessaire transparence des coûts et des prix de production (et donc des rentabilités associées au développement des projets), celle des volumes de soutien mobilisés pour développer certaines filières, l'explicitation des critères d'arbitrage entre filières à partir de cette connaissance, la mise en cohérence des arbitrages réalisés entre les différentes filières (notamment entre la filière nucléaire et les filières EnR électriques) et la clarification des ambitions industrielles. Les principes qui doivent guider la mise en œuvre des dispositifs permettant la traduction concrète de la programmation, reposent quant à eux sur la lisibilité et

la simplicité, l'adéquation des moyens aux objectifs fixés (dont l'exemple du fonds chaleur illustre l'intérêt), l'adaptation des dispositifs aux meilleures pratiques en termes de maîtrise des volumes de subvention accordés, etc.

Ces principes ne pourront être pleinement appliqués sans un cadre de gouvernance repensé. Le Parlement doit être mieux associé à la définition des objectifs de développement des énergies renouvelables (EnR) et des volumes financiers de soutien aux EnR. La définition de la programmation énergétique ne peut se faire que dans un cadre interministériel renforcé, sous l'égide du Premier ministre, apportant ainsi la légitimité nécessaire à la prise de décisions stratégiques et garantissant l'alignement des ministères dans leur mise en œuvre. Ce cadre renouvelé permettra également de mieux asseoir les critères de succès de la politique conduite et de clarifier les ambitions associées à sa mise en œuvre.

Glossaire

AAP	Appel à projets
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AE	Autorisation d'engagement
AIE	Agence internationale de l'énergie
AMI	Appel à manifestation d'intérêts
ANCRE	Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie
ANR	Agence nationale de la recherche
AO	Appel d'offres
APE	Agence des participations de l'État
BCIAT	« Biomasse Chaleur Industrie, Agriculture, Tertiaire », appel à projets national annuel du fonds chaleur pour la production de chaleur issue de la biomasse
CAS	Compte d'affectation spéciale
CDC	Caisse des dépôts et consignation
CEE	Certificat d'économies d'énergie
CET	Chauffe-eau thermodynamique
CGDD	Commissariat général au développement durable
CITE	Crédit d'impôt pour la transition énergétique
CNTE	Conseil national pour la transition énergétique
COSEI	Comité stratégique des filières éco-industries
CP	Crédit de paiement
CPER	Contrat de plan État-Région
CRE	Commission de régulation de l'énergie
CSE	Conseil supérieur de l'énergie
CSF	Comité stratégique de filière
CSPE	Contribution au service public de l'électricité
CTSS	Contribution au tarif spécial de solidarité
DB	Direction du budget (MINEFI)
DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (MINEFI)
DGE	Direction générale des entreprises (MINEFI)
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat (MTES)
EGG	<i>Erneuerbare Energien Gesetz</i> , loi allemande sur les énergies renouvelables
ELD	Entreprise locale de distribution
EnR	Énergies renouvelables
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
EU-ETS	<i>European Emissions Trading System</i> , marché européen de régulation des émissions de gaz à effet de serre

FASEP.....	Fonds d'étude et d'aide au secteur privé (soutien à l'export)
FEDER.....	Fonds européen de développement régional
IAB.....	Intégration au bâti - en anglais <i>Building-integrated photovoltaics</i> (BIPV)
ICPE.....	Installations classées pour la protection de l'environnement
INES.....	Institut national de l'énergie solaire
IRENA.....	<i>International renewable energy agency</i> (Agence internationale pour les énergies renouvelables)
ISDND.....	Installations de stockage de déchets non-dangereux
ITE.....	Institut pour la transition énergétique
LTECV.....	Loi pour la transition énergétique et la croissance verte
Mbtu.....	<i>Mega British Thermal Unit</i> , unité de mesure d'énergie thermique (1 btu= 252 calories)
MINEFI.....	Ministère de l'économie et des finances
MTES.....	Ministère de la transition écologique et solidaire
NTE.....	Nouvelles technologies émergentes (appel à projets de l'ADEME)
OM.....	Ordures ménagères
PAC.....	Pompe à chaleur
PIA.....	Programme des investissements d'avenir
PNA.....	Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables (2009-2020).
PPE.....	Programmation pluriannuelle de l'énergie
PV.....	Photovoltaïque (solaire)
RT 2012.....	Réglementation thermique des bâtiments 2012
SER.....	Syndicat des énergies renouvelables
SGAE.....	Secrétariat général des affaires européennes
SNBC.....	Stratégie nationale bas carbone
SNMB.....	Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse
SNRE.....	Stratégie nationale de la recherche énergétique
SRCAE.....	Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie
SSC.....	Système solaire combiné (eau-chaude sanitaire et chauffage solaires thermiques)
STEP.....	Station de transfert d'énergie par pompage
TEP.....	Tonne d'équivalent pétrole, unité de mesure de l'énergie (1 tep =11 630 kWh)
TIC.....	Taxe intérieure de consommation
TICFE.....	Taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité
TICGN.....	Taxe intérieure sur la consommation finale de gaz
TICPE.....	Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques
TURPE.....	Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité
UIOM.....	Unité d'incinération d'ordures ménagères
ZDE.....	Zones de développement de l'éolien
ZNI.....	Zones non-interconnectées

Annexes

Annexe n° 1 : saisine de la Présidente de la commission des finances du Sénat	94
Annexe n° 2 : courrier du Premier président à la Présidente de la commission des finances du Sénat	95
Annexe n° 3 : liste des personnes rencontrées.....	96
Annexe n° 4 : répartition des objectifs européens fixés pour 2020	98
Annexe n° 5 : comparaisons internationales	99
Annexe n° 6 : objectifs fixés par filières dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)....	103
Annexe n° 7 : présentation du mix renouvelable électrique et thermique.....	105
Annexe n° 8 : valeur des marchés et de la production économique nationale des EnR	106
Annexe n° 9 : présentation des emplois par filière.....	107
Annexe n° 10 : dispositifs de soutien aux EnR	108
Annexe n° 11 : hypothèses relatives aux prévisions de charges de service public de l'énergie.....	110
Annexe n° 12 : détail des soutiens publics accordés aux énergies renouvelables	111
Annexe n° 13 : détail des montants engagés sur la recherche et l'innovation.....	114
Annexe n° 14 : principales instances de concertation sur la politique énergétique.....	116

Annexe n° 1 : saisine de la Présidente de la commission des finances du Sénat

R É P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

KCC A1607866 KZZ
20/12/2016



Monsieur Didier MIGAUD
Premier président de la
Cour des comptes
13, rue Cambon
75100 PARIS CEDEX 01

Paris, le 19 décembre 2016

N/Réf. : XV/16-269

MICHÈLE ANDRÉ

PRÉSIDENTE
DE LA COMMISSION
DES FINANCES

Monsieur le Premier président,

J'ai l'honneur de vous demander, au nom de la commission des finances du Sénat, la réalisation par la Cour des comptes, en application de l'article 58-2° de la loi organique du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances, de cinq enquêtes portant respectivement sur :

- la chaîne de paiement des aides agricoles (organisation, coûts et efficacité) et l'Agence de services et de paiement (ASP),
- le soutien aux énergies renouvelables,
- le recours aux personnels contractuels dans l'éducation nationale,
- les matériels et équipements de la police et de la gendarmerie (acquisition et utilisation),
- le programme « Habiter mieux ».

Ces enquêtes pourraient être remises de manière échelonnée entre janvier et mars 2018.

Comme à l'accoutumée, le choix de ces sujets a fait l'objet d'échanges préalables entre le secrétariat de la commission des finances et le Rapporteur général de la Cour des comptes.

Je vous prie de croire, Monsieur le Premier président, à l'assurance de mes sentiments les meilleurs.

Michèle ANDRÉ

15, RUE DE VAUGIRARD - 75291 PARIS CEDEX 06 - TÉLÉPHONE : 01 42 34 29 76

Annexe n° 2 : courrier du Premier président à la Présidente de la commission des finances du Sénat

Cour des comptes



Le Premier président

1700138

Le 11 JAN, 2017

Madame la Présidente,

En réponse à votre courrier en date du 19 décembre dernier concernant la réalisation d'enquêtes en application de l'article 58-2 de la loi organique n° 2001-692 du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances, j'ai le plaisir de vous confirmer que la Cour devrait être en mesure de réaliser les travaux que vous avez demandés.

Les enquêtes sur *la chaîne des aides agricoles (organisation, coûts et efficacité) et l'Agence de services et de paiement*, préparée par la septième chambre, présidée par Mme Evelyne Ratte, et sur *le soutien aux énergies renouvelables*, réalisée par la deuxième chambre de la Cour, présidée par M. Guy Piolé, pourront être transmises au mois de janvier 2018.

Les communications relatives aux *personnels contractuels dans l'éducation nationale*, préparée par la troisième chambre de la Cour, présidée par Mme Sophie Moati, et au *programme Habiter mieux*, réalisée par la cinquième chambre de la Cour, présidée par M. Pascal Duchadeuil, vous seront remises au mois de février 2018.

Le rapport sur *les matériels et équipements de la police et de la gendarmerie (acquisition et utilisation)* sera réalisé par la quatrième chambre de la Cour, présidée par M. Jean-Philippe Vachia, et vous sera remis en mars 2018.

Je vous propose que, comme les années précédentes, des échanges entre les rapporteurs spéciaux et les présidents de chambre et magistrats concernés puissent avoir lieu très rapidement afin de préciser le champ, l'approche et la date de remise de ces enquêtes.

M. Henri Paul, Rapporteur général du comité du rapport public et des programmes, se tient à votre disposition sur l'ensemble de ces sujets.

Je vous prie d'agréer, Madame la Présidente, l'expression de ma haute considération.


Didier Migaud

Madame Michèle André
Présidente de la Commission des
finances
SÉNAT
15, rue de Vaugirard
75006 Paris

Annexe n° 3 : liste des personnes rencontrées

Organisme	Personnes rencontrées
<i>ADEME</i>	M. Rémi CHABRILLAT, Directeur Productions et énergies durables M. David MARCHAL, Chef de service adjoint Réseaux et Énergies Renouvelables
<i>Commissariat à l'énergie atomique (CEA)</i>	M. Vincent BERGER, Directeur de la Recherche Fondamentale
<i>Commissariat Général à l'Investissement (CGI)</i>	M. Ivan FAUCHEUX, Directeur de programme énergie et économie circulaire
<i>Commission de régulation de l'énergie (CRE)</i>	M. Brice BOHUON, Directeur général M. Christophe LEININGER, Directeur du développement des marchés et de la transition énergétique M. Adrien THIRION, Chef du département Dispositifs de soutien aux EnR
<i>Direction du budget</i>	M. Denis CHARISSOUX, Sous-directeur (4e sous-direction) M. Nicolas LAGNOUS, Chef du bureau développement durable (4BDD) M. Olivier DUFREIX, Rédacteur (4BDD)
<i>Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)</i>	Mme Virginie SCHWARZ, Directrice de l'énergie M. Pascal DUPUIS, Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique M. Olivier DAVID, Sous-directeur du système électrique et des énergies renouvelables
<i>Direction générale de la recherche et de l'innovation (DGRI)</i>	M. Alain BERETZ, Directeur général de la recherche et de l'innovation
<i>Direction générale des entreprises (DGE)</i>	M. Julien TOGNOLA, Chef du service de l'Industrie M. Marc GLITA, Chef du bureau des industries de l'énergie

Organisme	Personnes rencontrées
<i>DG Trésor</i>	<p>M. Benjamin DELAUZIER, Sous-directeur « politiques sectorielles »</p> <p>M. Alexis LOUBLIER, Chef du bureau POLSEC 3</p> <p>M. Arthur SOULETIE, Adjoint au chef de bureau POLSEC 3</p> <p>Mme Laetitia DUFAY, Chef du bureau « Pôle secteurs prioritaires à l'international »</p>
<i>France Stratégie</i>	Mme Bérangère MESQUI, Directrice du Département Développement Durable et Numérique
<i>Institut national de l'énergie solaire (INES)</i>	M. Philippe MALBRANCHE, Directeur général
<i>Syndicat des énergies renouvelables (SER)</i>	<p>M. Jean-Louis BAL, Président</p> <p>M. Alexandre ROESCH, Délégué général</p>

Annexe n° 4 : répartition des objectifs européens fixés pour 2020

Tableau n° 9 : objectifs fixés par la directive 2009/28/CE

<i>Pays</i>	Objectif pour la part d'énergie produite à partir de source renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute en 2020 (en %)	Part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute en 2014 (en %)	Part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute en 2005 (en %)
Suède	49	52,6	39,8
Finlande	38	38,7	28,5
Danemark	30	29,2	17
Autriche	34	33,1	23,3
Portugal	31	27	20,5
France	23	14,3	10,3
Espagne	20	16,2	8,7
Allemagne	18	13,8	5,8
Grèce	18	15,3	6,9
Italie	17	17,1	5,2
Irlande	16	8,6	3,1
Royaume-Uni	15	7	1,3
Pays-Bas	14	5,5	2,4
Belgique	13	8	2
Luxembourg	11	4,5	0,9
UE - 28	20	16	8,4

Sources : directive 2009/28/CE et Eurostat

Annexe n° 5 : comparaisons internationales

Allemagne

Si l'Allemagne a poursuivi une politique globalement comparable à celle intervenue en France, sa transition énergétique répond à des problématiques différentes, puisqu'il s'est peu à peu fondé sur un double objectif, celui de sortir définitivement du nucléaire¹⁹⁹ et celui de réduire le recours au charbon²⁰⁰ encore significatif dans le mix allemand. Des cibles ambitieuses de pénétration des EnR dans la consommation énergétique ont donc été fixées (18 % d'EnR dans la consommation finale brute d'énergie d'ici 2020, 40 % d'ici 2025 et 50-60 % d'EnR d'ici 2035).

La politique de soutien aux EnR allemandes a véritablement émergé en 2000 au travers de la loi dite *EEG*, grâce à laquelle l'Allemagne a favorisé le développement de filières électriques renouvelables en instituant un accès prioritaire au réseau et un tarif d'achat pendant vingt ans au bénéfice des producteurs. Ce dispositif a toutefois rapidement généré un coût important pour les finances publiques, évalué à plus de 20 Md€ par an depuis 2013²⁰¹. Deux révisions successives de la loi EEG ont alors été adoptées en 2014 et 2016 pour mettre le cadre de soutien allemand en conformité avec les prescriptions européennes et garantir la soutenabilité de ce soutien. Les tarifs d'achats ont donc progressivement disparu au profit d'une commercialisation directe de l'électricité produite assortie d'une prime de marché. Comme la France, l'Allemagne recourt depuis 2016 à des procédures d'appel d'offres. Elle disposait en 2015 du premier parc EnR électrique européen : l'éolien représentait en 2015 près de 12,2 % de la production électrique allemande et le PV 6 %.

Longtemps conçu pour favoriser le développement des seules EnR électriques, le cadre de soutien allemand aux EnR s'est adapté afin de promouvoir la production de chaleur renouvelable. Depuis 2009, ce soutien repose sur des dispositions réglementaires rendant obligatoire l'utilisation partielle de chaleur renouvelable dans tous les bâtiments neufs, ainsi que dans les bâtiments publics existants. Un programme d'aide à l'investissement spécifique a été conçu dans le même temps. Enfin, outre ces dispositifs de soutien direct, l'Allemagne a mis en place une politique active d'aide à la recherche dans le domaine des EnR électriques et thermiques, par le biais du sixième programme de recherche énergétique fédéral lancé en 2015 qui a alloué près de 300 millions d'euros à la recherche sur les EnR. Pour l'avenir, la montée en puissance des EnR nécessitera d'autres investissements particulièrement lourds pour adapter les réseaux et assurer la gestion de l'intermittence énergétique, estimés à environ 40 Md€²⁰² sur la prochaine décennie.

Sur le plan industriel, l'Allemagne est, depuis 2009, le premier marché européen pour les énergies renouvelables²⁰³, porté notamment par le poids de l'éolien, du photovoltaïque et du biogaz. Le pays est parvenu à développer des filières renouvelables solides en particulier dans le secteur éolien, dans un contexte de concurrence internationale pourtant exacerbée. Ce succès repose à la fois sur les dispositifs de soutien volontaristes, mais aussi sur la compétitivité du tissu industriel allemand ainsi que sur le fort consensus en faveur des EnR qui prévaut dans le pays.

¹⁹⁹ L'énergie de source nucléaire représente près de 14,2 % de la production brute d'électricité en 2015.

²⁰⁰ Près de 18 % de la production brute d'électricité en Allemagne en 2015 provenait du charbon.

²⁰¹ *Source* : ministère de l'économie et des finances allemand.

²⁰² D'après les estimations des quatre gestionnaires de réseaux de transports formulées dans le plan de développement du réseau d'électricité 2024 (*Netzentwicklungsplan*).

²⁰³ Le marché allemand des énergies renouvelables pour l'année 2015 s'élevait ainsi à 27 milliards d'euros.

Suède

En matière d'énergies renouvelables, la Suède fait figure d'exemple au sein de l'Union européenne car les EnR y représentent plus de la moitié de la consommation brute finale d'énergie et la cible de pénétration de 49 % d'EnR dans la consommation d'ici 2020 a été dépassée dès 2015. Les énergies renouvelables atteignaient au début de l'année 2016 près de 54 % de la consommation énergétique finale de la Suède. D'ici 2030, le pays ambitionne de faire passer cette part à 65 % de la consommation finale brute d'énergie. Ainsi, les émissions nationales de gaz à effet de serre suédoises ont été réduites de 27 % depuis 1995, contre 16 % en France, essentiellement grâce à la disparition des combustibles fossiles dans le secteur du chauffage.

Pour atteindre ces performances, la Suède a pu compter sur des ressources naturelles très riches, mais également sur une politique environnementale volontariste assise sur un consensus politique solide et ancien en faveur des énergies renouvelables. À la différence de la France, le spectaculaire développement des EnR suédoises a concerné de façon relativement homogènes les EnR électriques et thermiques²⁰⁴. La transition énergétique suédoise a conduit au développement d'un mix énergétique assez peu diversifié, reposant principalement sur l'hydraulique²⁰⁵, l'éolien terrestre, la biomasse-bois et les biocarburants, faute de ressources plus diversifiées, notamment dans le domaine de l'énergie solaire.

Contrairement à beaucoup de pays européens, ce n'est pas grâce à la multiplication de dispositifs de soutien que la Suède est parvenue à développer massivement sa production d'énergies renouvelables. Elle s'est davantage appuyée sur le levier fiscal dès 1991, *via* une taxe carbone élevée (120 €/tCO₂) rendant le recours aux énergies fossiles particulièrement prohibitif. Quelques dispositifs de subventions ont également été mis en place pour l'écoconstruction, la microproduction d'électricité ou encore le stockage. Parallèlement, la Suède a mis en place jusqu'en 2030 un mécanisme de certificats verts. Enfin, les filières suédoises bénéficient d'une subvention directe de 130 M€ de l'agence suédoise de l'énergie pour des projets de R&D consacrés aux énergies renouvelables. Cette subvention directe à la recherche est complétée par des investissements d'un montant équivalent de la part du secteur privé.

Le volontarisme politique en faveur des EnR a nettement profité à l'industrie suédoise : en 2014, le chiffre d'affaires des entreprises opérant dans le champ du renouvelable était de 27 Md€ et le secteur comptait près de 47 300 emplois. À l'avenir, l'augmentation de la part des EnR dans la production d'énergie suédoise devrait reposer sur le remplacement progressif des capacités nucléaires d'ici 2045 qui représentent aujourd'hui près de 30 % du mix électrique du pays.

²⁰⁴ En 1980, la part des combustibles fossiles pour le chauffage des logements suédois atteignait par exemple près de 60 % ; en 2015, elle n'était plus que de 2 % grâce au très fort développement de la filière biomasse-bois (*source* : statistiques de l'agence suédoise pour l'énergie).

²⁰⁵ Près de 47 % de l'électricité produite en Suède en 2015 provenait de l'hydroélectricité (*source* : STEM)

Espagne

L'Espagne a conduit depuis la fin des années 1990 une politique volontariste de soutien aux EnR destinée à accompagner sa transition énergétique en réduisant son parc de centrales au charbon et à rééquilibrer sa dépendance énergétique²⁰⁶. Au travers d'un plan de développement pour la période 1999-2010, les filières éolienne et solaire ont ainsi été les principales bénéficiaires de la politique de soutien public déployée. Comme en France, un système très favorable de subventions aux producteurs d'EnR électriques a été mis en place, fondé sur un accès prioritaire au réseau et un système de prix garantis *via* des tarifs d'achats, assorti de primes par kWh produit. Ce dispositif de soutien a permis aux EnR - portées notamment par l'énergie éolienne - de constituer la première source de production d'électricité au sein du mix espagnol²⁰⁷ et de créer un tissu industriel relativement performant.

Rapidement, ce cadre très incitatif a conduit à la formation d'une bulle spéculative et à des surcoûts importants pour les finances publiques espagnoles²⁰⁸. Un rééquilibrage est donc intervenu en 2014 : depuis cette date, les installations en service sont garanties par le principe dit « de rentabilité raisonnable », dont le taux est fixé à 7,5 %, c'est-à-dire bien en deçà de leur niveau de rentabilité antérieure. En conséquence, la dynamique de croissance des capacités renouvelables électriques a été freinée pour le solaire et l'éolien terrestre. Aucun projet d'éolien *offshore* n'est envisagé avant 2022.

Malgré ces dérives, ce cadre a toutefois permis de stimuler les opportunités industrielles espagnoles dans le domaine énergétique. Ainsi, la bonne santé de l'industrie renouvelable acquise aujourd'hui s'explique pour partie par le positionnement précoce du pays en faveur des EnR qui a permis le développement de filières industrielles très tôt positionnées à l'export et leader technologiquement. Le modèle espagnol a permis de faire émerger de grands acteurs tournés vers l'exportation, comme IBERDROLA (énergéticien), GAMESA (turbiniériste éolien), ABENGOA (photovoltaïque et biomasse) ou ACCIONA (solaire thermodynamique et biomasse) et un réseau de sous-traitants et d'installateurs notamment dans le solaire thermique. Les quatre firmes précédemment mentionnées réalisent entre 37 % et 88 % de leur chiffre d'affaires à l'étranger. La refonte du cadre de soutien aux EnR en 2014 a d'ailleurs eu pour effet de renforcer le positionnement à l'export des groupes espagnols, les opportunités industrielles sur le territoire national ayant été réduites.

Ces bonnes performances industrielles cachent toutefois des situations contrastées selon les filières. Ainsi, malgré un net ralentissement après 2012, la filière éolienne a connu une forte croissance (+125 % de puissance installée en moins de dix ans) et l'Espagne figure d'ailleurs au 1^{er} rang des producteurs européens d'électricité éolienne, devant l'Allemagne²⁰⁹. Les filières solaires thermodynamiques et thermiques et la filière photovoltaïque ont en revanche souffert du repli du marché national après 2012. La biomasse pour sa part ne représente qu'une part très faible du mix énergétique espagnol, mais a un gros potentiel, aujourd'hui encore peu exploité en raison de la diminution des subventions. Quant à l'hydraulique, un développement conséquent des petites installations a été observé entre 2012 et 2015, mais la production électrique, dépendant de précipitations très aléatoires, est variable d'une année à l'autre. Pour l'avenir, l'Espagne s'est dotée d'un nouveau plan EnR pour la période 2011-2020 prévoyant des objectifs de développement ambitieux dont le pays est toutefois encore relativement éloigné (20,8 % d'EnR dans la consommation finale d'énergie d'ici 2020).

²⁰⁶ 72,8 % de l'énergie espagnole est importée (2015), ce qui constitue l'une des dépendances énergétiques les plus fortes d'Europe et coûte près de 38 Md€ par an au pays.

²⁰⁷ En 2015, 37,2 % de la production électrique provenait d'installations EnR ; l'Espagne disposait alors du 2^{ème} parc européen d'éoliennes après l'Allemagne.

²⁰⁸ Le coût annuel de ces dispositifs de soutien avait atteint plus de 9 Md€ pour l'année 2013.

²⁰⁹ L'Espagne produit 23,2 % de l'énergie éolienne européenne contre 22,8 % en Allemagne.

Royaume-Uni

Privilégiant la fin du recours au charbon qui représentait encore 23 % de son mix électrique en 2015, le Royaume-Uni a engagé une politique volontariste de soutien aux EnR électriques. Malgré les progrès réalisés, à l'échelle de l'Union européenne, la proportion d'EnR dans la consommation finale d'énergie britannique (8,3 % en 2015) ainsi que la trajectoire retenue par le pays pour 2020 demeure modeste (15 % en 2020), et ses perspectives d'évolution incertaines. Le pays accuse notamment un certain retard dans le domaine de la chaleur renouvelable : 4,5 % de la chaleur consommée était d'origine renouvelable en 2015, quand l'objectif pour 2020 a été fixé à 12 %.

Le soutien public du Royaume-Uni aux EnR est encadré par le mécanisme du *levy control framework*. La loi a ainsi fixé un plafond annuel maximal d'aides publiques à destination des EnR, atteignant 7,6 Md£ + 20% en 2020. En dehors de cette spécificité, les dispositifs de soutien mis en œuvre sont proches de ceux déployés en France. Les EnR productrices de chaleur bénéficient quant à elles depuis 2011 d'un régime de subventions ad hoc ne relevant pas du plafond fixé par la loi. Il s'agit d'un dispositif de rémunération des installations de chauffage à la biomasse, panneaux solaires thermiques et pompes à chaleur, plafonné à 486 M£ pour 2016. Le gouvernement a également mis en place une banque verte dont le rôle est de financer des installations renouvelables. Enfin, différents fonds ont été créés pour abonder par appels d'offres des projets de R&D dans le domaine des EnR.

Ces dispositifs ont permis un large développement des EnR, notamment électriques dont la part dans le mix atteignait près de 25 % en 2015. Une nette inflexion dans cette politique de soutien a toutefois été engagée en 2016, le gouvernement ayant constaté que la trajectoire d'évolution des coûts associés à ces différents outils dépasserait de 1,5 Md£ le plafond fixé par le *levy control framework* en 2020, à dispositifs constants. Ce constat s'est accompagné d'un audit sévère conduit par le *National Audit Office* (NAO) critiquant l'architecture des dispositifs de soutien mis en place, qui privilégiait de fait les projets lancés avant 2015 au lieu de garder des marges de manœuvres financières pour l'avenir, en espérant alors bénéficier de technologies plus matures et moins coûteuses. Seul l'éolien *offshore* a conservé des objectifs de développement ambitieux²¹⁰ alors que le soutien à l'éolien terrestre a été interrompu et celui au solaire réduit de moitié. Le choix de l'éolien *offshore* comme principale filière soutenue se relève bien adapté aux avantages structurels du Royaume Uni mais il va toutefois entraîner des coûts importants pour assurer l'adaptation du réseau : le montant des travaux de renforcement d'ici 2020 et des coûts de raccordement est estimé à 34 Md£²¹¹.

En outre, la sortie du Royaume-Uni de l'Union européenne pourrait avoir des répercussions importantes sur sa politique énergétique. Le pays devra en particulier négocier sa participation à l'ETS, clarifier ses objectifs climatiques en dehors du cadre de l'UE, sécuriser son approvisionnement énergétique, clarifier sa situation vis-à-vis des financements européens en matière de R&D et des prêts de la banque européenne d'investissement pour les énergies renouvelables et surtout rassurer les investisseurs dans le domaine des énergies renouvelables. La stratégie post-2020 doit encore faire l'objet d'arbitrages pour donner davantage de visibilité aux nombreux acteurs du secteur.

Sur le plan industriel, le Royaume-Uni a valorisé différents types de filières pour entreprendre sa transition énergétique mais se positionne globalement avec un certain retard dans la plupart d'entre elles par rapport à l'Allemagne notamment, en dehors de l'éolien *offshore*. Le développement du marché britannique n'a donc que peu bénéficié à l'industrie, une grande partie des équipements étant fournie par des acteurs étrangers : le secteur des énergies renouvelables au Royaume-Uni compte ainsi près de quatre fois moins d'emplois que celui de l'Allemagne.

²¹⁰ 8 à 9 GW de capacité installée pour 2021

²¹¹ *Source* : Ministère de l'énergie du gouvernement Cameron (mars 2015)

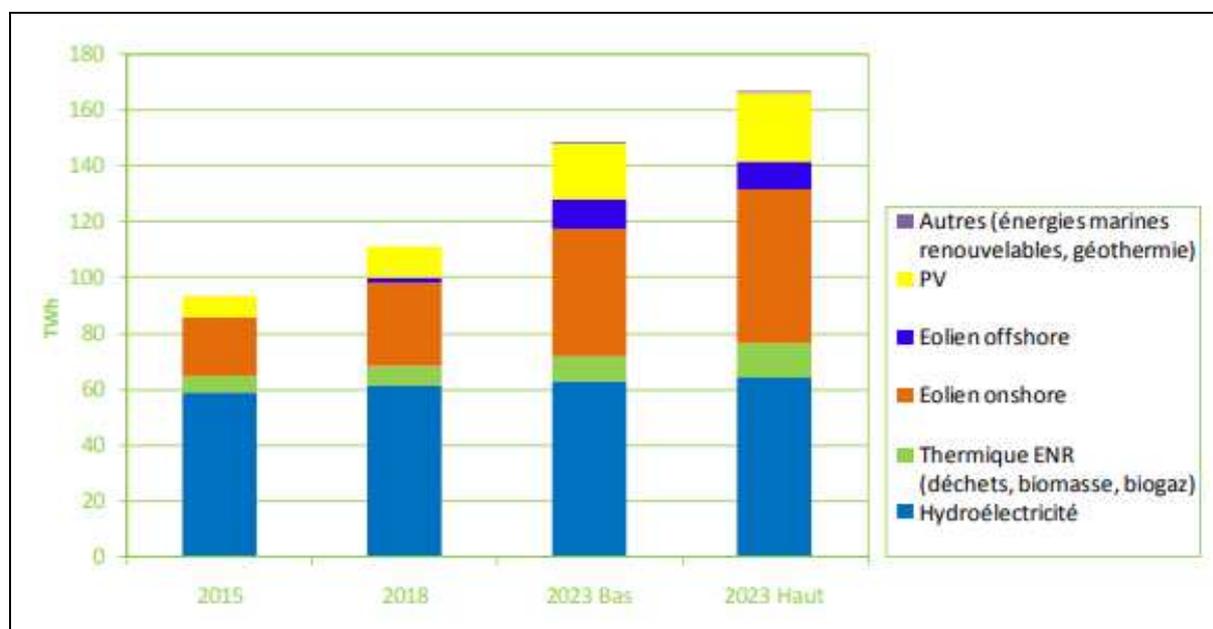
Annexe n° 6 : objectifs fixés par filières dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Tableau n° 10 : objectifs pour la production d'électricité renouvelable

Objectifs de développement (en MW)	2018	2023	
		Hypothèse haute	Hypothèse basse
Éolien terrestre	15 000	26 000	21 800
Solaire	10 200	20 200	18 200
Hydroélectricité	25 300	26 050	25 800
Éolien en mer	500	3000	
Énergies marines		100	
Géothermie électrique	8	53	
Bois-énergie	540	1040	790
Méthanisation	137	300	237

Source : décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016

Graphique n° 13 : objectifs PPE pour la production électrique renouvelable par filière (en TWh)

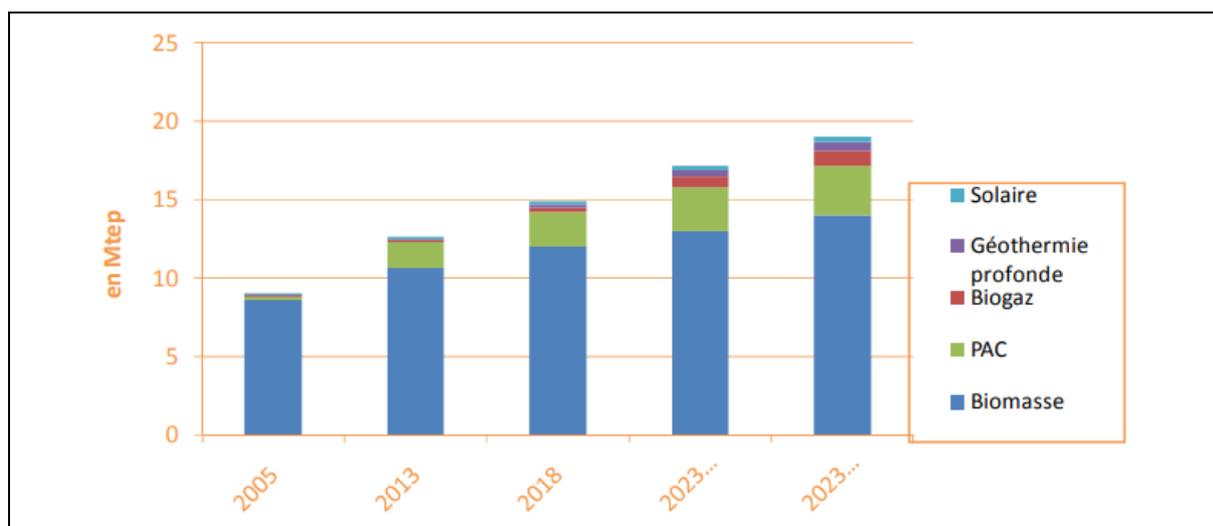


Source : Synthèse du dossier de présentation de la PPE

Tableau n° 11 : objectifs pour la production de chaleur et de froid renouvelables

Objectifs de développement (en Ktep)	2018	2023	
		Hypothèse haute	Hypothèse basse
Biomasse	12 000	14 000	13 000
Pompes à chaleur	300	900	700
Géothermie	2 200	3 200	2 800
Solaire thermique	200	550	400
	180	400	270

Source : décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016

Graphique n° 14 : objectifs PPE pour la consommation finale de chaleur renouvelable par filière (en Mtep)

Source : Synthèse du dossier de présentation de la PPE

Tableau n° 12 : objectifs de réduction de la consommation d'énergie primaire fossile

Objectifs	2018	2023
Gaz naturel	-8,4 %	-15,8 %
Pétrole	-15,6 %	-23,4 %
Charbon	-27,6 %	-37,0 %
Objectif de réduction de la consommation finale d'énergie par rapport à 2012	-7,0 %	-12,6 %

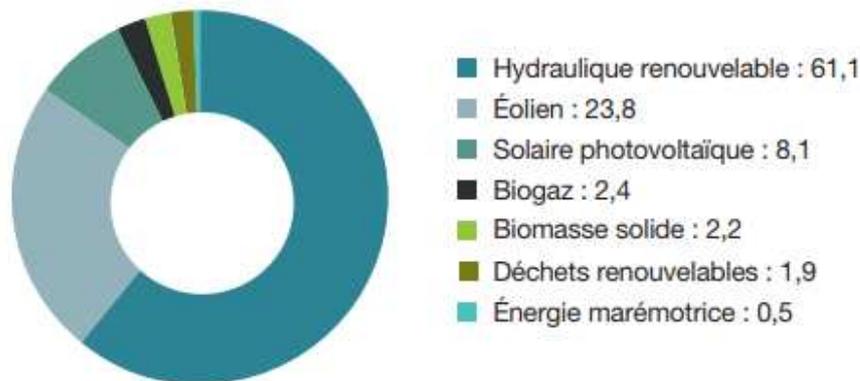
Source : décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016

Annexe n° 7 : présentation du mix renouvelable électrique et thermique

PRODUCTION BRUTE D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE PAR FILIÈRE EN 2015

TOTAL : 89,5 TWH

En %



Champ : métropole.

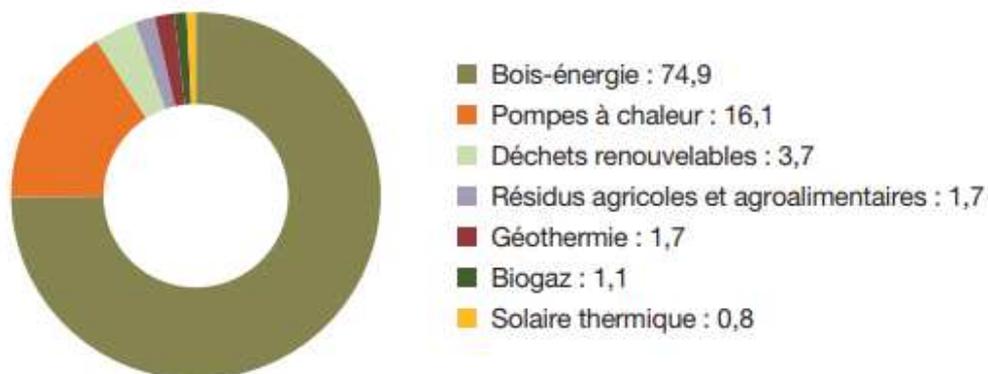
Source : SOeS, d'après les sources par filière

CONSOMMATION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LA PRODUCTION DE CHALEUR, EN 2015

TOTAL : 12,3 MTEP (143,3 TWH)

Données corrigées des variations climatiques

En %



Champ : métropole.

Source : SOeS, d'après les sources par filière

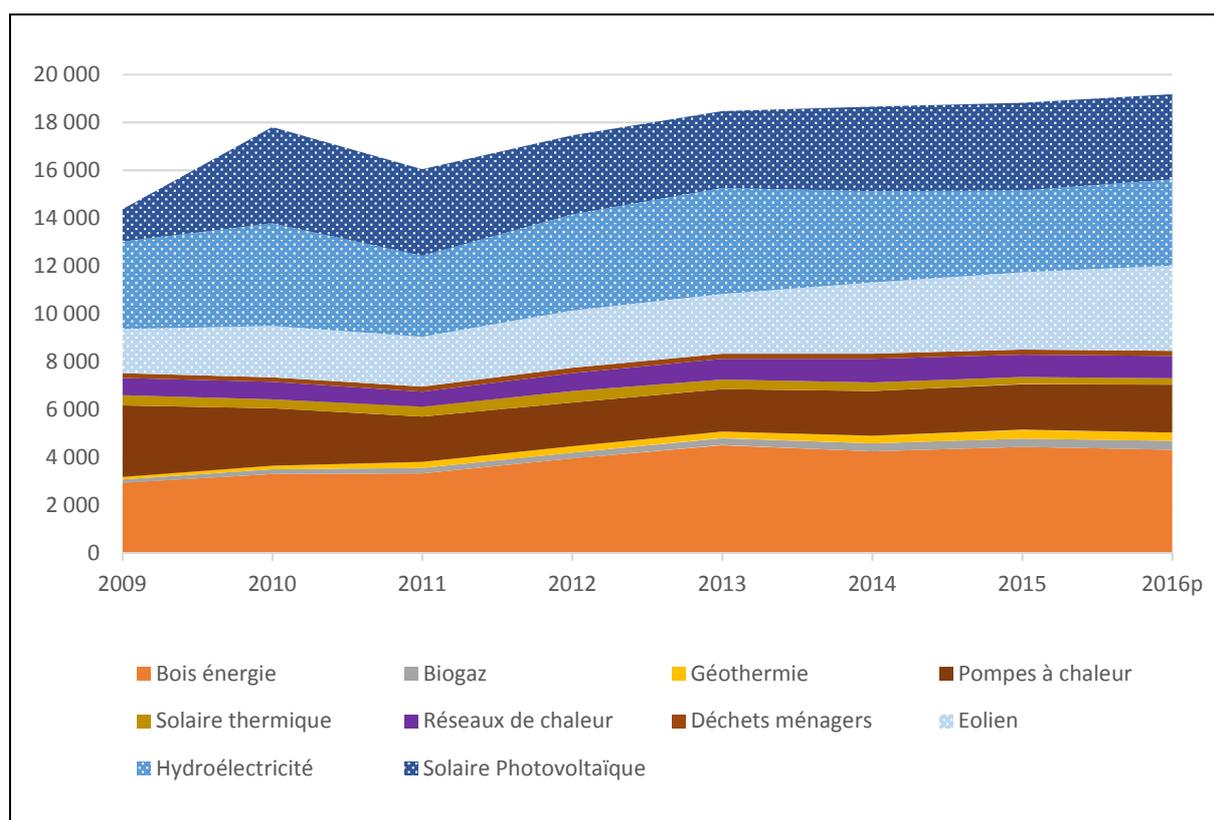
Source : extrait des chiffres clés des énergies renouvelables (édition 2016, parue en février 2017) - DATALAB

Annexe n° 8 : valeur des marchés et de la production économique nationale des EnR

La valeur des marchés français, représentant le montant des chiffres d'affaires des différentes activités liées au développement des EnR y compris la vente de l'énergie produite incluant le soutien public (fabrication d'équipements dont les importations et exportations, montage de projets, études, construction, distribution, installation, exploitation-maintenance, vente d'énergie) est passée de 10,4 en 2006 à 21,3 Md€²¹² en 2016.

La production économique nationale, prenant en compte la valeur des exportations et du marché domestique hors importations d'équipements, s'élevait quant à elle à environ 19,2 Md€ en 2016¹, représentant près de 1% du PIB. À l'intérieur de ces marchés, les trois filières électriques (solaire photovoltaïque, éolien et hydroélectricité) sont prédominantes.

Graphique n° 15 : valeur de la production économique nationale par filière EnR (M€)

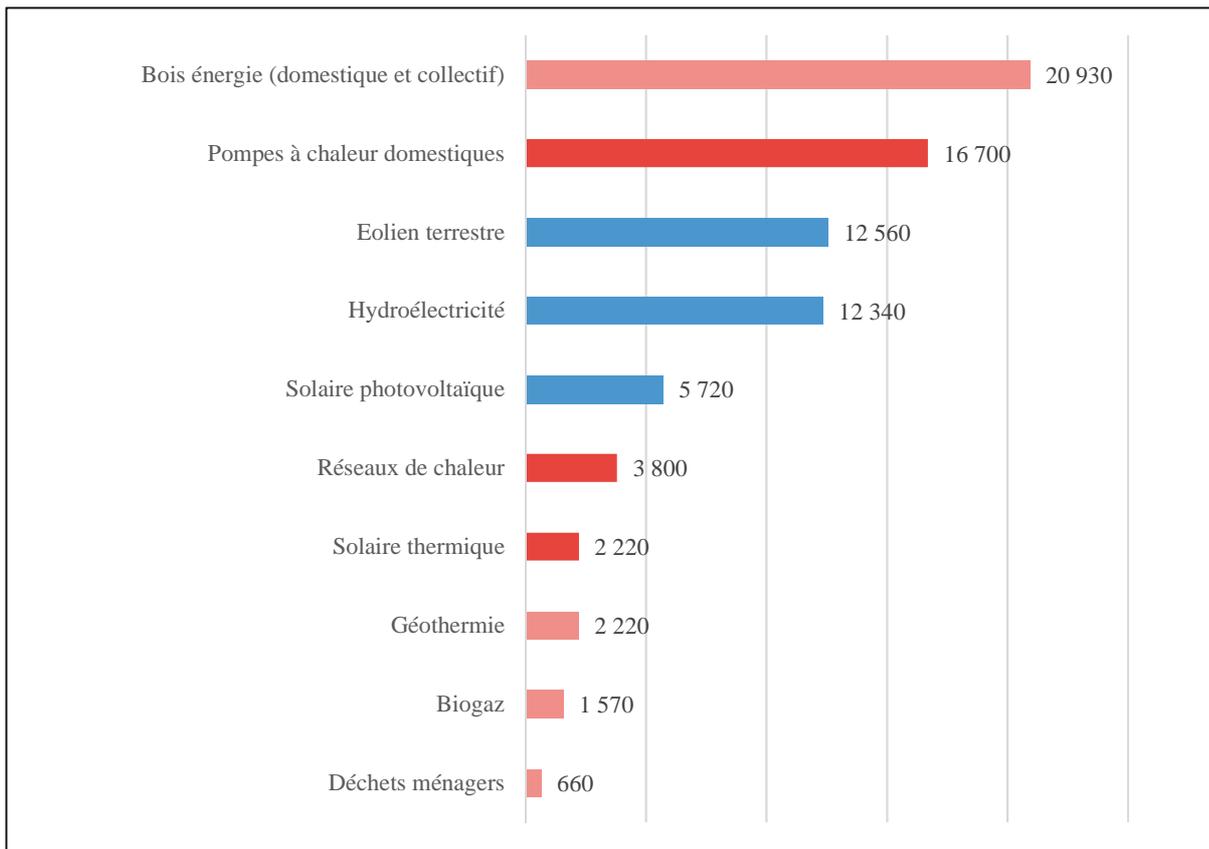


Source : Cour des comptes d'après étude ADEME « Marchés & emplois dans le domaine des EnR » de juillet 2017

²¹² Source : étude ADEME « Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables » de juillet 2017.

Annexe n° 9 : présentation des emplois par filière

Graphique n° 16 : nombre d'emplois directs par filière en 2016 (ETP)



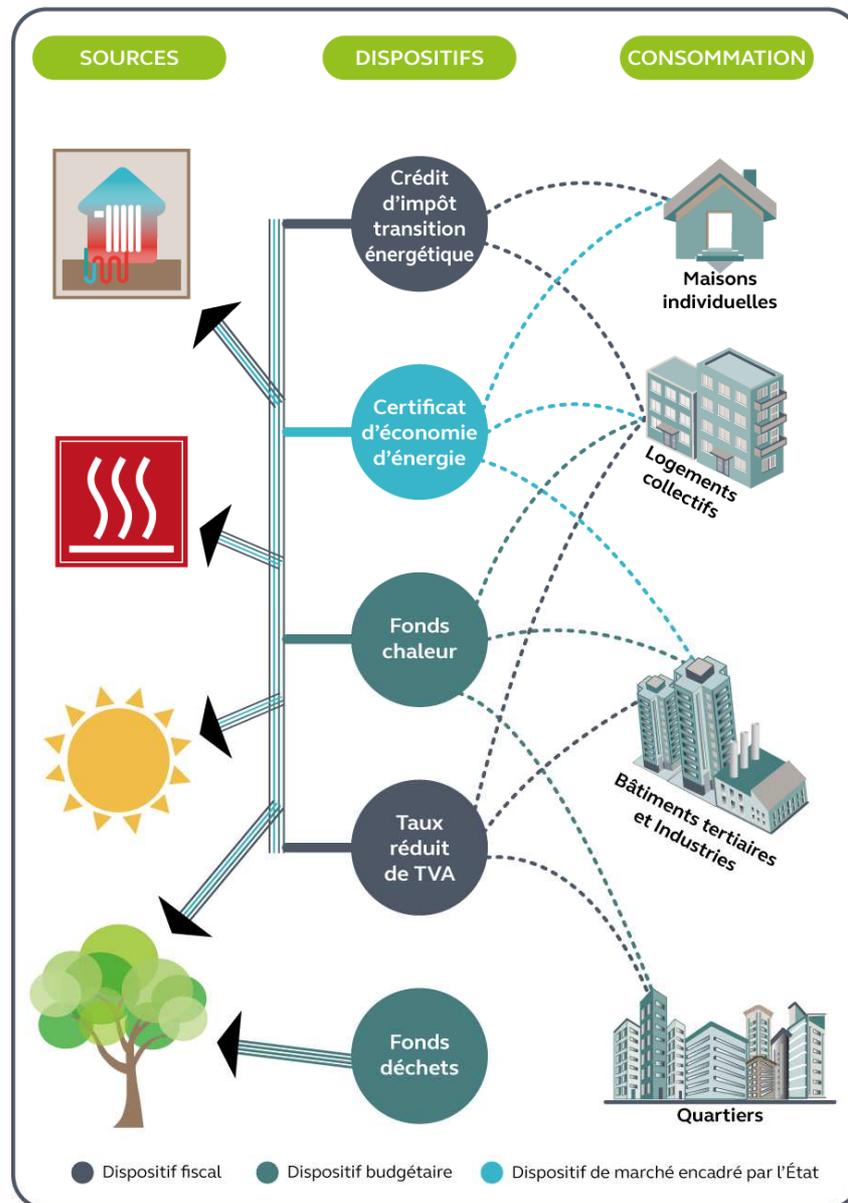
Source : étude « Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables » de l'ADEME, juillet 2017

Annexe n° 10 : dispositifs de soutien aux EnR

Tableau n° 13 : dispositifs de soutien par type d'ENR électrique en 2017

Guichets ouverts		Appels d'offres (obligation d'achat ou complément de rémunération, obligatoire pour les puissances ≥ 500 kW)
Obligation d'achat	Complément de rémunération	
photovoltaïque ≤ 100 kWc		photovoltaïque > 100 kWc (contrat d'achat si < 500 kWc, complément de rémunération si ≥ 500 kWc)
éoliennes terrestres (abrogé avril 2017)	installations éoliennes terrestres ne possédant aucune turbine > 3 MW et dans la limite de 6 mâts	installations éoliennes terrestres ≥ 7 mâts ou dont une turbine > 3 MW
		éoliennes en mer (dialogue concurrentiel pour nouveaux projets)
biogaz méthanisation traitement eaux usées < 500 kW	biogaz méthanisation traitement eaux usées et ISND ≥ 500 kW et ≤ 12 MW	
biogaz méthanisation déchets non dangereux et matières végétales brutes et ISND < 500 kW		méthanisation ≥ 500 kW
renouvellement ISND < 500 kW	renouvellement ISND > 500 kW	bois-énergie > 300 kW
	électricité dégagée par le traitement thermique des déchets ménagers	
hydroélectricité < 500 kW	hydroélectricité < 1 MW renouvellement possible si investissements	hydroélectricité ≥ 500 kW (≥ 35 kW pour équipement seuil existants), puis seuil relevé à ≥ 1 MW
	géothermie	

Schéma n° 3 : représentation des dispositifs de soutien aux EnR thermiques



Source : Cour des comptes

Annexe n° 11 : hypothèses relatives aux prévisions de charges de service public de l'énergie

HYPOTHESES PRINCIPALES				
<i>Filière</i>	Volumes	Prix	Prix de marché de l'électricité	Valorisation de la capacité
<i>PV</i>	2 ans de délai de mise en service - 300 MW/an sous arrêté S17 sur 2019-2024 - Entre 2,1 et 2,3 GW/an sur 2019-2022 pour les appels d'offres	AO pluriannuels : prix moyen constaté sur la première période et hypothèse de décroissance annuelle des prix - AO PV Bâtiments : 108,20 €/MWh et baisse de 5 %/an - AO PV Sol : 72,70 €/MWh et baisse de 5 %/an	Prix 2018-2020 : moyenne des cotations des produits à terme observés sur EEX du 15 au 31 mai 2017 - 2018 : 35,91 €/MWh - 2019 : 36,09 €/MWh - 2020 : 38,30 €/MWh A partir de 2021 : croissance de 1 %/an	Hypothèse normative issue de la première enchère : 10 000 €/MW
<i>Éolien terrestre</i>	3 ans de délai de mise en service - 1 GW/an sous arrêté E17 sur 2020-2025 - 1 GW/an sur 2021-2023 pour l'appel d'offres	AO pluriannuel : prix moyen estimé sur la première période et hypothèse de décroissance annuelle des prix - AO 2017 : 71 €/MWh et baisse de 2 %/an		
<i>Éolien offshore</i>	Échéancier de mise en service particulier - Mise en service de l'AO 2011 sur 2021-2024 avec 500 MW/an - Mise en service de l'AO 2013 sur 2024-2025 avec 500 MW/an - Mise en service du DC Dunkerque en 2026 pour 500 MW - Mise en service du DC Oléron en 2027 pour 500 MW	- AO 2011 : 214,88 €/MWh en 2021 - AO 2013 : 213,98 €/MWh en 2024 - DC Dunkerque : 160 €/MWh en 2026 - DC Oléron : 160 €/MWh en 2027		

Source : CRE

Annexe n° 12 : détail des soutiens publics accordés aux énergies renouvelables

L'estimation des soutiens publics aux EnR mentionnée au chapitre 2 repose sur le détail des montants figurant dans les deux tableaux ci-après.

Tableau n° 14 : moyens mobilisés par an pour le soutien des EnR thermiques + injection biogaz (estimation pour 2015 – actualisation 2016 quand disponible)

<i>Opérateur du financement</i>	Facilités de financement en M€	Dépenses budgétaires en M€	Dépenses fiscales en M€	Total* en M€
<i>État et ses opérateurs</i>		<ul style="list-style-type: none"> - 216 fonds chaleur (213 en 2016) - 15 de fonds déchets (17 en 2016) - 7,1 soutien au biométhane (20,9 en 2016) - NC : part du fonds de mobilisation biomasse - crédits recherche : environ 12,5 (1) - FASEP : 2,1 (2)(3) 	<ul style="list-style-type: none"> - 290 au titre du crédit d'impôts transition écologique (CITE) consacré aux EnR (261,5 en 2016) - 55 au titre du taux de TVA réduite (réseaux de chaleur) (55 en 2016) - NC : taux de TVA applicable aux équipements EnR éligibles au CITE - NC : taux intermédiaire de TVA sur le bois de chauffage 	598 en 2015 (env. 581 en 2016)
<i>Collectivités locales</i>		<ul style="list-style-type: none"> - 50 à 60 au titre des CPER (2)(3) - 25 à 30 de FEDER (2)(3) - NC : subventions directes des communes 		Environ 75 à 90
<i>Opérateurs du PIA</i>		Environ 25,2 (1) (3)		Environ 25
<i>Caisse des dépôts et consignation (CDC)</i>	Environ 8 en fonds propres			
<i>Banque Publique d'Investissement (BPI)</i>	Environ 160 M€ de prêts depuis 4 ans, auxquels s'ajoutent des financements relatifs aux			

<i>Opérateur du financement</i>	Facilités de financement en M€	Dépenses budgétaires en M€	Dépenses fiscales en M€	Total* en M€
	centres de tri avec valorisation thermique			
<i>Total en M€</i>		Environ 353 à 368 en 2015 Environ 365 à 380 en 2016	345 en 2015 316,5 en 2016	Environ 698 à 713 de soutien public en 2015 (hors facilités de financement) Environ 681 à 696 en 2016

- (1) Crédits répartis entre les EnR thermiques et électriques en appliquant des hypothèses de ventilation basées sur les répartitions des volumes de production²¹³.
- (2) Les montants attribués aux collectivités locales et au FEDER, ainsi qu'au FASEP, ont été attribués à 100% à chacune des catégories d'EnR (électriques et thermiques) faute de pouvoir distinguer la part imputable à chacune d'entre elles.
- (3) En considérant une moyenne annuelle des engagements annuels. Pour le FASEP moyenne sur 7 ans. Pour le PIA : PIA 1 et 2 consacrés aux EnR entre le T4 2010 et le T2 2017, sans distinction de la nature des engagements : maastrichtiens ou pas (donc prises de participation incluses par exemple). Pour la CDC, moyenne sur la période 2012-2016.

* Le total figurant sur le graphique n°9 correspond à la moyenne des valeurs présentées dans le total du présent tableau

Source : Cour des comptes

EnR thermiques : 100 % bois domestique + 80 % bois énergie collectif + 20 % biogaz + 95 % géothermie + 100 % pompes à chaleur + 100 % solaire thermique + 100 % réseaux de chaleur + 60 % UIOM) + 10 % biogaz injection.

EnR électriques : 100 % éolien + 100 % solaire PV + 100 % hydraulique + 5 % géothermie + 70 % biogaz + 20 % bois énergie collectif + 40 % UIOM.

Tableau n° 15 : moyens mobilisés par an pour le soutien des EnR électriques
(estimation pour 2015 – actualisation 2016 quand disponible)

<i>Opérateur du financement</i>	Facilités de financement en M€	Dépenses budgétaires en M€	Total* en M€
<i>État et ses opérateurs</i>		- 4 205,8 au titre de 2015 pour dispositifs de soutien <i>4 380,6 en 2016</i> - 66,8 en crédits recherche (1) - FASEP : 2,1 (3)(4)	Environ 4 275 en 2015 <i>Environ 4 450 en 2016</i>
<i>Collectivités locales</i>		- 50 à 60 au titre des CPER (2)(3) - 25 à 30 de FEDER (2)(3) - NC : subventions directes des communes	Environ 75 à 90
<i>CDC</i>	Environ 32 en fonds propres		
<i>BPI</i>	NC		
<i>Opérateurs du PIA</i>		Environ 137,6 (1)(3)	Environ 137,6
<i>Total en M€</i>		Environ 4 487 à 4 502 en 2015 <i>Environ 4 662 à 4 677 en 2016</i>	Environ 4 487 à 4 502 en 2015 de soutiens publics (hors facilités de financement) <i>Environ 4 662 à 4 677 en 2016 de soutiens publics (hors facilités de financement)</i>

(1) Crédits répartis entre les EnR thermiques et électriques en appliquant des hypothèses de ventilation basées sur les répartition des volumes de production²¹⁴.

(2) Les montants attribués aux collectivités locales et au FEDER, ainsi qu'au FASEP ont été attribués à 100% à chacune des catégories d'EnR (électriques et thermiques) faute de pouvoir distinguer la part imputable à chacune d'entre elles.

(3) En considérant une moyenne annuelle des engagements annuels. Pour le FASEP moyenne sur 7 ans. Pour le PIA : PIA 1 et 2 consacrés aux EnR entre 2010 et le T2 2017, sans distinction de la nature des engagements : maastrichtiens ou pas (donc prises de participation incluses par exemple). Pour la CDC, moyenne sur la période 2012-2016.

* Le total du graphique n°9 représente le total présenté dans ce tableau, contributions des collectivités locales exclues (qui ont été affectées aux EnR thermiques dans le graphique n°9)

Source : Cour des comptes

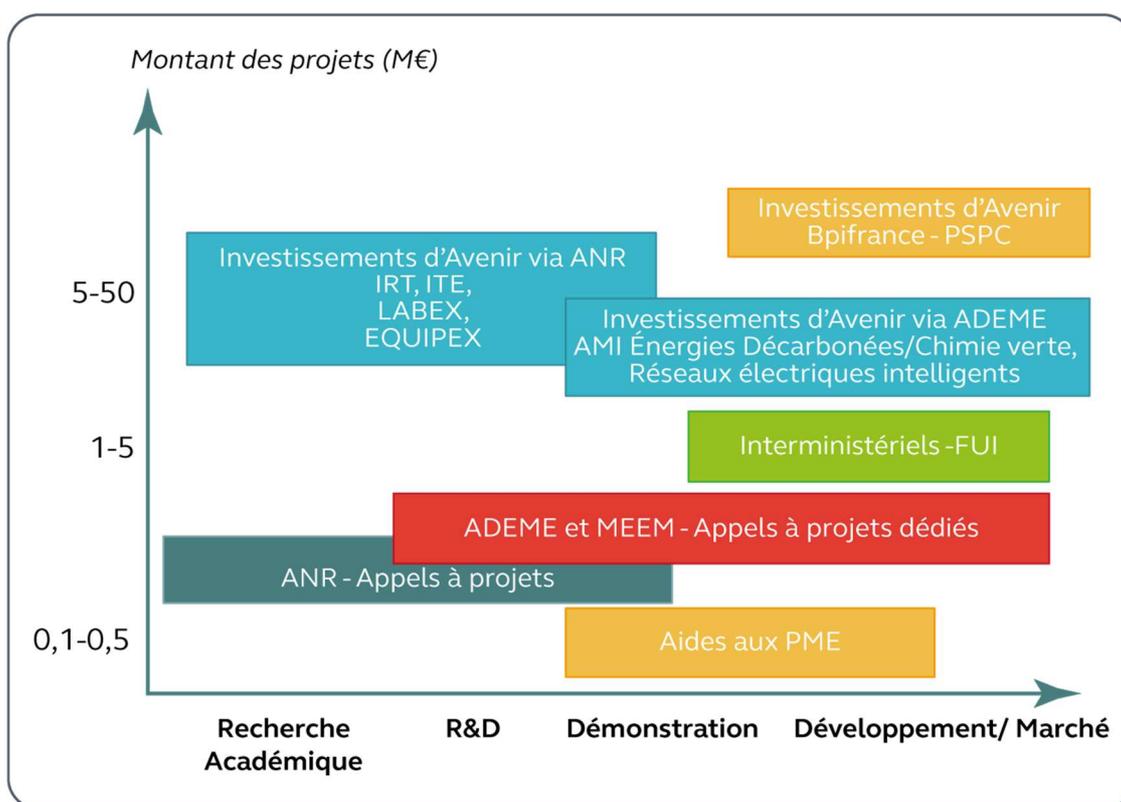
NB : BPI France a annoncé le 03/07/2017 la création du fonds France Investissement Énergie Environnement doté de 100 M€ dédiés à la Transition énergétique et écologique, qui devrait concerner les EnR à 50 % (du volume des investissements).

²¹⁴ Voir ndbp 216.

Annexe n° 13 : détail des montants engagés sur la recherche et l'innovation

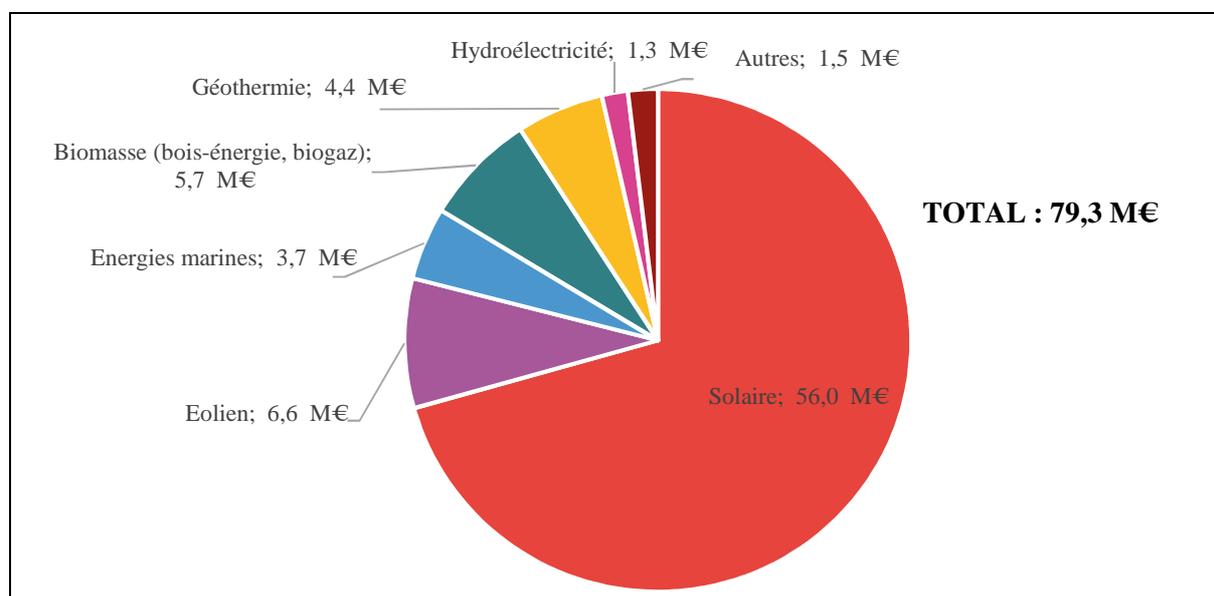
Les dispositifs de soutien à l'offre favorisant la recherche et développement (R&D) et l'innovation sont nombreux. Ils interviennent successivement le long de la chaîne de développement des projets (cf. schéma n° 4).

Schéma n° 4 : principaux dispositifs nationaux de soutien à l'innovation



Source : Stratégie nationale de la recherche énergétique

Parmi les différentes filières, le solaire photovoltaïque est la mieux pourvue avec 47,9 M€ sur cette technologie (56 M€ pour l'ensemble des technologies solaires). L'éolien et la biomasse arrivent ensuite loin derrière avec des budgets respectifs de 6,6 et 5,7 M€.

Graphique n° 17 : répartition des budgets de recherche hors PIA en 2015 (M€)

Source : Cour des comptes d'après données du CGDD

Concernant les crédits des PIA 1 et 2, on peut estimer qu'entre fin 2010 et mi-2017, 1,1 Md€ a été engagé sur les projets d'EnR, soit une moyenne annuelle d'environ 163 M€. Les EnR électriques se voient attribuer 80 % de cette somme soit 900 M€, dont 395 M€ sur l'éolien y compris éolien *offshore*.

Tableau n° 16 : montants totaux engagés dans le cadre des PIA 1 et 2 par type d'EnR pour les quatre actions spécifiques aux EnR

<i>Engagements entre T4 2010 et T2 2017 (en M€)</i>	Démonstrateurs	Instituts pour la Transition Énergétique *	Fonds Ecotechs	Total	Moyenne annuelle
<i>Photovoltaïque</i>	132,1	68,0	0,0	200,1	29,6
<i>Éolien (y compris éolien offshore, prépondérant)</i>	390,0	0,0	5,0	395,0	58,5
<i>Énergies marines (hors éolien offshore)</i>	247,9	32,5	4,0	284,4	42,1
<i>Hydroélectricité</i>	23,1		0	23,1	3,4
<i>Géothermie</i>	36,7	15,8	0,0	52,5	7,8
<i>Biomasse</i>	50,4	61,5	7,0	118,9	17,6
<i>Solaire thermique</i>	25,2	0,0	0,0	25,2	3,7
Total	905,3	177,9	16,0	1 099,2	162,8

*Dont une partie octroyée en dotations non consommables
Source : CGI

Annexe n° 14 : principales instances de concertation sur la politique énergétique

Tableau n° 17 : recensement et présentation des principales instances

INSTANCES	COMPOSITION	FONCTIONNEMENT
<i>CSE - Conseil supérieur de l'énergie</i> ²¹⁵	<ul style="list-style-type: none"> - 5 parlementaires, - Un membre du Conseil d'État, - Représentants du ministère chargé de l'énergie, des collectivités territoriales, des consommateurs, des industries du secteur de l'énergie et du personnel des industries gazières et électriques <p>➔ Nomination par arrêté du ministre chargé de l'énergie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Instance placée auprès du ministre chargé de l'énergie - Consultation sur les actes réglementaires pris par le ministre chargé de l'énergie en matière de politique énergétique, - Évaluation de la progression nationale des énergies renouvelables et du respect par la France des engagements climatiques européens et internationaux.
<i>CNTE - Conseil national pour la transition énergétique</i> ²¹⁶	<ul style="list-style-type: none"> - Présidé par le ministre chargé de l'écologie, - 50 membres répartis en 8 collèges associant de nombreuses parties prenantes (représentants des élus, organisations syndicales, employeur, ONG, membres de la société civile, etc.) <p>➔ Sauf exception, le nomination des membres du CNTE se fait par arrêté du ministre chargé de l'énergie²¹⁷</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réunie en moyenne une fois tous les deux mois, - Instance de dialogue sur l'ensemble de la politique environnementale chargée de rendre des avis, notamment sur la PPE et la SNBC.
<i>Comité d'experts pour la transition énergétique</i> ²¹⁸	<ul style="list-style-type: none"> - 8 membres nommés par arrêté du ministre chargé de l'écologie en raison de leurs compétences scientifiques et universitaires²¹⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur saisine du ministre chargé de l'écologie, formule des avis sur la SNBC, la PPE, la synthèse des SRCAE, - Chargé d'éclairer le débat public sur les problématiques scientifiques liées à la transition écologique

²¹⁵ Décret n°2006-366 du 27 mars 2006 relatif à la composition et au fonctionnement du Conseil supérieur de l'énergie.

²¹⁶ Loi n° 2012-1460 du 27 décembre 2012 relative à la mise en œuvre du principe de participation du public défini à l'article 7 de la Charte de l'environnement.

²¹⁷ Décret n° 2013-753 du 16 août 2013 relatif au Conseil national de la transition écologique.

²¹⁸ Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte et décret n° 2015-1222 du 2 octobre 2015 relatif au comité d'experts pour la transition énergétique.

²¹⁹ Arrêté du 5 octobre 2015 portant nomination des membres du comité d'experts pour la transition énergétique.

INSTANCES	COMPOSITION	FONCTIONNEMENT
<i>Comité de gestion pour la CSPE</i> ²²⁰	<ul style="list-style-type: none"> - 2 parlementaires²²¹ - Un représentant de la Cour des comptes, - Un représentant de la CRE; - Des représentant du ministre chargé de l'énergie, de l'économie, du budget, des outre-mer ; - 3 personnalités qualifiées <p>➔ Composition fixée par décret du Premier ministre</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Placé auprès du ministre chargé de l'énergie, - Suivi et analyse semestriels de l'ensemble des charges de CPSE - Émet des avis publics et peut disposer de l'expertise de la CRE pour conduire ses missions.
<i>Conseil de politique nucléaire</i> ²²²	<ul style="list-style-type: none"> - Présidé par Président de la République, - Décret fixant la liste exhaustive de la composition du conseil ; 9 ministres présents ainsi que des personnalités civiles et militaires, - Possibilité d'entendre toute personnalité extérieure et de se réunir en formation restreinte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les missions du conseil sont fixées par décret²²³, - La fréquence des réunions est assez limitée, mais le conseil avalise les grandes orientations en matière de politique nucléaire.

²²⁰ Loi n° 2015-1786 du 29 décembre 2015 de finances rectificative pour 2015 et décret n° 2016-310 du 16 mars 2016 relatif au comité de gestion des charges de service public de l'électricité.

²²¹ Aucun ne siège toutefois à ce jour au CSPE.

²²² Décret n° 2008-378 du 21 avril 2008 instituant un conseil de politique nucléaire.

²²³ Article premier du décret du 21 avril 2008 (cf. *supra*) : « le conseil définit les grandes orientations de la politique nucléaire et veille à leur mise en œuvre, notamment en matière d'exportation et de coopération internationale, de politique industrielle, de politiques énergétique, de recherche, de sûreté, de sécurité et de protection de l'environnement ».

Electricité allemande : prix négatifs et conséquences ... éponymes

La présente note synthétise une étude très fouillée des prix de production affichés par *Fraunhofer ISE*, un « *Institut für Solare Energie-systeme* », sur son site www.energy-charts.de. Etude intitulée « *Des prix d'électricité négatifs en Allemagne ?* »¹, consistant en une compilation exhaustive et une analyse serrée des données Fraunhofer **sur toute l'année 2017**, elle se veut également didactique pour aider le lecteur à naviguer par lui-même dans ce site extrêmement riche et, ainsi, à vérifier par lui-même la rigueur d'une étude basée sur des sources inattaquables, émanant d'un institut allemand, voué à la promotion du photovoltaïque et de la politique d'*Energiewende*.

Il faut d'abord rappeler qu'il ne s'agit pas d'un phénomène nouveau, comme le démontre l'énumération ci-après, sans prétention d'exhaustivité : Noël 2009, 17 jours en 2010, 15 jours en 2011, 6 jours en 2012, Dimanche 16 juin 2013, Dimanche 6 mars 2014, 22 avril 2015, Dimanche 8 mai 2016, Dimanche de Noël 2016 (s'agissant de prix *day-ahead*, c'est-à-dire pour livraison le lendemain). On le voit, **le phénomène est récurrent**, et presque toujours avec les mêmes occurrences dominicales.

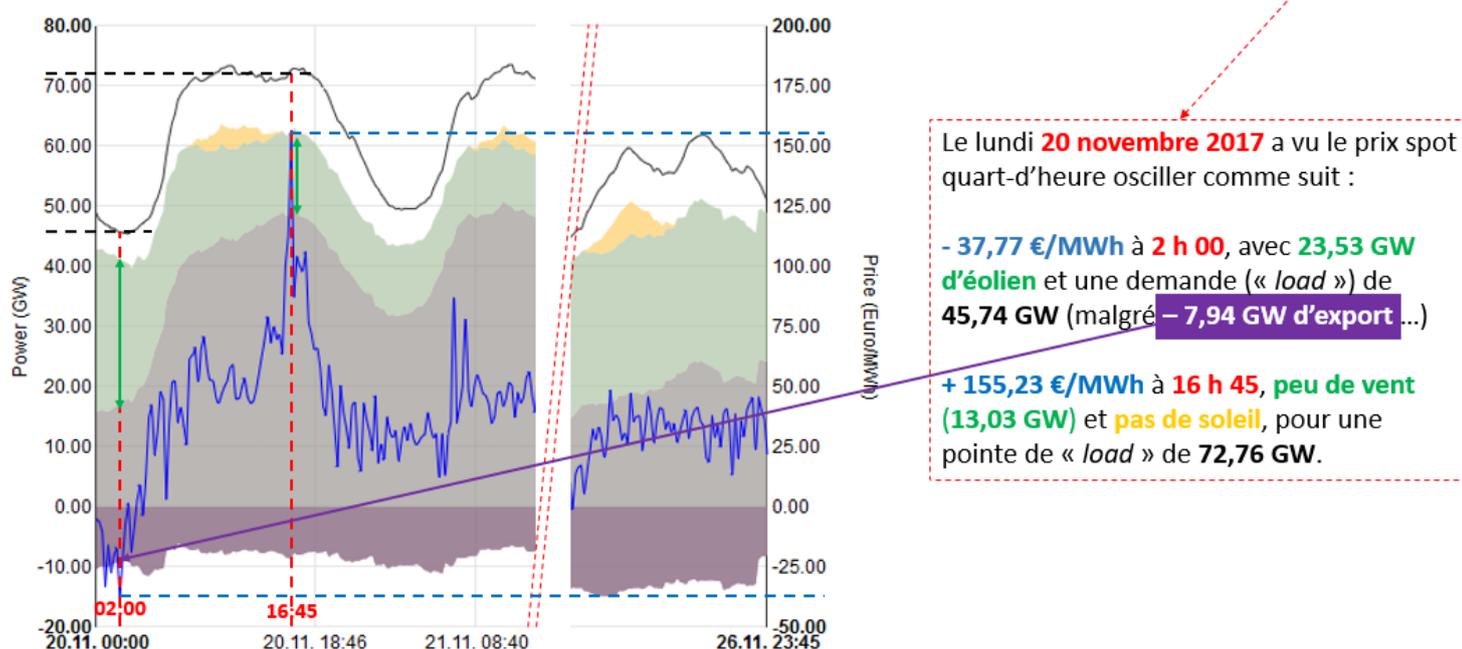
Par ailleurs, selon la presse spécialisée, il s'en est également produit, épisodiquement cependant, en Espagne (2013, 2014), Belgique (2013), Royaume-Uni (2013 ... 2017), et également en France (2011, 2012 ... 2017, 2018).

Depuis longtemps, Jacques Percebois (CREDEN) a, le 13/5/2013, dénoncé ces « *distorsions induites par les énergies intermittentes sur le marché spot de l'énergie* » et « *Sauvons le Climat* » a, le 31/7/2013, stigmatisé cette « *situation ubuesque en Europe : électricité à prix négatifs et chute des investissements !* ».

1. Mais comment un prix négatif est-il possible ?

Un prix négatif, pour le commun des mortels comme pour l'économiste chevronné, s'apparente à un « **Objet Financier Non Identifié** », du moins avant 2008, date de leur introduction en bourse. Mieux qu'un long discours, un regard sur le diagramme ci-après donne un début d'explication : le 20/11/2017, le poids de l'éolien (23,53 GW, en vert), comparativement à une production conventionnelle (en gris clair) de 26,07 GW seulement (sortie de week-end ...), donna lieu à un excédent (malgré -7,94 GW d'export, en gris foncé, et absence de soleil)² :

Extraits de « **Electricity production and spot prices in Germany in week 47 2017** », **surchargés** d'explications complémentaires



¹ Cf. https://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf_files/etudes/Etude_Poizat_OFNI_juin_2018/Vol-dOFNI.pdf.

² La figure présentée est un montage réalisé, à fin illustrative, à partir des diagrammes issus de Fraunhofer, joints en annexe. Nous avons constaté que, bizarrement, un des diagrammes « *updated* » du 2/12/2017 a été corrigé en date du 12/3/2018 ...

L'excès d'offre, éolienne en l'occurrence, et prioritaire sur le réseau, pousse les prix à la baisse au point qu'il est plus rentable pour certaines centrales conventionnelles (plage gris clair) de **payer des consommateurs pour qu'ils consomment** leur production que de supporter les coûts d'arrêt/redémarrage de leur centrale.

Pourquoi les EnR _ pas seulement les intermittentes, d'ailleurs _ sont-elles prioritaires sur le réseau ? Elles le sont :

- non seulement *de facto*, du fait de la nullité de leur coût marginal puisqu'elles n'ont à couvrir aucun frais de combustible ou d'exploitation (par ailleurs, leurs coûts de maintenance sont très faibles)
- mais aussi *de jure*, car elles ne concourent pas sur le même marché de gros : leur production est achetée à des tarifs extrêmement incitatifs, en amont du marché EPEX, par les acheteurs obligés que sont les « *Gestionnaires de Réseau de Transport* » (GRT homologues de notre « *Réseau de Transport de l'Electricité* »³).

Et pourquoi ces producteurs conventionnels font-ils ce choix apparemment anti-économique ? Parce qu'ils s'épargnent un redémarrage difficile, voire problématique, quand, quelques heures plus tard, la demande sera là. C'est une façon de les maintenir « en bouillotte » ou, dans le cas d'un réacteur nucléaire, d'éviter de laisser celui-ci se faire momentanément empoisonner par ses produits de fission (effets dits Xénon ou Samarium) ... De la sorte, ils sont à même de garantir l'équilibre instantané de l'offre et de la demande, condition sine qua non de la sécurité du réseau électrique.

Ainsi avons nous affaire à une **situation oxymorique** mettant en compétition :

- dans un marché classique, régi selon le bien connu « *merit order* » applicable à tous ...
- des acteurs dont certains qui ont déjà payé, en vertu d'une **obligation quasi-soviétique**, une production incontrôlable et qui, responsables de la sécurité du réseau, n'ont qu'une issue, à savoir faire écouler celle-ci à n'importe quel prix !

2. Constats

Rien d'étonnant, donc, à ce que les épisodes de prix négatifs se multiplient au fur et à mesure du développement anarchique, bien qu'organisé, de ces énergies « fatales », comme l'année 2017 en administre la preuve illustrée par le tableau suivant récapitulant **les jours durant lesquels EPEX a enregistré au moins un quart d'heure de prix de gros négatif**⁴.

Hiver(s *) de 2017		€/MWh	Printemps 2017		€/MWh	Été 2017		€/MWh	Automne 2017		€/MWh
01-janv	Dimanche		25-mars	Samedi	-27,0	23-juin	vendredi		02-oct		
03-janv			26-mars	Dimanche	-42,1	24-juin	Samedi	-64,5	03-oct		
12-janv			27-mars		-46,2	25-juin	Dimanche		04-oct		-49,9
14-janv	Samedi		02-avr	Dimanche		23-juil	Dimanche		05-oct		-32,2
15-janv	Dimanche		09-avr	Dimanche	-20,4	29-juil	Samedi	-34,8	06-oct	vendredi	
19-févr	Dimanche		14-avr	vendredi St		30-juil	Dimanche	-137,8	07-oct	Samedi	
20-févr			15-avr	Samedi	-56,0	04-août	vendredi		08-oct	Dimanche	
22-févr		-29,6	16-avr	Dimanche	-21,8	06-août	Dimanche		12-oct		
23-févr			17-avr	Lundi de Pâ.		07-août			22-oct	Dimanche	-20,6
24-févr	vendredi	-21,6	21-avr			12-août	Samedi		27-oct	vendredi	
25-févr	Samedi		23-avr	Dimanche	-59,2	13-août	Dimanche		28-oct	Samedi	-100,9
26-févr	Dimanche	-62,0	24-avr		-50,9	19-août	Samedi		29-oct	Dimanche	-117,8
27-févr			30-avr	Dimanche	-193,0	20-août	Dimanche	-23,4	30-oct		
04-mars	Samedi		01-mai			27-août	Dimanche		09-nov		
05-mars	Dimanche	-33,7	14-mai	Dimanche		31-août			10-nov	vendredi	
12-mars	Dimanche	-22,6	20-mai	Samedi		06-sept			12-nov	Dimanche	
15-mars			25-mai	Ascension		09-sept	Samedi		13-nov		
17-mars	vendredi		27-mai	Samedi		10-sept	Dimanche	-30,9	18-nov	Samedi	
18-mars	Samedi	-20,5	28-mai	Dimanche		11-sept		-21,5	19-nov	Dimanche	-25,0
19-mars	Dimanche		04-juin	Dimanche	-36,5	12-sept			20-nov		-37,8
20-mars			05-juin	Lundi de Pe.		13-sept		-36,0	22-nov		-23,5
21-déc			06-juin			17-sept	Dimanche		23-nov		
22-déc			07-juin		-24,2				26-nov	Dimanche	
23-déc	Samedi	-46,0	08-juin						27-nov		-29,5
24-déc	Dimanche	-85,7	11-juin	Dimanche					03-déc	Dimanche	
25-déc	Noël	-45,8	12-juin						04-déc		
26-déc		-24,0	16-juin	vendredi					05-déc		
27-déc		-38,6	17-juin	Samedi					06-déc		
28-déc		-35,1	18-juin	Dimanche					07-déc		
29-déc		-36,4			29				08-déc	vendredi	-23,1
30-déc	Samedi	-29,1			11				09-déc	Samedi	-27,6
31-déc	Dimanche	-38,4			11				10-déc	Dimanche	-45,4
									12-déc		
									13-déc		
									14-déc		-29,1
									17-déc	Dimanche	
											36
											9
											13

* y compris les 11 jours de fin décembre

³ En France, c'est EDF (hormis, de façon marginale, les « ELD ») qui est tenue par cette « obligation d'achat », depuis la « Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité ».

⁴ Devant le nombre d'occurrences, nous avons renoncé à détailler chacun desdits prix négatifs, nous en tenant aux « creux » en dessous de - 20 €/MWh et en **rougissant** ceux passant sous les -50 €/MWh.

Nous nous contentons ici de lister les résultats fournis par l'analyse approfondie de ces statistiques :

2.1. On compte **119** excursions négatives, soit **1 jour négatif sur 3**, dont **46 profonds**, soit **1 tous les 8 jours**.

2.2. De façon plus significative encore, on constate que, sur 53 dimanches, **38** sont marqués par ces « anomalies », soit **près de 3 « dimanches négatifs » sur 4** ! Et **20**, plus de la moitié de ceux-ci, sont précédés de « samedis négatifs ». Il y a donc une **claire corrélation avec les fins de semaine**, statistique qui s'aggrave à **43/58 (74 %)**, autres jours fériés inclus.

2.3. Par contre, on ne détecte **pas de sensibilité particulière à la saison**. Notamment, on constate une étonnante régularité du nombre de dimanches négatifs. Tout au plus, hiver et automne semblent-ils un peu plus exposés.

2.4. Enfin, ces prix négatifs apparaissent **de nuit comme de jour**. Deux prévalences circadiennes sont assez significatives : celle de 16 h 00 traduit l'importance du solaire, de caractère fatal, celle de 23 h 45 traduit vraisemblablement un comportement de trader adaptant ses enchères du lendemain ...

2.5. Mais, d'ores et déjà, on peut affirmer que **les prix négatifs sont imputables aussi bien au solaire, en été, à moindre consommation tout de même, qu'à l'éolien en hiver (toujours plus venteux)**.

2.6. Ces prix négatifs représentent **182 heures cumulées**, dont **126 heures dominicales**, à **- 19,79 €/MWh** en moyenne.

3. Explication du mécanisme de formation de prix de gros négatifs

Les corrélations entre ces prix de marché négatifs (en €/MWh) d'une part, les puissances contributives (en GW) d'autre part démontrent que **l'excès d'énergies intermittentes (solaire en printemps-été, éolienne en automne-hiver) par rapport aux énergies conventionnelles semble être la cause essentielle de l'effondrement du prix de gros**.

S'y ajoute, notamment en fin de semaine, **la plus faible puissance appelée**.

4. L'excès de production pèse sur l'export

4.1. Cette concomitance est flagrante, comme le prouve **l'érosion de la position française, dont les exportations ont, de 2011 à 2017, régressé de 28% (- 19,3 TWh) quand celles de l'Allemagne ont progressé de 46,6 TWh**.

Le cas de la Suisse est encore plus emblématique : l'export d'Allemagne vers la Suisse a d'abord décru (conséquence de sa sortie du nucléaire ?) mais il a vigoureusement repris depuis 2014 (+ 6,6 TWh soit + 57 %). Et, en 2017, l'Allemagne n'importe quasiment plus d'électrons helvétiques (384 GWh seulement).

Ce qui avait été anticipé dès 2012 par un président de BKW International qui déclarait que « **les STEP suisses voient ainsi leur compétitivité baisser face au fort développement du photovoltaïque en Allemagne** ». Point de vue corroboré en 2017 par Vattenfall justifiant ses mesures de restructuration comme « *la seule chance de garder [ses] installations de pompage-turbinage en Allemagne en exploitation sur le long terme* ».

Globalement, on constate que, si **l'Allemagne progresse de 12,5 TWh (soit +22,3 %)**, **le reste de l'Europe régresse de 55,4 TWh (soit -15,8 %)**.

On assiste donc au **déversement massif des excédents allemands sur les pays voisins**, dont certains se prémunissent : c'est le cas de la Pologne et de la République Tchèque, qui ont installé des transformateurs-déphaseurs, tout comme la Belgique submergée à sa frontière néerlandaise par l'électricité produite en Allemagne du nord pour revenir en ... Allemagne du sud (faute de capacités de transit intérieures), via la France et la Suisse.

4.2. Pour autant, sans doute du fait de ces étranglements internes ou frontaliers, les prix moyens observés en Belgique, France et Suisse s'établissent autour de + 30 €/MWh, au lieu des -14,08 €/MWh en Allemagne (selon RTE). On ne constate donc **pas de propagation des prix négatifs allemands sur les pays voisins**, hormis sur quelques heures pour les 3 pays cités. Le postulat de RTE (« *une capacité d'échange insuffisante crée une différence de prix entre les marchés de gros* ») semble ainsi se transformer en théorème : **les prix négatifs allemands sont très vraisemblablement liés à des possibilités d'export insuffisantes**.

5. Qu'en conclure ?

5.1. Une première réaction s'impose, de stupéfaction : comment, dans un marché organisé, peut-on non seulement vendre à perte mais encore **payer un acheteur pour écouler un produit qui ne lui est pas nécessaire** ? Vue de cet « acheteur », **l'Allemagne, c'est cocagne !**

Non pas que les sommes en jeu soient monstrueuses. Il est d'ailleurs difficile de s'en faire une idée car tout dépend des paquets d'énergie ainsi négociés, ce sur quoi nous n'avons aucune information. Selon une source allemande, non vérifiée, la

« soule » s'élèverait à **180 M€ pour la seule année 2017**, moitié de la facture similaire pour la période antérieure, 2008 à 2016.

5.2. Indépendamment de l'aspect financier, ne doit-on pas souligner une **situation ubuesque** : celle d'un pays à la pointe de l'écologie, prônant le recours aux moyens renouvelables et la sobriété énergétique, qui n'hésite pas à « **chauffer les petits oiseaux** » pour écouler ses excédents d'énergie fossile, voire nucléaire !!! Alors que la solution qui devrait s'imposer consiste à recourir au stockage d'électricité, ce dont l'Europe ne prend pas le chemin.

5.3. Au-delà de cet aspect quantitatif, on doit dénoncer le caractère fallacieux d'un marché européen présenté « comme *« libre et non faussé »* » mettant en **concurrence des énergies pilotables, en tant que de besoin, avec des énergies fatales et intermittentes, déjà payées** à leurs producteurs ! Il est vrai que « *les prix négatifs [...] seraient un indicateur de flexibilité du parc conventionnel* ». On peut sourire de ce qui ressemble fort à une « *inversion de la preuve* » !

En réalité, la récurrence des prix négatifs désavoue ce système boursier car, « *si les acheteurs d'énergie peuvent saisir ces bonnes affaires pour optimiser leurs coûts sur le court terme et sur des volumes restreints [...], le signal de long terme est beaucoup plus négatif, notamment parce qu'il dégrade la rentabilité des investissements dans les moyens de production* », sous-entendu, pilotables.

Dit autrement, **ce marché ne délivre des signaux de prix que pour des spéculateurs à courte vue**. Mais aussi des contre-signaux de prix, auxquels les producteurs conventionnels répondent en s'abstenant d'investir. Conclusion reprise à son compte par les « *Alternatives Economiques* » du 12/1/2018, dénonçant « **la déglingue des marchés de l'électricité** ».

5.4. Et l'on voit :

- d'un côté, les instances européennes s'efforçant de promouvoir le développement des interconnexions transfrontalières ou, du moins, de prohiber l'entrave à la libre circulation des électrons butant sur des transfo-déphaseurs ;
- de l'autre, une forme de sédition, rapportée par Enerpresse du 2/3/2018 : « *Elia et 50Hertz ont annoncé mercredi 28 février avoir signé un accord inter-GRT avec TenneT, RTE et Swissgrid. L'objectif principal est d'aboutir à « une vision commune des solutions les plus prometteuses en matière de modèle de marché pour mettre en place un système énergétique fiable, durable et abordable pour l'avenir, et identifier les étapes nécessaires pour y arriver », a expliqué le GRT belge dans un communiqué. Le groupe portera sa réflexion sur l'horizon 2050 où la volonté de plusieurs États est d'arriver à décarboner la société [...]* ». **Façon de dire que l'actuel système énergétique n'est pas fiable ...**

5.5. Pour l'heure, l'Europe de l'électricité vit dangereusement, le seul signal-prix qui vaille étant constitué par les subventions aux EnR, sous forme de primes *ex-ante* (l'ancienne « *obligation d'achat* » toujours opérationnelle) ou *ex-post*, (le nouveau « *complément de rémunération* » par rapport au marché. Pour autant, les risques encourus de part et d'autre du Rhin diffèrent :

- la France ferme ses centrales au charbon et au fuel (et envisage de réduire son nucléaire ...), et RTE fonde ses prévisions d'équilibre hexagonal, sur la contribution des pays frontaliers, **sans garantie de la part de son grand voisin ...**
- l'Allemagne, elle, assure sa sécurité d'approvisionnement en épaulant son parc de production fatal (éolien + photovoltaïque) sur un parc pilotable plus qu'équivalent.

On tient là une des raisons, souvent ignorée, du coût élevé de l'électricité distribuée outre-Rhin puisqu'il faut financer un double parc, sa partie verte donnant lieu à la fameuse taxe EEG (triple de notre CSPE), sa partie classique ayant vu, de surcroît, son facteur de charge chuter de 54,5 % à 43,7 % en 15 ans ... Sans parvenir à masquer l'échec de cette *Energiewende*, du moins en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Mais c'est toute l'Europe qui fait de l'équilibrisme, se mettant à la merci d'aléas de production d'ordre météorologique ou technique (affectant lignes de communication ou centres de production). Risques pris sciemment puisque force est de constater que la fuite en avant éolo-solaire n'a pas fait émerger de solution industrielle de stockage d'EnRi régulièrement surabondantes et s'accompagne de mise sous cocon de moyens de production pilotables : « *des unités flambant neuves [...] ne tournent qu'à moitié de leur capacité et essuient des pertes de plusieurs millions d'euros par an. Les propriétaires ne voyant pas d'amélioration à terme décident de les fermer. Mais ils s'en voient empêchés par le gestionnaire du réseau qui considère que ces unités récentes doivent rester ouvertes afin d'assurer une réserve opérationnelle pour pallier l'insuffisance d'électricité renouvelable à certains jours et heures de l'année dans le sud de l'Allemagne* »⁵.

Le système électrique allemand n'est donc pas à l'abri de fortes tensions, encore plus quand la fermeture de ses 9,5 derniers GW de nucléaire, programmée pour 2020, aura eu lieu.

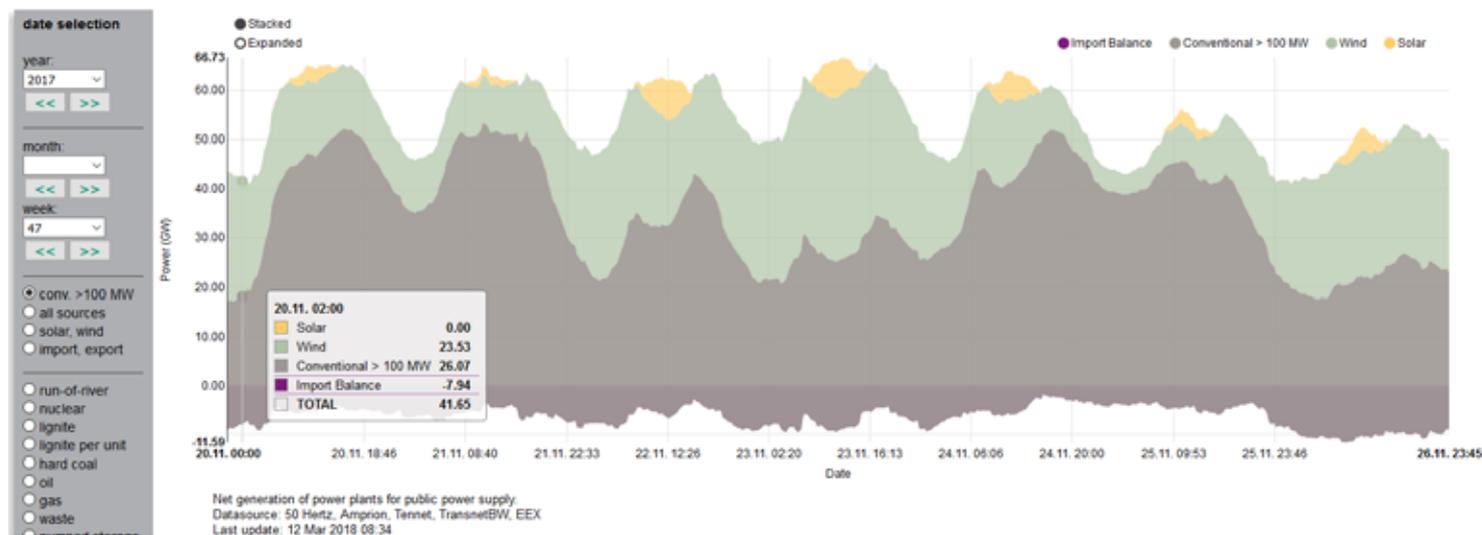
Notre réseau non plus, dont le gestionnaire RTE escompte manifestement le soutien de ses voisins (Allemagne en tête) ...

⁵ Article de François Lévêque dans les « *Alternatives Economiques* », déjà cité.

Copies d'écran des graphes Fraunhofer, avec leurs légendes, de la 47^{ème} semaine de 2017 :

Home Power Energy Emissions Prices Map of power plants Information

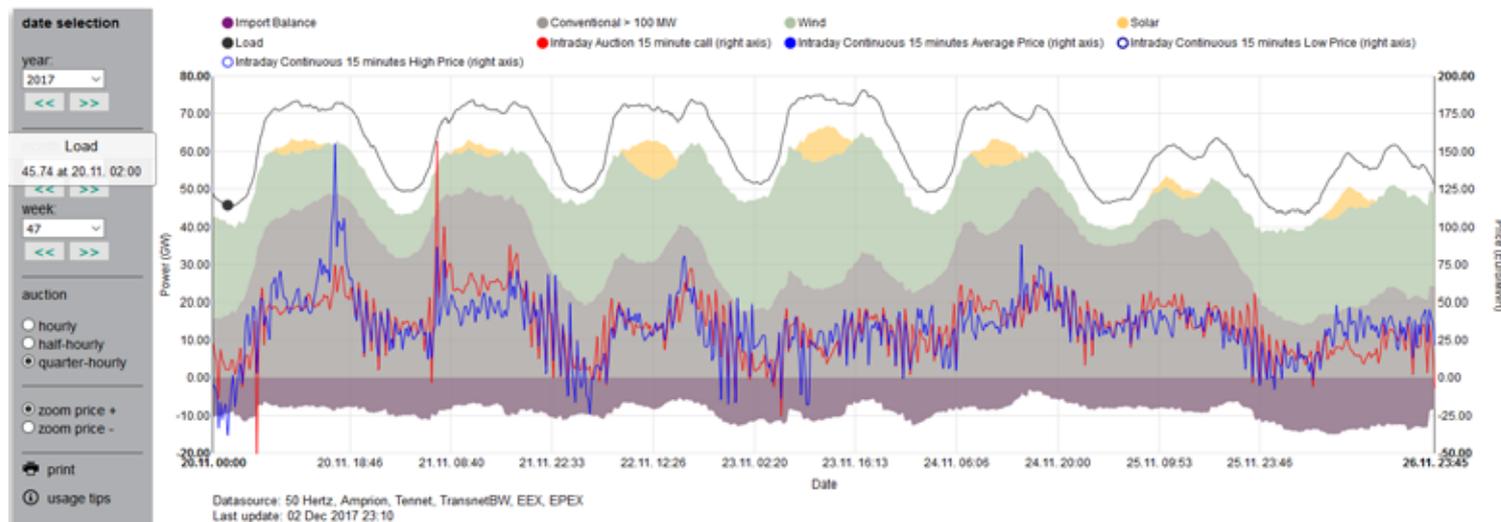
Electricity production in Germany in week 47 2017



Last update: 12 Mar 2018 08:34

Home Power Energy Emissions Prices Map of power plants Information

Electricity production and spot prices in Germany in week 47 2017



Last update: 02 Dec 2017 23:10



EUROBATS



EUROBATS

Publication Series
No.

6

L'Europe est confrontée à la nécessité de s'attaquer au problème du changement climatique et de la pollution, et de trouver des méthodes soutenables, supportables et durables pour répondre à la demande de production d'énergie. La promotion de méthodes alternatives de production d'électricité, telles que l'énergie éolienne, a donc été intensifiée. L'énergie éolienne, peu polluante, est bénéfique pour l'environnement, mais elle peut toutefois poser des problèmes à certaines espèces animales telles que les chauves-souris. EUROBATS a donc développé des lignes directrices pour évaluer les impacts potentiels des éoliennes sur les Chiroptères et pour que la planification, la construction et le fonctionnement de ces aérogénérateurs respectent les besoins écologiques des populations de chauves-souris.

Une première version de ces lignes directrices a été publiée en 2008, avec pour objectif principal de faire prendre conscience aux développeurs et aux planificateurs de la nécessité de tenir compte des chauves-souris, de leurs gîtes, de leurs voies de migration et de leurs zones d'alimentation. Les lignes directrices doivent aussi présenter un intérêt pour les services régionaux et nationaux chargés de concevoir des plans stratégiques pour les énergies renouvelables. Elles ont en outre servi de base aux lignes directrices nationales qui depuis ont été publiées dans plusieurs pays.

Un travail considérable de recherche sur l'impact des éoliennes sur les chauves-souris a été réalisé et l'amélioration des connaissances rendait nécessaire une mise à jour de ce document. Ces nouvelles directives s'appliquent aux grands projets éoliens aussi bien en zone urbaine qu'en zone

rurale, à terre ou en mer. Quelques études de cas sont présentées pour illustrer la mise en œuvre des mesures ERC dans certains pays. Les pays membres de l'Accord EUROBATS doivent adapter ces directives à leur situation et préparer ou mettre à jour leurs directives nationales en conséquence.



Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens

Actualisation 2014

ISBN 978-92-95058-32-3
(version imprimée)

ISBN 978-92-95058-33-0
(version électronique)

L. Rodrigues • L. Bach • M.-J. Dubourg-Savage • B. Karapandža
D. Kovač • T. Kervyn • J. Dekker • A. Kepel • P. Bach • J. Collins
C. Harbusch • K. Park • B. Micevski • J. Minderman



Rodrigues, L., L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, B. Karapandža, D. Kovač, T. Kervyn, J. Dekker, A. Kepel, P. Bach, J. Collins, C. Harbusch, K. Park, B. Micevski, J. Mindermann (2015). Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

Producteur	PNUE/EUROBATS
Coordinateur	Suren Gazaryan / EUROBATS Secretariat
Editeurs	Suren Gazaryan, Tine Meyer-Cords
Edition française	Marie-Jo Dubourg-Savage
Mise en page	Sandra Menzel

© 2016 Accord relatif à la Conservation des Populations de Chauves-souris d'Europe (PNUE/EUROBATS).

Cette publication peut être reproduite intégralement ou partiellement, sous quelque forme que ce soit, dans un but éducatif ou non-lucratif, sans autorisation spéciale du dépositaire des droits d'auteur, à condition de référencer la source. PNUE/EUROBATS souhaiterait recevoir une copie de toute publication utilisant la présente publication comme référence.

Cette publication ne peut en aucun cas être vendue ou utilisée, même partiellement, à toute fin commerciale sans une autorisation écrite préalable de PNUE/EUROBATS.

Nous exprimons notre gratitude au Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature, de la Construction et de la Sécurité nucléaire (Allemagne), qui a partiellement financé cette publication.

Soutenu par :



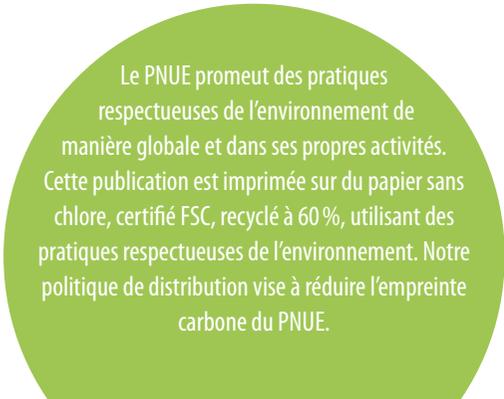
en vertu d'une décision du
Parlement de la République fédérale d'Allemagne

Des copies de cette publication sont disponibles auprès de :

UNEP/EUROBATS Secretariat
United Nations Campus
Platz der Vereinten Nationen 1
53113 Bonn, Germany
Tel (+49) 228 815 24 21
Fax (+49) 228 815 24 45
E-mail eurobats@eurobats.org
Web www.eurobats.org

[ISBN 978-92-95058-32-3 \(version imprimée\)](#)
[ISBN 978-92-95058-33-0 \(version électronique\)](#)

Photo de couverture :
Fiona Mathews, Royaume-Uni



Le PNUE promeut des pratiques respectueuses de l'environnement de manière globale et dans ses propres activités. Cette publication est imprimée sur du papier sans chlore, certifié FSC, recyclé à 60 %, utilisant des pratiques respectueuses de l'environnement. Notre politique de distribution vise à réduire l'empreinte carbone du PNUE.



Table des matières

	Avant-propos	6
1	Introduction	7
2	Aspects généraux du processus de planification	10
2.1	Phase de sélection du site	11
2.2	Phase de construction	13
2.3	Phase de fonctionnement	14
2.4	Phase de démantèlement	14
2.5	Petites éoliennes ou éoliennes domestiques	15
3	Réalisation des études d'impacts	17
	Objectifs de l'étude d'impact concernant les chauves-souris	19
3.1	Pré-diagnostic	19
	Niveau du risque de collision pour les espèces européennes de chauves-souris	20
3.2	Diagnostic	22
3.2.1	Conception du diagnostic	22
3.2.2	Méthodes de diagnostic	23
3.2.2.1	Eoliennes terrestres	23
3.2.2.2	Eoliennes en mer	25
3.2.2.3	Petites et micro-éoliennes	26
3.2.3	Effort de diagnostic	26
3.2.4	Type de diagnostic	27
3.2.4.1	Diagnostic à terre	27
	a) Recherche de gîtes importants	27
	b) Etudes acoustiques au sol	27
	c) Etude de l'activité en hauteur	28
	d) Equipement nécessaire	29
	e) Calendrier de l'étude	29
	Relevés au sol avec détecteur manuel	29
	Etude avec détecteur automatique aux emplacements prévus pour les éoliennes	30
	Suivi continu avec détecteur automatique	30
	Pour tous les types de boisements	31
3.2.4.2	Diagnostic en mer	31
	a) Les études depuis la terre	31



b) Les études en mer	32	6.2	Quelles sont les meilleures méthodes pour évaluer, pendant les études d'impact et le suivi post-construction, les impacts possibles de la construction des éoliennes sur les chauves-souris (développement de la méthodologie) ?	59
c) Calendrier des relevés	32	6.3	Quelle est l'efficacité des mesures de réduction mises en œuvre actuellement ?	60
3.2.5 Rapport de diagnostic et évaluation	32	6.4	Quelle est l'ampleur de l'effet sur les populations, en particulier l'effet cumulatif des parcs éoliens ?	60
3.3 Modification de puissance et extension	34	6.5	Quels sont les habitats/paysages où les éoliennes ne devraient pas être autorisées en raison d'un taux de collision élevé ?	61
4 Suivi des impacts	35	6.6	Quel est le comportement des chauves-souris en migration au-dessus de vastes étendues d'eau, en particulier en mer ? Combien sont-elles à présenter ce comportement ?	62
4.1 Suivi de l'activité à hauteur de nacelle	35	6.7	Petites éoliennes	64
4.2 Suivi de la mortalité	37	7 Contenu des lignes directrices nationales		65
4.2.1 Recherche de cadavres de chauves-souris	37	7.1	Développer des lignes directrices nationales	66
a) Surface prospectée	37	7.2	Conformité des recommandations nationales avec les lignes directrices d'EUROBATS	67
b) Nombre d'éoliennes contrôlées	38	7.3	Contenu des lignes directrices	68
c) Intervalle de temps entre les contrôles	38	7.4	Adapter les lignes directrices aux conditions locales	70
d) Calendrier du suivi	38	7.5	Garantir la mise en œuvre des recommandations	71
e) Méthodes de recherche et paramètres à enregistrer	39	8 Conclusions et suites à donner		72
4.2.2 Estimation du nombre de victimes	39	9 Références / bibliographie complémentaire		73
a) Tests de disparition des cadavres pour estimer le taux de prédation	39	10 Glossaire		85
b) Tests d'efficacité du contrôleur	40	Remerciements		87
c) Estimateurs de mortalité	41	Annexe 1 : Etudes réalisées en Europe		88
d) Effets cumulatifs	43	Annexe 2 : Mortalité connue de chauves-souris en Europe (2003-2015)		130
5 Eviter, réduire et compenser	44	Annexe 3 : Distances de chasse maximales par espèce et hauteurs de vol		132
5.1 Mortalité	45	Annexe 4 : Coefficients de détectabilité pour comparer les indices d'activité		138
5.1.1 Evitement	46			
5.1.1.1 Planifier l'aménagement du site	46			
5.1.1.2 Eviter de détruire des gîtes en présence de chauves-souris	47			
5.1.1.3 Elimination des facteurs d'attraction	47			
5.1.2 Réduction	48			
5.1.2.1 Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage	48			
5.1.2.2 Systèmes dissuasifs	52			
5.1.3 Compensation	52			
5.2 Perte/détérioration des habitats	52			
5.2.1 Evitement	53			
5.2.2 Réduction	53			
5.2.3 Compensation	54			
5.3 Dérangement	54			
5.3.1 Evitement	55			
5.3.2 Réduction	55			
6 Priorités en matière de recherche	56			
6.1 Pourquoi les chauves-souris entrent-elles en collision avec les éoliennes ?	57			

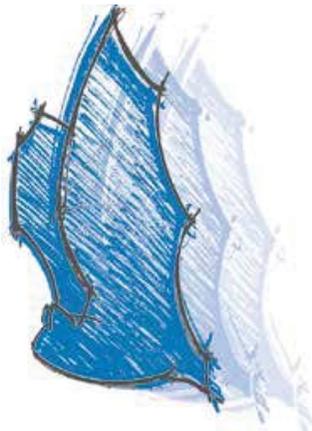
Avant-propos

Conformément à la Résolution 4.7, adoptée à la 4^{ème} session de la Conférence des Parties (Sofia, Bulgarie, 22-24 septembre 2003), le Comité Consultatif d'EUROBATS a été chargé d'évaluer sur les populations de chauves-souris l'évidence de l'impact des éoliennes et au besoin de développer des lignes directrices volontaires pour évaluer les impacts potentiels sur les chauves-souris et pour installer les éoliennes conformément aux exigences écologiques des populations de Chiroptères. Pour répondre à cette requête, un groupe de travail inter-session (IWG) fut créé lors de la 9^{ème} réunion du Comité Consultatif (Vilnius, Lituanie, 17-19 mai 2004). Certains membres du groupe de travail se proposèrent pour préparer des lignes directrices afin d'évaluer les impacts potentiels des éoliennes sur les chauves-souris. Elles furent adoptées à la 5^{ème} session du Meeting des Parties

(Ljubljana, Slovénie, 4-6 septembre 2006) comme annexe à la Résolution 5.6. Ces lignes directrices furent publiées dans la Série de Publications d'EUROBATS (RODRIGUES *et al.* 2008). Conformément à la Résolution 6.12 de la 6^{ème} session du Meeting des Parties (Prague, République tchèque, 20-22 septembre 2010), ces recommandations volontaires (et toutes les mises à jour ultérieures doivent être à la base des lignes directrices nationales à développer et à mettre en œuvre en tenant compte de l'environnement local.

Ces lignes directrices ont été actualisées et la version révisée (le présent document) a été adoptée à la 7^{ème} session du Meeting des Parties (Bruxelles, Belgique, 15-17 septembre 2014) comme annexe de la Résolution 7.5.

Les termes en caractères gras et en italique sont inclus dans le [glossaire](#).



1 Introduction

Il existe actuellement 53 espèces de chauves-souris dans l'aire géographique couverte par EUROBATS et elles sont répertoriées dans l'Accord. Les chauves-souris sont protégées par la loi dans tous les pays européens. Celles présentes dans les pays de l'Union Européenne sont protégées par la Directive Habitats ; toutes sont listées dans l'Annexe IV de cette directive (les états membres doivent prendre les mesures nécessaires pour établir un système de protection stricte dans leur aire naturelle de distribution) et certaines d'entre elles figurent aussi dans l'Annexe II (espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation. En outre la plupart des espèces sont inscrites sur la liste rouge d'un ou de plusieurs pays en Europe et sur la Liste Rouge de l'UICN (IUCN 2014).

L'Europe est toujours confrontée à la nécessité de s'attaquer aux problèmes du changement climatique et de la pollution de l'environnement, et de trouver des méthodes soutenables et supportables pour répondre aux demandes de production d'énergie. L'engagement à produire une énergie générant moins d'émissions polluantes a conduit à accroître le développement de méthodes alternatives, l'énergie éolienne par exemple, conformément au Protocole de Kyoto et à la Directive 2009/28/EC du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 sur la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, modifiant

puis abrogeant les Directives 2001/77/EC et 2003/30/EC. En outre le public et les politiques prennent de plus en plus conscience de la nécessité de réduire ou d'arrêter la production d'énergie d'origine nucléaire.

Le fait que les éoliennes posent un problème pour les oiseaux a été signalé



Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus) trouvée morte avec fracture du crâne sous une éolienne (Allemagne). © H. Schauer-Weissshahn & R. Brinkmann

depuis longtemps (WINKELMAN 1989, PHILLIPS 1994, REICHENBACH 2002). Plus récemment, de nombreuses études ont montré qu'elles pouvaient aussi avoir des impacts négatifs sur les chauves-souris (par exemple ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD & BARCLAY 2014, RYDELL *et al.* 2010a, LEHNERT *et al.* 2014). La mortalité par les éoliennes se produit par collision ou par barotraumatisme (ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012).

Diverses raisons expliquent la présence de chauves-souris autour des éoliennes et

la mortalité qui en résulte. Il est évident que l'emplacement des aérogénérateurs est une variable importante (cf. DÜRR & BACH 2004). Il existe plusieurs exemples européens où une étude d'impact appropriée a eu pour résultat l'abandon d'un projet éolien en raison de sa localisation inappropriée pour les chauves-souris. L'annexe 1 résume les études réalisées en Europe.

Par vent faible l'activité des insectes et des chauves-souris se déroule à plus grande altitude, augmentant ainsi la présence potentielle de ces dernières près des pales en rotation. Des projecteurs de sécurité en bas des mâts, la couleur des éoliennes et des effets acoustiques sont aussi suspectés d'attirer des insectes volants et des chiroptères dans la zone à risque (HORN *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b, LONG *et al.* 2011).

Il a été suggéré que les feux pour l'aviation civile, au-dessus de la nacelle, pouvaient aussi attirer les chauves-souris, mais BENNET & HALE (2014) ont rejeté cette hypothèse. En outre, les extrémités des

pales peuvent tourner jusqu'à 250-300 km/h, ce qui les rend totalement indétectables pour le sonar des chauves-souris (LONG *et al.* 2009, 2010a). Outre le risque de collision directe, l'effet de sillage modifie radicalement la pression de l'air près des pales en rotation, élargissant ainsi la zone à risque et provoquant des barotraumatismes mortels aux chauves-souris en vol (BAERWALD *et al.* 2008). Au total, 27 espèces de chauves-souris européennes ont été trouvées près des aérogénérateurs, victimes des éoliennes (annexe 2). Des mesures adéquates d'**évitement** et de **réduction** prenant ces risques en compte doivent être incluses dans l'étude d'impact sur l'environnement et dans le permis de construire délivré par les autorités avant la phase opérationnelle (cf. chapitre 5).

Une première version des lignes directrices a été publiée en 2008 avec pour premier objectif de faire prendre conscience aux développeurs et aux planificateurs de la nécessité de tenir compte des chauves-souris, de leurs gîtes, de leurs voies de **migration** et de leurs terrains de chasse

lors de l'évaluation des projets éoliens. Ces lignes directrices devaient aussi présenter un intérêt pour les autorités locales et nationales délivrant les autorisations et chargées de concevoir des plans stratégiques en faveur de l'énergie durable. En outre elles servent de base aux lignes directrices nationales qui furent publiées ultérieurement dans plusieurs pays.

De très nombreuses recherches relatives aux impacts des éoliennes sur les chauves-souris ont été menées et l'amélioration accrue des connaissances justifie la mise à jour de ce document. Les présentes lignes directrices s'appliquent aux grands parcs éoliens aussi bien en zone urbaine qu'en zone rurale, aussi bien à terre qu'en mer. Il est brièvement fait état des petites éoliennes ou éoliennes domestiques, ainsi que d'un aperçu des types de questions à considérer. Certaines études de cas ont été incluses pour illustrer la mise en œuvre des mesures de **réduction** et de **compensation** dans certains pays. Les pays membres doivent adapter ces lignes directrices à leur situation et préparer ou mettre à jour leurs directives nationales en conséquence.

Etant donné que les Parties de l'Accord EUROBATS se sont engagées vers un but commun : la conservation des chauves-souris dans toute l'Europe, là où les voies de **migration** des Chiroptères franchissent des frontières, toute évaluation environnementale stratégique ou toute étude d'impact environnementale des plans et projets éoliens susceptibles d'avoir des effets transfrontaliers doivent rechercher une coopération internationale avec d'autres gouvernements.



Il a été suggéré que les chauves-souris pouvaient être attirées par les insectes volant autour des éoliennes : fourmis capturées sur un adhésif lors d'un essaimage (photo de gauche) en Suède.

© J. Rydell

2 Aspects généraux du processus de planification

La planification des projets s'organise généralement à l'échelle locale ou régionale et chaque localité ou région a ses propres stratégies pour traiter toute une série de plans divers y compris le développement économique, les transports, le logement, l'environnement et l'énergie. Les politiques ou les stratégies de planification relatives à l'énergie éolienne doivent traiter différents facteurs environnementaux.

Les chauves-souris doivent être considérées à un niveau élevé de la planification régionale quand il s'agit de désigner des zones prioritaires pour l'énergie éolienne. Dans certains cas la modélisation peut être un outil puissant à ce niveau de planification régionale (ROSCIONI *et al.* 2013, 2014; SANTOS *et al.* 2013).

Comme les chiroptères sont présents presque partout et que la mortalité de chauves-souris est notée dans pratiquement tous les types de paysages, il y a de fortes chances qu'elles soient affectées par la plupart des projets éoliens. Par conséquent, les autorités compétentes délivrant les autorisations et décidant des conditions s'appliquant aux projets éoliens doivent demander que soit réalisée une étude d'impact appropriée pour les chauves-souris avant d'autoriser le plan ou le projet. Cette étude peut ou non faire partie d'une procédure formalisée et légale d'étude d'impact - **EIE** - ou d'évaluation stratégique environnementale - **ESE**. Il est aussi nécessaire d'adopter des

orientations et des pratiques qui reflètent l'expérience acquise sur des sites éoliens en fonctionnement pour que les populations de chauves-souris ne soient pas menacées. Le but d'une étude d'impact est d'évaluer les effets possibles sur les populations locales et migratrices de chauves-souris et aussi de déterminer pour le site en question des **mesures ERC (évitement, réduction et compensation)** et des programmes de suivi.

Les autorités qualifiées peuvent réglementer la construction et le fonctionnement des éoliennes en fixant des conditions de fonctionnement et/ou des obligations de planification. Ces conditions et obligations peuvent s'appliquer à toute une série de questions comprenant la taille, l'agencement et l'emplacement du projet, et le bridage temporel des éoliennes. Lorsqu'ils évaluent les demandes d'autorisation de construction d'éoliennes et quand ils établissent des conditions ou des obligations, les planificateurs doivent se préoccuper des effets possibles des éoliennes sur les chauves-souris en termes de mortalité, de dérangement, de perte de connectivité entre les gîtes et les terrains de chasse, de rupture des routes de **transit** et de **migration**, et/ou de perte ou de dégradation de l'habitat. Les autorités doivent aussi exiger que les impacts des éoliennes sur les populations de chauves-souris fassent l'objet d'un suivi après la construction.

La stratégie pour réduire les impacts doit, dans l'ordre, d'abord se baser sur l'**évitement** de l'impact, puis sur la **réduction** des impacts et finalement sur la **compensation** des effets résiduels. Il s'agit là des **mesures ERC** établissant une hiérarchie de l'atténuation.

Chaque phase de développement des projets éoliens (avant, pendant et après construction) peut avoir un impact plus ou moins important sur les chauves-souris.

2.1 Phase de sélection du site

La mort des chauves-souris due aux éoliennes se produit par collision et/ou par barotraumatisme (ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012). Les raisons pour lesquelles les chauves-souris volent près des éoliennes et entrent en collision avec les pales sont nombreuses (*cf. chapitre 1*). Il est évident que l'emplacement des éoliennes par rapport à l'habitat des chauves-souris est un facteur essentiel (*tableau 1*).

Tableau 1 : Impacts les plus importants en relation avec le site d'implantation des éoliennes, d'après Bach & Rahmel (2004).

Impacts en lien avec le site d'implantation		
Impact	En été	Pendant la migration
Perte des habitats de chasse pendant la construction des routes d'accès, des fondations, etc.	Impact faible à moyen, en fonction du site et des espèces présentes sur ce site.	Impact faible.
Perte de gîtes en raison de la construction des routes d'accès, des fondations, etc.	Impact probablement fort à très fort, en fonction du site et des espèces présentes sur ce site.	Impact fort ou très fort, par ex. perte de gîtes d'accouplement.

Les développeurs doivent envisager de placer les éoliennes à distance des corridors étroits de **migration** et de **transit** des chauves-souris ainsi que des zones où elles se regroupent : gîtes et terrains de chasse. Les éoliennes peuvent servir de repères pendant la **migration** ou le **transit**, ce qui peut aggraver le risque de collision. Des zones tampons doivent être créées autour des gîtes d'importance nationale et régionale. Il faut aussi tenir compte de la présence d'habitats tels que forêts, arbres, bocage, zones humides, plans d'eau, rivières

et cols de montagne que les chauves-souris ont de grandes chances de fréquenter pendant leur cycle d'activité. La présence de ces habitats augmentera la probabilité de celle des chauves-souris. Par exemple, les corridors formés par les grandes rivières peuvent servir de voies de **migration** pour les espèces telles que *Nyctalus noctula* ou *Pipistrellus nathusii*. Cependant des niveaux de mortalité élevés sont aussi constatés dans des parcs éoliens situés dans de vastes zones agricoles ouvertes (BRINKMANN *et al.* 2011). L'information sur

les habitats et les lieux où les éoliennes peuvent avoir un impact sera une aide à la prise de décision.

Dans certains pays européens, de nombreuses éoliennes prévues à l'origine sur des sites inappropriés, où des impacts sur les chauves-souris étaient prévisibles, n'ont pas été construites en raison d'une étude d'impact inadaptée. Par exemple, des projets éoliens près du gîte d'hibernation d'intérêt international de la Montagne Saint-Pierre/Sint-Pietersberg à la frontière de la Belgique et des Pays-Bas, ont été refusés par les autorités au motif de la conservation des chauves-souris.

Les éoliennes ne doivent pas être installées en forêt, quel qu'en soit le type, ni à moins de 200m en raison du risque de mortalité élevé (DÜRR 2007, KELM *et al.* 2014) et du sérieux impact sur l'habitat qu'un tel emplacement peut produire pour toutes les espèces de chauves-souris. Les forêts caducifoliées matures sont les habitats à chauves-souris les plus importants d'Europe, à la fois en termes de diversité d'espèces que d'abondance (par ex. WALSH & HARRIS 1996a, b, MESCHÉDE & HELLER 2000, RUSSO & JONES 2003, KUSCH & SCHOTTE 2007), mais les jeunes peuplements ou les plantations de résineux peuvent aussi faire vivre une importante chiroptérofaune (BARATAUD *et al.* 2013, KIRKPATRICK *et al.* 2014, WOJCIUCH-PLOSKONKA & BOBEK 2014). Quand des parcs éoliens sont installés en forêt, il est souvent nécessaire d'abattre des arbres pour construire les infrastructures de support et les éoliennes. Ceci pourrait entraîner une perte importante de gîtes. En outre, la forte augmentation d'écotones forestiers ainsi créés aurait pour résultat d'améliorer l'habitat potentiel de chasse



*Parc éolien en Forêt Noire (Allemagne). Une population locale de Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) a été affectée par ces éoliennes, ainsi que des espèces migrantes telles que la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*).
© H. Schauer-Weissahn & R. Brinkmann*

pour les chauves-souris (KUSCH *et al.* 2004, MÜLLER *et al.* 2013, WALSH & HARRIS 1996a, b), ce qui entraînerait une augmentation de l'activité des chauves-souris encore plus près des éoliennes et donc un risque de mortalité accru. En outre, d'aussi grandes modifications de l'habitat réduisent l'efficacité des études préalables à la construction visant à prédire les impacts probables du projet sur les chauves-souris.

Dans les pays extrêmement boisés de l'Europe du Nord, il peut être nécessaire d'inclure les forêts dans les sites potentiels de construction des parcs éoliens en raison du manque de sites alternatifs. L'importance de ces zones pour les chauves-souris doit être considérée au niveau stratégique pendant la conception du projet. Dans ces circonstances il convient d'apporter une attention particulière aux directives nationales et au processus de planification de façon à ce que les éoliennes ne soient pas

installées dans des secteurs importants pour les chauves-souris.

Malgré la recommandation que les éoliennes ne soient pas construites en milieu boisé, quel qu'en soit le type, ni à moins de 200 m de celui-ci, comme cela était clairement préconisé dans la version précédente de ces lignes directrices (demande maintenue et encore plus appuyée dans cette version-ci), des parcs éoliens ont été autorisés et sont déjà en fonctionnement dans les forêts, bien que seulement dans quelques pays européens.

Par conséquent, des instructions relatives aux éoliennes en forêt sont fournies, à contrecœur, dans les présentes lignes directrices pour l'étude (cf. chapitre 3), le suivi (cf. chapitre 4) et les **mesures ERC** (cf. chapitre 5) et en raison du risque accru de ce type de site pour les chauves-souris il est beaucoup plus contraignant de les suivre strictement que dans des sites plus acceptables.

Des zones tampons de 200 m doivent aussi s'appliquer aux autres habitats particulièrement importants pour les chauves-souris tels que les rangées d'arbres, les haies du bocage, les zones humides et les cours d'eau (par ex. LIMPENS *et al.* 1989, LIMPENS & KAPTEYN 1991, DE JONG 1995, VERBOOM & HUITEMA 1997, WALSH & HARRIS 1996a, b, KELM *et al.* 2014), ainsi qu'à tout secteur où l'étude d'impact a mis en évidence une forte activité de chauves-souris. Des niveaux faibles d'activité avant la construction ne sont pas une certitude qu'il n'y aura pas d'impact sur les chauves-souris après la construction, car la présence des éoliennes et des **infrastructures connexes** peut modifier l'activité des chauves-souris et celle-ci peut aussi varier d'une année à

l'autre. La distance tampon se mesure à partir de la pointe des pales et non de l'axe du mât.

2.2 Phase de construction

Les travaux de construction qui auront probablement un impact sur les chauves-souris doivent être programmés, lorsque c'est possible, pour les périodes de l'année où ils n'impacteront pas les chauves-souris. Ceci nécessite une connaissance locale des espèces de chauves-souris présentes dans le secteur, de la localisation des gîtes, notamment ceux d'hibernation, et la compréhension de leur cycle vital annuel. L'année typique des chauves-souris d'Europe implique une période d'activité et une période d'hibernation. En Europe centrale elles sont généralement actives d'avril à octobre et elles sont plus ou moins actives ou en hibernation de novembre à mars, mais dans le Sud plus chaud et sous le climat maritime de l'Ouest, l'hibernation n'a lieu que de mi-décembre à février (et lors d'hivers doux certaines populations n'hibernent absolument pas). Toutefois pour chaque espèce ces périodes vont varier selon la position géographique (latitude et altitude), mais aussi d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. Le comportement de certaines espèces joue aussi un rôle, car certaines chauves-souris tolérantes au froid sont plus actives en hiver que d'autres.

Les travaux de construction des aérogénérateurs et des **infrastructures connexes** pour le parc éolien, y compris les socles des éoliennes, les plates-formes de levage, les pistes d'accès temporaires ou permanentes, les câbles de connexion au réseau

et les bâtiments, doivent tous être considérés comme des sources potentielles de dérangement ou de préjudices.

La construction doit avoir lieu aux heures appropriées pour minimiser les impacts du bruit, des vibrations, de l'éclairage et d'autres perturbations sur les chauves-souris. Les travaux de construction doivent être clairement définis dans toute programmation pour garantir que les opérations seront limitées aux périodes les moins sensibles dans le secteur.

Les rapports doivent aussi mentionner que les chauves-souris utilisent les nacelles comme gîtes. Les vides et les interstices des éoliennes devront donc être inaccessibles.

Tableau 2 : Impacts potentiels les plus importants en lien avec le fonctionnement des éoliennes, adapté de Bach et Rahmel (2004).

Impacts en lien avec le parc éolien en fonctionnement		
Impact	En été	En migration
Perte ou déplacement des corridors de vol	Impact moyen	Impact faible
Mortalité	Impact faible à fort en fonction de l'espèce	Impact fort à très fort

Les éoliennes et leur environnement immédiat devront être gérés et entretenus de manière à ce qu'ils n'attirent pas les insectes (des mesures pour mettre en œuvre cette recommandation sont suggérées au point 5.1.1.3).

2.4 Phase de démantèlement

Les services instructeurs peuvent accompagner le permis de construire de conditions et/ou de conventions de planification

2.3 Phase de fonctionnement

En fonction du site et du niveau d'impact prédit (tableau 2), il faudra subordonner l'obtention des permis de construire au respect des conditions de planification et d'exploitation, afin de limiter le fonctionnement des éoliennes lors des périodes d'activité maximale des chauves-souris, telles que la période automnale de **migration** et de **regroupement** (« **swarming** »). Les conditions de planification et d'exploitation possibles peuvent comprendre l'arrêt des aérogénérateurs la nuit pendant les périodes critiques de l'année. Des exemples sont fournis dans le chapitre 5.

s'étendant jusqu'au stade de démantèlement. Les éoliennes peuvent être aisément et rapidement démontées. Il conviendra de veiller à ce que le démantèlement intervienne à une période de l'année où le dérangement des chauves-souris et de leurs habitats sera réduit au minimum. En établissant les conditions de remise en état du site, autorités doivent tenir compte de la nécessité d'inclure des conditions favorables aux chauves-souris et à leurs habitats.

2.5 Petites éoliennes ou éoliennes domestiques

Les **petites éoliennes** (aussi appelées éoliennes domestiques ou micro-éoliennes, en anglais SWT) sont installées en nombres croissants dans le monde. Il n'existe pas de définition cohérente pour indiquer ce que sont les petites éoliennes ; leur taille (à la fois la hauteur du moyeu et la surface balayée par le rotor) et leur conception varient fortement. Leur nombre exact est donc difficile à établir. Cependant l'Association mondiale pour l'énergie éolienne (WWEA) indiquait qu'en 2010 jusqu'à 650 000 petites éoliennes d'une capacité <100 kW avaient été installées dans le monde, produisant 382 GWh par an. En raison de leur plus petite taille, comparée à celle des grands aérogénérateurs, les éoliennes domestiques sont souvent présentes dans une gamme bien plus vaste d'habitats que leurs homologues des parcs éoliens (RENEWABLEUK 2012).

La preuve des effets sur la faune sauvage dont on dispose pour les grandes éoliennes ne peut être directement extrapolée aux éoliennes domestiques (PARK *et al.* 2013) car ces dernières sont souvent installées à proximité immédiate des habitations humaines et des éléments du paysage tels que les haies, les alignements d'arbres et la proximité de l'eau (RENEWABLEUK 2012) qui ont de fortes chances d'être fréquentés par une grande diversité de chauves-souris. Le peu de preuves actuellement disponibles sur les effets des petites éoliennes sur la faune sauvage concernent une gamme limitée de tailles d'éoliennes. Dans certaines régions européennes (par ex. certaines circonscriptions en Allemagne), le

développement de lignes directrices pour les éoliennes domestiques est en progression, mais dans de nombreux secteurs les autorités en charge de la planification ne requièrent aucune étude d'impact. **Les recommandations présentées ici sont limitées aux impacts des petites éoliennes dont la hauteur du moyeu est <18 m.**

La preuve expérimentale publiée, spécifique aux petites éoliennes, montre que la **réduction** d'activité des chauves-souris (principalement des pipistrelles et une plus petite proportion de murins) peut atteindre jusqu'à 50% à proximité immédiate (1-5 m) des éoliennes domestiques en fonctionnement. A des distances plus grandes (20-25 m) cet effet diminue (MINDERMANN *et al.* 2012), ce qui suggère que les chauves-souris évitent les petites éoliennes en fonctionnement. LONG *et al.* (2009) ont montré par une étude en laboratoire que les échos ultrasonores renvoyés par les pales en mouvement des petites éoliennes étaient défectueux, ce qui augmenterait potentiellement le risque de collision, les pales en rotation étant mal détectées. Cela pourrait expliquer pourquoi les chauves-souris évitent les petites éoliennes. En particulier dans les régions où trouver un habitat favorable (terrains de chasse et voies de **transit**) est déjà une contrainte, la perturbation ou le déplacement qui résultent d'un tel **évitement** peut avoir des effets négatifs sur les populations locales. Les chauves-souris préférant les milieux ouverts et qui volent relativement haut, les espèces capables d'exploiter des milieux plus fermés ou celles qui utilisent souvent les lisières ou les trouées courent sans doute le plus de

risques. Cela peut concerner les genres *Barbastella*, *Eptesicus*, *Plecotus*, *Rhinolophus*, *Pipistrellus* et *Myotis*. Des études systématiques sur l'estimation de la mortalité par collision avec des petites éoliennes n'ont pas été publiées. MINDERMAN *et al.* (en révision) n'ont trouvé aucun cadavre au cours de 171 recherches systématiques dans 21 sites d'éoliennes domestiques et dans cet échantillon seuls trois propriétaires (sur les 212 contrôlés) ont signalé des cadavres de chauves-souris. S'ajoutant

à une preuve anecdotique (BCT 2007), ceci montre que dans certains cas la mortalité de chauves-souris doit être une sérieuse préoccupation.

En résumé, à partir des preuves actuellement disponibles il est clair que (1) les petites éoliennes peuvent perturber et/ou délocaliser des chauves-souris, limitant la disponibilité d'un habitat potentiellement favorable et (2) la mortalité de chauves-souris peut être un problème sur certains sites.

3 Réalisation des études d'impacts

Les sites éoliens peuvent avoir un certain nombre d'impacts sur les chauves-souris. Pendant la construction, les routes de vol, les terrains de chasse, les gîtes de mise bas et d'hibernation peuvent être détruits ou abandonnés par les chauves-souris et pendant leur fonctionnement les éoliennes peuvent tuer des chauves-souris par collision ou par barotraumatisme. **Pour cette raison il est nécessaire, pour tous les projets de parcs éoliens, de réaliser des études détaillées pour les chauves-souris (diagnostics chiroptérologiques) faisant partie d'études d'impact (qui peuvent ou non entrer dans le cadre d'un processus formalisé légal EIE (étude d'impact sur l'environnement) ou ESE (évaluation stratégique environnementale)).** Le but de ces études est d'évaluer les impacts possibles sur les chauves-souris résidentes ou migratrices, ainsi que de proposer une protection spécifique au site ou des mesures de **réduction** ou de **compensation** et des programmes de suivi.

Il est important d'avoir une bonne connaissance, au niveau local, des populations de chauves-souris et de leur statut biologique et de conservation, dans chaque site concerné. Cette connaissance doit s'obtenir par des études d'impact sur l'environnement. Cela permettra de mettre en œuvre des mesures de **réduction**.

Ces dernières années la question débattue était de savoir si des études d'impact sur les chauves-souris étaient nécessaires pour tous les projets de parcs éoliens ou

s'il était opportun d'appliquer des mesures de **réduction** générales sans étude d'impact préalable. Plusieurs études ont montré qu'au cours d'une année, la plupart des cadavres de chauves-souris étaient découverts en fin d'été et en automne (ALCALDE 2003, ARNETT *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010a, BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012) et qu'il s'agissait souvent d'espèces migratrices (AHLÉN 1997, AHLÉN 2002, ARNETT *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010a, BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013). Toutefois les recherches ont révélé qu'en fonction du pays et du lieu exact, des populations résidentes de chauves-souris pouvaient aussi être affectées par les éoliennes (ARNETT 2005, BRINKMANN *et al.* 2011). La mortalité de chauves-souris se produit aussi au printemps et en début d'été, surtout dans les



*Parc éolien construit en 2002 (Aveyron, France) sur une crête en bordure d'une hêtraie. A cette époque l'impact des éoliennes sur les chauves-souris n'était guère connu et elles n'étaient pas prises en compte dans l'étude d'impact.
© M.-J. Dubourg-Savage*



parties méridionales de l'Europe (ZAGMA-JSTER *et al.* 2007, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BEUCHER *et al.* 2013). En tenant compte de cette information, des diagnostics chiroptérologiques doivent être réalisés pour tous les projets afin d'identifier si le site proposé est approprié, de modifier son agencement au besoin, de développer des mesures de **réduction** ou de **compensation** spécifiques au site en question et de planifier un suivi post-construction approprié. Cette obligation a été confirmée par les résolutions 5.6, 6.12 et 7.5, respectivement lors de la 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} session du Meeting des Parties d'EUROBATS.

L'étude d'impact doit identifier les espèces de chauves-souris, leurs périodes de présence au cours de l'année, leur distribution spatiale (horizontalement et verticalement) en relation avec le projet éolien. Elle doit aussi corrélérer les conditions microclimatiques (vitesses du vent, températures et précipitations avec l'activité des chauves-souris. Ceci permet de concevoir un programme ciblé d'**évitement** et de **réduction** qui peut inclure l'abandon du projet, le déplacement de certaines éoliennes proposées, le recours à une **mise en drapage** spécifique au site, une **vitesse de vent de production** plus élevée (« cut-in wind speed » et un arrêt temporaire des aérogénérateurs, ainsi qu'un suivi post-construction. Les exploitants doivent aussi disposer de données sérieuses sur l'activité des chauves-souris afin de calculer les risques économiques du parc éolien.

Les générations actuelles de grandes éoliennes permettent une production d'énergie économique dans presque tous les paysages. Quel que soit le milieu il est im-

portant de réaliser que des éoliennes plus grandes ne réduisent pas nécessairement la mortalité des chauves-souris (GEORGIAKAKIS *et al.* 2012). Au contraire, des rotors plus larges peuvent accroître la mortalité (ARNETT *et al.* 2008). Des études ont aussi montré que même dans des habitats apparemment inadéquats pour les chauves-souris, tels que les vastes plaines agricoles dégagées, les éoliennes pouvaient engendrer une forte mortalité de chauves-souris (BRINKMANN *et al.* 2011). Les parcs éoliens au sommet des collines ou dans les plaines littorales ouvertes peuvent avoir les mêmes résultats (GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BACH *et al.* 2013b). Quand les parcs sont construits dans les forêts, les impacts peuvent être aggravés, en particulier pour les populations résidentes de chauves-souris (*cf. chapitre 2.1*).

La méthodologie du diagnostic chiroptérologique doit prendre en compte l'été ainsi que les saisons de **migration** printanière et automnale, mais aussi l'hiver en Europe méridionale afin d'éviter et de réduire les impacts de manière satisfaisante. Il importe que les autorités compétentes consultent des experts chiroptérologues réputés afin d'évaluer les impacts potentiels sur les chauves-souris lors de l'examen des demandes de permis de construire des éoliennes (BACH & RAHMEI 2004, DÜRR & BACH 2004, MITCHELL-JONES 2004, MEEDDM 2010, BRINKMANN *et al.* 2011, SFEPM 2012, MEDDE 2014).

Si plus de trois ans s'écoulent entre les diagnostics et la construction des éoliennes, il pourra être nécessaire de refaire les diagnostics. Ce point doit être souligné dans la législation ou les lignes directrices nationales.

La section suivante fournit des renseignements sur les études d'impact non obligatoires. Les développeurs devront aussi engager des évaluations formelles pour satisfaire à la législation nationale ou le cas échéant répondre aux exigences de la législation sur les **EIE** et **ESE**. Etant donné que la mortalité de chauves-souris intervient dans presque tous les milieux, une étude d'impact sera généralement demandée avant qu'une autorité compétente puisse décider d'autoriser ou non un projet éolien.

Compte tenu de l'amélioration des connaissances résultant des recherches récentes et des développements techniques au cours des dernières années, le concept de diagnostic recommandé dans le présent document diffère des versions précédentes.

Objectifs de l'étude d'impact concernant les chauves-souris

Un diagnostic chiroptérologique doit répondre à une liste de questions afin de pouvoir évaluer correctement les impacts potentiels d'un parc éolien :

- Quelles sont les espèces de chauves-souris présentes sur le site et à proximité?
- Quels sont les niveaux d'activité des espèces présentes et comment l'activité varie-t-elle au cours de l'année (pour prendre en compte le cycle complet d'activité des chauves-souris) ?
- Comment les chauves-souris utilisent-elles le paysage sur le site et à proximité (existe-t-il des gîtes de mise bas, d'hibernation, des routes de vol, des terrains de chasse et/ou des voies de **migration**) ?

- Quels sont les impacts attendus du projet sur les chauves-souris et leurs habitats avant, pendant et après la construction (par ex. dérangement ; destruction ou perte de fonction des gîtes, des routes de vol ou des terrains de chasse ; mortalité) et quelle est leur importance ?
- Si des impacts significatifs sont attendus, quelles mesures spécifiques au site seront demandées pour éviter, réduire et compenser ces impacts?
- Quels seront la méthode, l'échelle et le calendrier du suivi post-construction à mettre en œuvre pour le projet ?

3.1 Pré-diagnostic

Le but du pré-diagnostic est, tout d'abord, d'identifier les espèces ainsi que les structures paysagères utilisées par les chauves-souris qui courent potentiellement des risques dans la zone choisie pour l'implantation. Les résultats de cette évaluation serviront de base à la conception du diagnostic. Compte tenu des impacts que les éoliennes peuvent avoir sur les chauves-souris, il est recommandé d'entreprendre un pré-diagnostic pour tous les nouveaux projets éoliens **onshore** et **offshore**. Le pré-diagnostic est une étape préliminaire pour recueillir des informations sur les effets probables du projet sur les chauves-souris, mais il ne peut se substituer aux expertises pour l'étude d'impact. Il peut toutefois aider le développeur à décider si le site est approprié pour la construction d'éoliennes et l'aider à concevoir correctement un diagnostic détaillé.

Il conviendra de veiller à inclure les éléments suivants dans le pré-diagnostic :

Niveau du risque de collision pour les espèces européennes de chauves-souris

Dans le cadre de la législation européenne, en particulier la Directive Habitats, toutes les chauves-souris sont protégées à titre individuel, ce qui signifie qu'il est illégal de tuer une chauve-souris intentionnellement.

Les suivis de mortalité de ces dernières années ont montré qu'en raison de leurs comportement et style de vol différents, les espèces de chauves-souris sont affectées différemment par les éoliennes (RYDELL *et al.* 2010a, BRINKMANN *et al.* 2011, FERRI *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, SANTOS *et al.* 2013). Les espèces qui volent et chassent en milieu ouvert (chasseurs aériens) sont

exposées à un risque de collision très élevé avec les éoliennes (BAS *et al.* 2014). Certaines de ces espèces sont aussi des migratrices à longue distance (par ex. *N. noctula*, *P. nathusii*). Au contraire, le risque de collision est moindre pour les espèces glaneuses qui ont tendance à voler près de la végétation.

Le tableau 3 présente le risque de collision avec des éoliennes en milieu ouvert pour les espèces européennes et méditerranéennes auxquelles s'applique l'Accord EUROBATS. Lorsque les éoliennes sont situées dans des bois de feuillus ou de résineux ou sur les lisières arborées, le risque de collision est considérablement accru pour certaines espèces.

Tableau 3 : Niveau de risque de collision avec les éoliennes (excepté les petites et micro-éoliennes) pour les espèces européennes et méditerranéennes auxquelles s'applique l'Accord EUROBATS (état des connaissances en septembre 2014).

Risque fort	Risque moyen	Risque faible	Inconnu
<i>Nyctalus</i> spp.	<i>Eptesicus</i> spp.	<i>Myotis</i> spp.**	<i>Rousettus aegyptiacus</i>
<i>Pipistrellus</i> spp.	<i>Barbastella</i> spp.	<i>Plecotus</i> spp.	<i>Taphozous nudiventris</i>
<i>Vespertilio murinus</i>	<i>Myotis dasycneme</i> *	<i>Rhinolophus</i> spp.	<i>Otonycteris hemprichii</i>
<i>Hypsugo savii</i>			<i>Miniopterus pallidus</i>
<i>Miniopterus schreibersii</i>			
<i>Tadarida teniotis</i>			

* = dans les régions riches en eaux de surface

** = seulement *Myotis dasycneme* dans les régions riches en eaux de surface

Collecte et comparaison des données existantes

Toutes les sources d'information devront être examinées pour identifier les habitats potentiels pour les chauves-souris et les impacts pouvant résulter d'un projet éolien.

Ces sources d'information doivent comprendre :

- Les photographies aériennes et satellitaires récentes, cartes/cartographie des habitats.
- Les cartes de répartition des espèces.
- Les bases de données des espaces protégés (par ex. sites Nature 2000),
- Les données de gîtes connus et d'espèces observées (pour les sites en mer, il faudra inclure les données obtenues à partir des plates-formes pétrolières, des phares et autres données d'observation en mer ou sur la côte.
- Les voies de **migration** d'oiseaux connues, car elles peuvent fournir des indications sur la **migration** des chauves-souris.
- Les connaissances sur la **migration** des chauves-souris en Europe.
- Des articles et des rapports sur l'écologie des chauves-souris

Le cas échéant, les organisations clés susceptibles d'avoir des données sur les chauves-souris seront aussi consultées, notamment :

- les groupes locaux de chiroptérologues ;
- les centres détenteurs d'archives biologiques ;
- les associations naturalistes ;
- les organisations officielles de conservation de la nature ;
- les associations pour la conservation des chauves-souris ;

- les muséums d'histoire naturelle ;
- les organismes universitaires de recherche ;
- les autorités locales, régionales ou provinciales ;
- les bureaux d'étude et les consultants ayant travaillé dans le secteur.

Pour les éoliennes terrestres il est recommandé, pour le pré-diagnostic, de tenir compte de l'activité des chauves-souris dans un rayon de 10 km autour des aérogénérateurs. Dans certains cas un rayon plus important peut être approprié (par ex. en présence de colonies importantes d'espèces se rendant sur des terrains de chasse très éloignés [cf. annexe 3]).

Il convient de tenir compte des voies de **migration** continentales et maritimes. Pour les projets éoliens proches de structures paysagères marquantes telles que vallées fluviales, lignes de crête, cols et littoral, une attention particulière sera portée aux voies de **migration**. Pour les projets en mer, il faudra aussi prendre en compte l'emplacement des éoliennes par rapport aux axes de vol entre les principales masses continentales et les îles, surtout s'il existe des données de chauves-souris sur les îles, les plates-formes pétrolières, etc.

Cette évaluation préliminaire peut exclure les sites inadaptés pour les éoliennes du point de vue des chauves-souris (par ex. la proximité de gîtes importants, les zones protégées et désignées pour la conservation des chauves-souris, les bois caducifoliés et les bois de conifères, les zones tampons jusqu'à 200 m des lisières forestières, des alignements d'arbres, des réseaux de haies, des zones humides et des rivières.



Parc éolien de Bouin (Vendée, France) sur la côte atlantique, où des chauves-souris migratrices sont régulièrement trouvées mortes sous les éoliennes. Les victimes sont principalement des *Pipistrelles de Nathusius* (*Pipistrellus nathusii*), des *Noctules communes* (*Nyctalus noctula*) et des *Pipistrelles communes* (*Pipistrellus pipistrellus*). © F. Signoret/LPO

3.2 Diagnostic

3.2.1 Conception du diagnostic

La conception du diagnostic variera en fonction du site proposé pour les éoliennes et des résultats du pré-diagnostic. Il faut tenir compte de :

- de l'échelle spatiale de l'étude qui reflètera de près la taille et le nombre d'éoliennes et les infrastructures connexes, telles que les aires de levage, les routes d'accès et les connexions au réseau,
- l'utilisation potentielle du site par les chauves-souris (basée sur le pré-diagnostic),
- comment tout ceci peut affecter la période d'étude et l'effort à déployer.

Les pales des très grandes éoliennes balayaient une zone de rotation allant de 40 à 220 m du sol et il faut donc tenir compte de la hauteur à laquelle il conviendra de réaliser l'étude. Ces aérogénérateurs affecteront très probablement les espèces de haut

vol, bien qu'il soit recommandé de tenir compte de toutes les espèces et d'évaluer les risques pour toutes dans l'étude d'impact globale.

Si un mât de mesures est prévu ou déjà érigé sur le site, il est recommandé d'enregistrer l'activité des chauves-souris au niveau de la zone de risque de collision, par ex. en bas de la zone balayée par les pales.



Mât de mesures météorologiques avec des détecteurs installés pour enregistrer l'activité des chauves-souris en altitude, à hauteur de la zone de collision, France. © J. Sudraud

Etant donné les impacts potentiels sur les chauves-souris, pour une étude d'impact complète et précise il est essentiel de prendre

en compte le cycle complet d'activité des chauves-souris tout au long de l'année. Cela implique de rechercher la présence potentielle de sites d'hibernation et d'effectuer le suivi de ceux qui existent. En fonction des espèces et de la situation géographique en Europe, le cycle d'activité des chiroptères peut commencer à la mi-février et s'achever à la mi-décembre, mais il est vraisemblable qu'il sera plus court dans les régions septentrionales. Dans certaines régions du sud de l'Europe, par exemple sur les côtes de la Grèce et du Monténégro, il peut ne pas y avoir d'hibernation et les études devront donc se dérouler tout au long de l'année. L'intensité du travail de terrain pendant toute cette période peut aussi varier en fonction de la situation, en raison par exemple de la présence d'espèces migratrices, de l'emplacement proposé pour les éoliennes et de l'utilisation potentielle du site par les chauves-souris.

Le diagnostic doit fournir des informations sur les gîtes, les terrains de chasse et les déplacements des populations locales de chauves-souris pour la chasse et le **transit**, mais aussi mettre en évidence la **migration** des chiroptères dans toute la zone d'étude. En conséquence, il est recommandé d'intensifier l'effort de surveillance au printemps et en automne, quand les chauves-souris migrent, car cette activité est plus difficile à observer, elle tend à être plus difficilement prévisible et elle dépend des conditions météorologiques. Les données disponibles localement, par exemple les dates de sortie d'hibernation, de dispersion des colonies de parturition, d'accouplement et de début du **regroupement** automnal (« **swarming** »), pourront servir de guide pour déterminer les dates de réalisation de ces études.

3.2.2 Méthodes de diagnostic

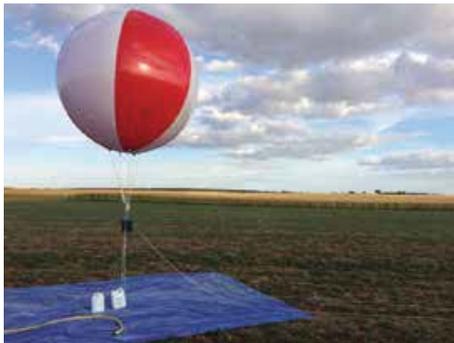
3.2.2.1 Eoliennes terrestres

Les diagnostics pour les projets éoliens doivent impliquer l'utilisation des méthodes et techniques les plus appropriées pour l'habitat concerné. Cela inclut en général des études acoustiques avec **détecteur d'ultrasons** tenu en main et des systèmes avec **détecteur automatique**. La recherche de gîtes potentiels doit aussi être menée. En particulier dans les régions karstiques de grande étendue, des gîtes jusque-là inconnus sont souvent découverts. Quand la construction de parcs éoliens ou des **infrastructures connexes** est prévue en forêt, des méthodes plus intensives sont demandées, telles que des relevés au **détecteur d'ultrasons** au-dessus de la canopée, des captures pour vérifier les espèces et leur statut (en utilisant des filets japonais et/ou des pièges-harpes) et exceptionnellement du radiopistage pour trouver les arbres-gîtes.

Les nouvelles éoliennes offrant toute une gamme de hauteurs différentes, il est recommandé d'utiliser, si possible, les structures existantes (tours et mâts) sur le site d'étude, pour placer des systèmes de détection automatique aux hauteurs pertinentes (de préférence celles de la zone balayée par les pales prévues). Les conditions météorologiques (température, précipitations et vent) doivent toujours être enregistrées et notées pendant les études de terrain.

Pour les études relatives à la **modification de puissance** du parc éolien et à son extension, les éoliennes déjà en place peuvent être utilisées pour installer dans la nacelle des dispositifs de détection automatique des chauves-souris (cf. BRINKMANN *et al.* 2011).

Les expériences avec des détecteurs automatiques fixés sur des cerfs-volants ou des ballons (voir par ex. FENTON & GRIFFIN 1997; SATTLER & BONTADINA 2006; McCracken *et al.* 2008; ALBRECHT & GRÜNFELDER 2011) ont montré que ces méthodes apportaient des données de faible utilité. Ceci parce que le comportement des chauves-souris en hauteur semble différent en présence de structures telles que des mâts et des éoliennes. En l'absence de ces structures, les chauves-souris paraissent être plutôt rares en altitude (GRUNWALD & SCHÄFER 2007, AHLÉN *et al.* 2009, ALBRECHT & GRÜNFELDER 2011).



Détecteur automatique d'ultrasons attaché sous un ballon pour étudier l'activité des chauves-souris pendant une EIE. © J. Sudraud

Il est généralement considéré que les données au sol peuvent servir à estimer l'activité à hauteur de nacelle, car plusieurs études montrent une corrélation entre les deux variables (par ex. BEHR *et al.* 2011, BACH *et al.* 2013). Toutefois, aucune corrélation stricte n'a été trouvée dans certaines situations (COLLINS & JONES 2009, LIMPENS *et al.* 2013). Les études de diagnostic doivent donc enregistrer l'activité des chauves-

souris au moins dans l'aire de rotation des pales.

Il est recommandé de réaliser des études intensives d'activité dans un rayon de 1 km pour chaque éolienne proposée, pendant toute la période d'étude précédant la construction. Si l'emplacement de chaque éolienne n'est pas encore déterminé, l'étude couvrira un rayon de 1 km autour de la zone d'implantation potentielle. Les relevés doivent être réalisés à l'emplacement de chaque éolienne et dans tous les habitats du site susceptibles d'être fréquentés par les chauves-souris. La recherche des gîtes de parturition et d'hibernation s'effectuera dans un rayon de 2 km (en fonction des espèces escomptées et des habitats présents) et les gîtes connus seront contrôlés dans un rayon de 5 km ; si des gîtes importants sont découverts, ils devront être suivis les années suivantes.

Pour avoir une idée des voies de **migration**, une étude intensive doit être réalisée au printemps et en fin d'été/début d'automne, pour mettre en évidence une augmentation du nombre d'espèces migratrices.

En règle générale, les éoliennes ne doivent pas être installées dans les forêts, quelles que soient les essences, ni à une distance inférieure à 200 m, compte tenu du risque qu'implique ce type d'implantation pour toutes les chauves-souris. Des études allemandes ont montré que des cas de mortalité ont été enregistrés en Allemagne jusqu'à 95 m d'une éolienne (NIERMANN *et al.* 2007) et que la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) était le plus souvent tuée par des éoliennes situées à une distance moyenne de 200 m des zones boisées (DÜRR 2007).



L'installation d'éoliennes dans des boisements étant extrêmement dangereuse pour les chauves-souris, elle est donc critiquée et déconseillée par les présentes recommandations. © H. Schauer-Weisshahn & R. Brinkmann

Là où des éoliennes sont prévues en forêt (en dépit des avis contraires), la question des chauves-souris volant au-dessus de la canopée doit être soulevée. Etant donné que l'activité des chiroptères dans la forêt et au-dessus peut être considérablement différente (KALCOUNIS *et al.* 1999, COLLINS & JONES, 2009, PLANK *et al.* 2011, BACH *et al.* 2012, MÜLLER *et al.* 2013, HURST *et al.* 2014, GRZYWINSKI *et al.* 2014) et qu'il peut être impossible, depuis le sol, de détecter des chauves-souris en chasse ou en **migration** au-dessus des arbres, il convient d'apporter une attention particulière à l'enregistrement de l'activité des chauves-souris au-dessus de la canopée (voir BACH *et*

al. 2012, MÜLLER *et al.* 2013). Une attention particulière sera portée aux espèces volant haut, qui chassent ou migrent au-dessus de la canopée (par ex. les pipistrelles [*Pipistrellus*], le Vespère de Savi [*Hypsugo savii*], les barbastelles [*Barbastella* spp.], les sérotines [*Eptesicus* spp.], le Vespertilion bicolore [*Vespertilio murinus*] et les noctules [*Nyctalus* spp.], ainsi qu'aux espèces gîtant dans les arbres comme les oreillardes [*Plecotus* spp.], le Murin de Bechstein [*Myotis bechsteinii*] et le Murin de Natterer [*Myotis nattereri*]).

3.2.2.2 Eoliennes en mer

Nous savons depuis plusieurs années que des chauves-souris traversent la mer pendant la **migration** (AHLÉN 1997, BOSHAMMER & BEKKER 2008, AHLÉN *et al.* 2009, HÜPPOP 2009, BACH & BACH 2011, FREY *et al.* 2011, 2012, MEYER 2011, SKIBA 2011, BACH *et al.* 2013a, ERIKSSON *et al.* 2013, POERINK *et al.* 2013, SEEBENS *et al.* 2013, RYDELL *et al.* 2014, BCT 2014). Pour cette raison les éoliennes en mer doivent être étudiées de la même manière que celles à terre (BACH *et al.* 2013c, COX *et al.* 2013). Il est évident que le défi est bien plus grand que pour les éoliennes terrestres, car les études se feront à partir de bateaux, de phares, de bouées, *etc.* Il conviendra de concentrer les relevés pour les parcs éoliens en mer au printemps (avril-juin) et en automne (août-octobre/novembre), à moins que des données (telles que la découverte de chauves-souris sur des plates-formes pétrolières, des îles, *etc.*) indiquent leur présence à d'autres moments de l'année. Lors d'un suivi sur une plate-forme de recherche, SEEBENS *et al.* (2013) ont découvert que des chauves-souris résidentes pouvaient aller

chasser en mer, à au moins 2 km de distance pendant les mois d'été. Par conséquent l'activité des chauves-souris doit aussi être évaluée pendant l'été pour les projets de parcs éoliens près de la côte.



Les parcs éoliens en mer, ici en Suède, peuvent avoir des impacts négatifs sur les chauves-souris quand ils sont placés sur leurs voies de migration.
© L. Bach

3.2.2.3 Petites et micro-éoliennes

Pour des projets éoliens là où des chauves-souris rares ou vulnérables sont présentes, ou à moins de 25 m de grandes haies et rangées d'arbres, de bois caducifoliés ou de résineux, d'arbres matures isolés (en particulier s'ils sont adéquats pour servir de gîte), de cours d'eau, d'étangs ou de la rive des lacs, ou de bâtiments propices pour les gîtes, des études sur l'activité des chauves-souris et les gîtes s'imposent :

a. Au moins deux visites du site avec des détecteurs tenus en main, pour couvrir la période de maternité et vérifier la présence de gîtes à moins de 50 m de la petite éolienne. L'une de ces visites doit avoir lieu à l'aube.

b. Des enregistrements acoustiques automatiques en continu pendant toute la saison (avril-septembre dans la plupart des régions), en utilisant des détecteurs appropriés, pouvant détecter et différencier toutes les espèces présentes.

3.2.3 Effort de diagnostic

En fonction de la situation géographique et des espèces hibernant dans la région, les dates de début et de fin de la période d'activité des chauves-souris (et donc l'année d'étude acoustique) varieront. La **migration** peut durer plus longtemps dans certaines régions et l'hibernation est plus courte dans le sud de l'Europe que dans les régions septentrionales du continent. Il peut donc être nécessaire d'allonger l'étude de terrain de la mi-février à la fin de novembre (voire davantage dans le sud de l'Europe où il peut ne pas y avoir d'hibernation), mais son intensité variera aussi. L'effort de surveillance variera aussi. Bien que le risque de collision, en Allemagne par exemple, semble plus faible au printemps qu'en fin d'été et en automne, il importe de savoir si la région joue un rôle important pour la **migration** printanière des chauves-souris. L'effort de surveillance sera déterminé en fonction des conditions régionales, de l'échelle de chaque projet éolien et des impacts potentiels. Des suivis ont montré que l'activité des chauves-souris pouvait varier de plus de 50% d'une nuit à l'autre, même quand les conditions météorologiques enregistrées étaient identiques. La raison en serait des modifications dans les concentrations d'insectes, dans l'utilisation du sol (fauche d'une prairie, bétail dans un autre pré, etc.).

Il est donc crucial de mener les relevés pendant un nombre de nuits adéquat lors des différentes phases d'activité des chauves-souris (pour le calendrier se référer au paragraphe 3.2.4.1 e). Ces phases sont les suivantes :

- (i) **transit** entre les gîtes de post-hibernation ;
- (ii) **migration** de printemps ;
- (iii) activité des populations locales, en vérifiant les couloirs de vol, les terrains de chasse, etc., et en se concentrant sur les espèces de haut vol ;
- (iv) dispersion des colonies, début de la **migration** d'automne ;
- (v) **migration** d'automne, gîtes d'accouplement et territoires ;
- (vi) **transit** entre les gîtes de pré-hibernation (pour les espèces d'Europe méridionale qui hibernent tardivement).

3.2.4 Type de diagnostic

3.2.4.1 Diagnostic à terre

a) Recherche de gîtes importants

Il convient de rechercher de nouveaux gîtes dans un rayon de 2 km (le rayon exact dépendra des espèces attendues et des habitats présents) et les gîtes connus seront contrôlés dans un rayon minimum de 5 km pour évaluer les phases (iii) et (iv) (voir ci-dessus) d'activité des chauves-souris (mai à octobre). Les gîtes potentiellement importants (y compris au minimum les gîtes de maternité et d'hibernation) doivent faire l'objet d'une surveillance très précise. Localement, les habitants et les spéléologues (dans les régions karstiques) peuvent aider à obtenir des informations. L'importance éventuelle de certains sites peut être déterminée en

se basant sur des indices de présence, sur l'observation et l'abondance des chauves-souris.

b) Etudes acoustiques au sol

1. Des relevés manuels au sol avec **détecteur d'ultrasons** (transects) doivent être menés pendant toute la saison d'activité des chauves-souris pour déterminer un **indice d'activité** (nombre de contacts de chauves-souris par heure) pour la zone d'étude (dans un rayon minimum de 1 km autour de la zone d'implantation prévue du parc éolien). Le système de détection utilisé doit couvrir les fréquences de toutes les espèces éventuellement présentes et aussi permettre de déterminer toutes les espèces ou groupes d'espèces appropriés. Les observations acoustiques doivent être accompagnées d'observations visuelles qui peuvent fournir de nombreuses données additionnelles importantes, telles qu'une identification spatiale des voies de **transit**, certains types de gîtes et sites de **regroupement** (« **swarming** ») et aussi améliorer l'identification spécifique. Le pourcentage ou le nombre de séquences de capture de proie doit aussi être noté. Pendant l'étude acoustique manuelle, un système de détection automatique couplé à un GPS sera utilisé pour vérifier la localisation des contacts de chauves-souris enregistrés.

2. Des **dispositifs automatiques** avec des détecteurs ultrasoniques à haute résolution ou des détecteurs à divi-

sion de fréquence seront utilisés lors de chaque relevé acoustique manuel, dans l'idéal pour chaque site d'implantation prévu d'une éolienne et pendant toute la saison d'activité des chauves-souris, afin de déterminer un **indice d'activité** spécifique au site (nombre de contacts de chauves-souris par heure). En cas d'impossibilité, les **détecteurs** seront placés sur un nombre représentatif d'emplacements d'éoliennes dans chaque type de milieu, de relief et de topographie présents (par ex. sommets de collines et vallées). Les résultats devront indiquer le pourcentage ou le nombre de séquences de capture de proie. Le système de détection ultrasonique utilisé devra couvrir les fréquences de toutes les espèces ou groupes d'espèces appropriés. En forêt,

l'activité des chauves-souris devra être suivie en continu au-dessus de la canopée et pendant toute la saison, avec un **détecteur** ultrasonique automatique (au minimum un dispositif automatique pour 2-3 éoliennes prévues).

3. Au moins un enregistreur automatique à haute résolution ou un détecteur à division de fréquence doit être installé dans la zone d'étude pour suivre en continu l'activité des chauves-souris pendant toute la saison. Selon le nombre d'éoliennes envisagées, la taille et la diversité structurelle de la zone d'étude, il peut être nécessaire d'installer plus d'un dispositif de détection et d'enregistrement.

c) Etude de l'activité en hauteur

Des détecteurs-enregistreurs automatiques (enregistreurs d'ultrasons à haute résolution ou détecteurs à division de fréquence – voir ci-dessous) devront être placés sur des mâts de mesures météorologiques, des éoliennes ou toute autre structure appropriée à proximité du parc éolien en projet pour obtenir un **indice d'activité** et la composition spécifique de la population de chauves-souris, si possible pendant tout leur cycle d'activité, ou du moins aux périodes-clés de l'année (l'idéal étant si possible à la même période que l'étude acoustique au sol). Il faut cependant être très prudent lors de la comparaison des résultats au sol et des résultats en hauteur obtenus avec des types de détecteurs différents (la portée et la précision des détecteurs varient entre les systèmes). Par conséquent les mêmes systèmes de détection doivent être utilisés au sol et en

hauteur pour produire des données comparables.

d) Equipement nécessaire

Actuellement il existe sur le marché toute une gamme de marques et de systèmes de détection, allant des détecteurs en hétérodyne et des détecteurs à division de fréquence aux détecteurs à bande passante intégrale qui peuvent être tenus en main pendant l'étude de terrain et utilisés comme un système automatique. Afin d'obtenir des données représentatives et comparables, il est très important d'utiliser un matériel adéquat et en bon état de marche.

Le **détecteur d'ultrasons** utilisé en **manuel** pendant l'étude doit couvrir convenablement les fréquences utilisées par les espèces à haut risque et à risque moyen. Dans certains secteurs les détecteurs en hétérodyne peuvent être utilisés s'ils disposent de l'expansion de temps, mais dans la plupart des régions il est recommandé de recourir à des dispositifs de détection à bande passante intégrale, en expansion de temps ou en division de fréquence. Détecteurs et microphones doivent être de bonne qualité. Il doit être possible de seconder le système avec des enregistreurs (incluant dans l'idéal un récepteur GPS) d'une qualité suffisante pour permettre ensuite l'analyse des cris ultrasonores enregistrés.

Le système d'**enregistrement automatique** des chauves-souris doit être un dis-

positif de détection à bande passante intégrale, incluant les détecteurs à division de fréquence, avec des microphones de bonne qualité. La sensibilité du microphone doit être vérifiée et si nécessaire calibrée chaque année. Les microphones aux paramètres très détériorés (sensibilité réduite), par exemple en raison d'un environnement humide, ne doivent pas être utilisés.

Pour tous les relevés de terrain, le dispositif de détection et ses réglages doivent être standardisés pour chaque projet. Ces réglages doivent être notés et indiqués dans tous les rapports suivants, car ils peuvent influencer sur les résultats.

e) Calendrier de l'étude

Relevés au sol avec détecteur manuel

Le nombre et la distribution saisonnière des relevés de terrain dépendront des conditions géographiques locales et de la présence d'espèces à très courte période d'hibernation. Tous les relevés doivent être réalisés dans des conditions météorologiques appropriées (dans l'idéal sans pluie, bien que de courtes averses soient acceptables, sans brouillard, par vent <5 m/sec et avec une température >7°C).

Un relevé de terrain peut compter plusieurs nuits, toutes nécessaires pour couvrir la totalité de la zone d'étude :

- 15/02 – 15/04¹ (phase i) : un relevé tous les 10 jours, la première moitié de la nuit, 4 heures à partir du coucher du soleil ;
- 15/04² – 15/05 (phase ii) : un relevé tous



Système de détection automatique installé sur un mât de mesures en France. © EXEN

¹ S'applique principalement en Europe du Sud pour *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus euryale*, *Myotis capaccini* et *Pipistrellus* spp.

² S'applique principalement aux régions où il n'y a pas d'hibernation ou là où certaines espèces sont déjà actives.

les 10 jours, c.-à-d. 2 fois la première moitié de la nuit (4 heures à partir du coucher du soleil) et inclure 1 nuit complète en mai ;

- 15/05 – 31/07 (phase iii) : un relevé tous les 15 jours, toujours une nuit complète ;
- 01 – 31/08 (phase iv) : un relevé tous les 10 jours, toujours une nuit entière. Pendant cette phase il faudra aussi rechercher les gîtes d'accouplement et les territoires ;
- 01/09 – 31/10 (phase v) : un relevé tous les 10 jours, en septembre 2 nuits complètes, en octobre première moitié de la nuit, 4 heures à partir du coucher du soleil. Pendant cette phase il faudra aussi rechercher les gîtes d'accouplement et les territoires. A la fin de septembre et en octobre, sur le continent européen, de nombreuses *Noctules communes*, *Nyctalus noctula*, ont été observées chassant l'après-midi jusqu'à 100 m de hauteur près des grands lacs et le long des rivières. Le relevé devra donc commencer 3-4 heures avant le coucher du soleil, là où ce comportement est suspecté chez les différentes noctules, et devra se poursuivre 4 heures après le lever du soleil.
- 01/11 - 15/12² (phase vi) : un relevé tous les 10 jours (si les conditions météorologiques le permettent), 2 heures en première moitié de nuit en commençant ½ heure avant le crépuscule.

Etude avec détecteur automatique aux emplacements prévus pour les éoliennes

L'idéal est de placer un **détecteur automatique d'ultrasons** à l'emplacement prévu de chaque éolienne, au moins pendant une nuit durant chaque relevé avec détecteur manuel. Si ce n'est pas possible le dispo-

sitif devra être placé sur un nombre représentatif d'emplacements d'éoliennes dans chaque type présent de milieu, de relief et de topographie (par ex. sommets de collines et vallées).



Détecteur automatique d'ultrasons avec microphone installé à 2 m du sol, à l'emplacement prévu d'une éolienne. © J. Sudraud

Suivi continu avec détecteur automatique

Un système de détection automatique (cf. 3.2.4.1 b. 3) doit être installé dans la zone d'étude pour suivre l'activité des chauves-souris pendant toute la saison (dont le début et la fin dépendront des conditions régionales). Le dispositif doit être réglé pour enregistrer l'activité des chiroptères une heure avant le coucher du soleil à une heure après le lever du soleil. Dans certaines régions, le long des rivières et près des lacs, les chauves-

souris peuvent chasser dans l'après-midi en septembre. Dans ces situations les systèmes de détection doivent être réglés pour enregistrer l'activité au moins 3-4 heures avant le coucher du soleil à une heure après son lever.

Pour tous les types de boisements

Comme déclaré précédemment les éoliennes ne doivent pas être installées en forêt, ni à moins de 200 m de la lisière en raison du risque élevé de mortalité que cela implique. Cependant, dans les pays où cela est encore autorisé, en plus des relevés avec **détecteur manuel** précédemment décrites, l'activité des chauves-souris doit être suivie au-dessus de la canopée avec un système de **détection automatique**. Le dispositif doit être réglé pour enregistrer l'activité des chiroptères à l'emplacement de chaque éolienne prévue durant toute la saison d'activité, d'une heure avant le coucher du soleil à une heure après son lever. Il est aussi conseillé d'utiliser des filets japonais pour confirmer la présence d'espèces très difficiles à détecter ou à identifier par acoustique.



*Des filets japonais peuvent être utilisés pour confirmer la présence de certaines espèces. Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) capturée lors d'une étude en Macédoine. © N. Micevski*

3.2.4.2 Diagnostic en mer

Il est plus difficile d'étudier l'activité des chauves-souris pour les parcs éoliens en mer. Peu de méthodes ont été mises au point et testées avec robustesse pour réaliser un diagnostic dans cet environnement (AHLÉN *et al.* 2007, 2009, MEYER 2011, SJÖLLEMA 2011, SEEBENS *et al.* 2013). Des lignes directrices officielles pour les études de chauves-souris en mer, couvrant la mer Baltique, ont été développées pour l'Allemagne (BACH *et al.* 2013c). Bien que le Danemark, la Suède et la Pologne aient commencé à inclure des études chiroptérologiques pour les projets éoliens en mer, il n'existe pas de lignes directrices officielles pour ces pays. L'expérience en Baltique suggère que la méthode la plus productive consiste à combiner les observations faites à la fois en mer et depuis la côte. BRUDERER et POPA-LISSEANU (2005) ont développé un système qui, avec un radar de poursuite, peut différencier les chauves-souris et les oiseaux, mais des études complémentaires sont nécessaires avant de pouvoir l'utiliser systématiquement.

Les inventaires pour les projets en mer doivent se concentrer sur la période de **migration**. Et les relevés près de la côte doivent aussi inclure l'activité des chauves-souris en été.

a) Les études depuis la terre doivent :

- s'effectuer à partir de certains repères côtiers bien en vue tels que des caps, supposés être les points d'où partent les chauves-souris en direction du projet éolien,
- inclure des relevés acoustiques (manuels et automatiques) au sol,
- inclure des relevés automatiques à long

terme avec un **détecteur d'ultrasons** monté sur un phare ou toute autre structure adéquate (pour obtenir un **indice d'activité** et des groupes d'espèces,

- recourir à l'utilisation d'une caméra infrarouge ou thermique lorsque c'est possible.

b) Les études en mer doivent :

- s'effectuer en bateau (transects ou points fixes à l'ancre) dans la zone prévue pour le projet éolien (il peut être possible de combiner des transects en bateau avec les études nocturnes d'oiseaux),
- inclure des suivis continus avec un **détecteur automatique** sur des plates-formes pétrolières, des plates-formes de recherche et des bouées,
- inclure, si possible, des relevés à partir de ferries de nuit traversant entre deux repères côtiers suspectés d'être importants pour la **migration** des chauves-souris (par ex. Puttgarden-Rødby ou Bornholm-Sassnitz dans la mer Baltique, Douvres-Calais dans la Manche,
- utiliser, si possible, un radar de poursuite sur un point de la côte, combiné à des transects en bateau.

c) Calendrier des relevés

Les relevés en bateau pour les parcs éoliens en mer doivent être menés au moins deux fois par semaine de début avril à début juin, et de début août à mi-octobre ou à fin octobre (selon la localisation). Pour les parcs éoliens près de la côte, il peut aussi être nécessaire de couvrir toute la période estivale (juin/juillet) pour détecter des chauves-souris résidentes allant chasser en mer.

Un suivi continu avec un **détecteur automatique** doit couvrir les deux périodes de **migration** et aussi juin/juillet pour les parcs éoliens près de la côte.

3.2.5 Rapport de diagnostic et évaluation

Comme le rapport de diagnostic est destiné à des personnes ayant peu ou pas de connaissances sur l'écologie des chauves-souris et les diagnostics chiroptérologiques, ce rapport doit présenter :

- les espèces dont la présence est connue dans la zone géographique et administrative et leur statut ;
- les méthodes et le matériel utilisés durant les relevés de terrain (avec les réglages du matériel quand ils peuvent influencer sur les résultats) et leurs limitations ;
- les dates des relevés, l'heure de début et de fin et les conditions météorologiques ainsi que les heures correspondantes de coucher et de lever du soleil et la raison du choix de ces dates et des heures de début ;
- les espèces identifiées pendant le relevé, le comportement observé (passage, chasse, **regroupement**, **migration**) et l'utilisation de l'habitat, ainsi que la date et l'heure de l'observation. Les résultats devront être présentés dans un format permettant au lecteur d'interpréter les données. Celles-ci peuvent être présentées, par exemple, par espèces enregistrées, par activité au cours de l'année, par activité au cours de la nuit ou par activité à différentes hauteurs ;
- des cartes pour illustrer la distribution spatiale et temporelle de l'activité des différentes espèces ou groupes d'espèces ;

- la différence dans l'activité des chauves-souris par rapport à la détectabilité (**annexe 4**) ;
- les différences dans l'activité des chauves-souris selon les saisons et les phases de la nuit ;
- les différences dans l'activité des chauves-souris à différentes hauteurs, si un mât de mesures (ou une autre technique) a été utilisé ;
- les impacts probables du parc éolien sur les chauves-souris ;
- les mesures d'**évitement**, de **réduction** et de **compensation** ;
- le programme de suivi post-construction proposé et l'effet des différentes options de résultats sur la portée des mesures de **réduction/compensation**.

L'activité des chauves-souris doit être présentée sous forme d'indicateurs d'activité (par ex. nombre de contacts de chauves-souris/heure ou unités d'activité/heure, calculés par exemple pour les relevés de terrain, les nuits et la moyenne pour différentes périodes d'activité comme le printemps, l'été et l'automne. Les indices d'activité de chaque espèce, des groupes d'espèces et de toutes les chauves-souris peuvent alors être soumis à analyse. L'évaluation doit rendre compte des variations locales et régionales sur la protection légale et le statut de conservation. Les impacts peuvent varier selon l'agencement des éoliennes ou si les habitats offrent différentes fonctions aux espèces présentes. Pour certaines espèces (par ex. *N. noctula* et *P. nathusii*), il existe une corrélation positive entre l'activité au sol et l'activité à hauteur de nacelle, mais ce n'est pas le cas pour *P. pipistrellus* (cf. BRINKMANN *et al.* 2011).



Microphone installé au-dessus de la nacelle pour une étude avec détecteur automatique d'ultrasons.
© J. Rydell

Une **analyse de conflit** doit alors être présentée pour chaque éolienne et pour chaque espèce présente et le risque de mortalité doit être évalué et présenté. Chaque emplacement d'éolienne et l'ensemble des **infrastructures connexes** seront évalués en conséquence et des propositions seront formulées pour limiter les impacts. L'approche consiste tout d'abord à appliquer des mesures pour éviter les impacts, mais là où cela est impossible, il conviendra de les réduire ou en dernier recours de les compenser.

Pour plus de détails concernant le rapport et l'analyse, voir DÜRR (2007) et KEPEL *et al.* (2011).

3.3 Modification de puissance et extension

Pour ces projets il est nécessaire de combiner des études d'activité comprenant à la fois des relevés de détection acoustique manuelle (voir 3.2) et des relevés acoustiques automatiques à hauteur de nacelle. En outre, pour une extension de parc éolien les relevés doivent être associés à une recherche de cadavres de chauves-souris autour des éoliennes existantes. Les suivis d'activité (relevés avec **détecteur d'ultrasons** manuel et **détecteur automatique** à chaque emplacement prévu d'éolienne) doivent prendre en compte les emplacements proposés pour toute nouvelle éolienne. Les méthodes de suivi proposées dans le chapitre 4 doivent être appliquées pendant tout le cycle d'activité des chauves-souris. Un nombre réduit de relevés manuels en été et aux périodes

de **migration** est recommandé, parce que l'accent est mis sur le suivi continu par **détecteur automatique** à hauteur de nacelle ; le suivi acoustique au sol vient compléter l'aperçu de l'activité des chauves-souris à proximité du parc éolien.

La mesure de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle sur des éoliennes similaires et voisines, couplée à un suivi de mortalité permettra d'évaluer les problèmes de collisions réelles et elle permettra de mieux prédire les risques de collision du nouveau projet éolien qu'avec uniquement une étude manuelle au sol. Si la taille des nouvelles éoliennes n'est pas similaire à celle des premières éoliennes installées, ce qui est habituellement le cas dans les projets de **modification de puissance**, une recherche de cadavres devra être menée afin de comparer l'effet des éoliennes de tailles différentes.

4 Suivi des impacts

Le suivi des parcs éoliens en fonctionnement est essentiel pour accroître notre compréhension de leurs impacts potentiels sur différentes espèces de chauves-souris. Bien que l'évaluation des effets cumulatifs des parcs éoliens existants et en projet, et du développement d'autres infrastructures soit généralement requise dans une **EIE** officielle, seuls quelques parcs éoliens ont fait l'objet d'un suivi à ce jour. Précisément, il n'y a pas d'études sur les impacts cumulatifs des parcs éoliens placés le long d'une voie de **migration**. Il serait néanmoins très important de développer des méthodologies pour évaluer l'**effet cumulatif** ; certains chercheurs (par ex. Barclay *com. pers.*) sont favorables à ce que l'estimation de la mortalité des chauves-souris soit calculée par MW et non par éolienne.

Pour évaluer les impacts des éoliennes sur les chauves-souris, les études doivent suivre des méthodes standardisées pour produire des résultats comparables.

Le suivi des impacts de l'énergie éolienne sur les chiroptères n'aura de valeur scientifique que s'il prend en compte l'état initial des populations du secteur avant l'installation du parc éolien.

Au moins 3 années de suivi pendant la phase opérationnelle du parc éolien sont nécessaires pour évaluer les impacts sur les espèces résidentes (attractivité, changement de comportement et mortalité) et sur les espèces migratrices (évolution de la mortalité) et pour mettre en relief d'éventuelles variations annuelles. En fonction des résultats, une autre période de 3 ans

peut être nécessaire pour bien comprendre les changements.

Une programmation de suivi exhaustive doit se focaliser à la fois sur les niveaux d'activité et les taux de mortalité. Le suivi d'activité post-construction évaluera les changements dans l'activité des chauves-souris et permettra aussi de mieux comprendre les résultats du suivi de mortalité.



*Parc éolien de Puschwitz (Saxe, Allemagne). Dix éoliennes sont érigées dans un paysage collinaire présentant des habitats très variés, y compris de nombreux cours d'eau. Entre 2002 et 2006, 76 cadavres de chauves-souris ont été trouvés sous les éoliennes, principalement des *Noctules communes* (*Nyctalus noctula*), *Pipistrelles de Nathusius* (*Pipistrellus nathusii*), *Pipistrelles communes* (*Pipistrellus pipistrellus*) et *Vespertillons bicolores* (*Vespertilio murinus*). © M. Lein*

4.1 Suivi de l'activité à hauteur de nacelle

Un suivi acoustique manuel au sol peut être réalisé pendant la construction pour évaluer si la mise en place des éoliennes entraîne un dérangement important pour les chauves-souris et leurs gîtes, mais pendant la phase de fonctionnement du parc éolien, le suivi

de l'activité à hauteur de nacelle sera plus important. Il est essentiel d'installer des microphones détecteurs d'ultrasons à hauteur de la nacelle pour enregistrer l'activité de chauves-souris dans la zone du plus grand impact potentiel, la zone balayée par le rotor. Afin d'obtenir des données standardisées et donc comparables, les détecteurs d'ultrasons doivent permettre d'identifier les cris de chauves-souris jusqu'à l'espèce ou au groupe d'espèces. Le suivi acoustique doit suivre les conseils de BRINKMANN *et al.* (2011). Le rapport doit décrire les éléments techniques suivants :

- le type de détecteur et le logiciel d'analyse,
- les paramètres de sensibilité du détecteur,
- l'emplacement du détecteur à l'intérieur de la nacelle,
- les périodes de fonctionnement et de panne du détecteur.

MAGES & BEHR (2008a, b) donnent des exemples sur la manière d'installer les détecteurs dans les nacelles et font référence à certaines contraintes (par exemple les problèmes de bruit).

L'activité enregistrée des chauves-souris doit être analysée en tenant compte de la saison, de l'heure et des données météorologiques telles que la vitesse du vent et la température de l'air. Outre la détectabilité des espèces, plusieurs systèmes de détection différents sont disponibles et utilisés de nos jours. Comme ces systèmes sont extrêmement variables (ADAMS *et al.* 2012) et qu'il est possible de modifier différents réglages sur chacun, les données d'activité telles que les contacts/heure diffèrent selon les systèmes et/ou les réglages. La sensibilité d'un microphone, qui est susceptible de diminuer considérablement avec les années,



Microphone déporté, installé sous la nacelle (photo du haut) et connecté au détecteur automatique d'ultrasons à l'intérieur de la nacelle (photo du bas).
© L. Bach

surtout sous l'influence de l'humidité, peut affecter fortement les résultats obtenus. Pour comparer les données d'activité des enregistrements automatiques, des tables de coefficients de détectabilité peuvent être développées pour la plupart des détecteurs couramment utilisés. L'annexe 4 présente un exemple d'une telle table.

Ceci permet de développer une stratégie pour réduire les impacts, par exemple en bridant les éoliennes à certaines périodes de l'année et de la nuit grâce à un algorithme qui prédit le risque de mortalité à partir de ces données.

Les caméras à images thermiques fournissent de précieuses informations sur cette question (par ex. HORN *et al.* 2008) et il convient de les utiliser, dans la mesure du possible. Si l'efficacité du radar de poursuite est prouvée on pourra aussi envisager de l'utiliser.

Les voies de **migration** putatives doivent être évaluées en vérifiant la présence de chauves-souris sur les routes de **migration** des oiseaux dans le secteur, en analysant l'**enregistrement automatique** des ultrasons en altitude et en réalisant des observations visuelles en fin d'après-midi et à l'aube (si possible avec une caméra infrarouge et dans l'idéal une caméra à images thermiques).

4.2 Suivi de la mortalité

La mortalité étant l'impact majeur des éoliennes sur les chauves-souris et sur certaines populations, elle doit être supprimée ou du moins réduite au minimum pour respecter les obligations de la **Directive Habitats** et des lois nationales sur les espèces protégées. Les principales méthodes utilisées jusqu'à présent pour réduire ou éviter la mortalité sont la **mise en drapeau** des pales, l'augmentation des **vitesse de vent de démarrage** et l'arrêt temporaire des machines pendant les périodes de la nuit ou de l'année où le risque est élevé. Cependant l'augmentation du seuil d'entrée en production peut ne pas s'avérer efficace à 100%, car certaines espèces, notamment les migratrices, volent encore par des vitesses de vent supérieures à 10 m/sec (HURST *et al.* 2014). Le suivi de la mortalité est donc encore nécessaire pour évaluer l'efficacité de ces mesures. Les méthodologies sont détaillées dans BRINKMANN

et al. (2011) et LIMPENS *et al.* (2013) et elles sont résumées ici.

Le nombre de cas de mortalité varie de façon importante en fonction de l'emplacement du parc éolien et des espèces qui s'y trouvent. Il importe de bien comprendre que le nombre de cadavres trouvés n'égalise pas le nombre réel de chauves-souris tuées. Le nombre de cadavres découverts est influencé par la prédation et par l'efficacité du contrôleur (mais il dépend aussi du type de couverture végétale sous les éoliennes). Et ce parce que le processus de dénombrement est biaisé en raison de plusieurs facteurs tels que : la disparition des victimes par des charognards ou des prédateurs, l'efficacité du contrôleur (qui dépend, entre autres facteurs du type et de la hauteur de la couverture au sol sous les éoliennes – c.-à-d. la détectabilité), et l'effort investi dans l'étude (calendrier du suivi, pas de temps et taille de la zone prospectée). En outre certaines chauves-souris s'éloignent en volant et meurent un peu plus tard en raison de blessures internes (GRODSKY *et al.* 2011). Toutefois cette situation n'est pas quantifiable. Le suivi de mortalité va donc comporter trois étapes : des recherches de cadavres, des tests pour obtenir des facteurs correcteurs pour les estimations biaisées, et l'estimation des véritables taux de mortalité.

4.2.1 Searching for bat fatalities

a) Surface prospectée

Dans l'idéal, un rayon égal à la hauteur hors tout de l'éolienne devrait être contrôlé, car les cadavres de chauves-souris peuvent être emportés assez loin par des vents violents (GRÜNKORN *et al.* 2005, BRINKMANN *et al.* 2011). Mais dans la plupart des cas cette surface ne

peut pas être correctement contrôlée en raison de la hauteur de la couverture végétale ou d'obstacles naturels. Il est alors conseillé de contrôler une surface plus petite qui peut être libre de végétation toute l'année ou du moins couverte d'une végétation rase. **Le rayon ne doit pas être inférieur à 50 m et si possible maintenu dénudé de toute végétation.** Si la zone prospectée est un carré, elle sera marquée aux quatre coins par un piquet. Des piquets de couleurs alternées seront utilisés pour marquer des intervalles de 5 m sur deux côtés opposés du carré. Dans ce cas, les contrôleurs se déplaceront d'un côté du carré à l'autre, vérifiant ainsi une bande de 2,5 m de large de part et d'autre du parcours. Dans certaines circonstances (champ labouré ou terrain accidenté, il pourra être nécessaire de réduire la distance entre les transects ou d'utiliser un chien dressé (voir 4.2.2.b). Si la surface prospectée est un cercle, le contrôleur pourra tenir une corde de 50 m de long, fixée à la base du mât de l'éolienne, et se déplacer en cercles en vérifiant 2,5 m de part et d'autre de son parcours. A chaque nouvelle rotation, la corde sera raccourcie de 5 m et le contrôleur repartira en sens inverse. La surface standard à contrôler, de 1 ha, sera ainsi systématiquement couverte, mais la méthode avec corde ne peut s'appliquer qu'en terrain plat et sans obstacles.

Si pour une raison quelconque la zone ne peut être entièrement parcourue, il conviendra de calculer la surface contrôlée pour chaque éolienne afin de corriger l'estimation finale de la mortalité.

b) Nombre d'éoliennes contrôlées

Si possible, tous les aérogénérateurs du parc éolien devront être contrôlés lors de chaque

relevé de terrain. Dans le cas de parcs éoliens de grande envergure, un échantillonnage aléatoire d'éoliennes peut être stratifié par habitat et/ou selon les caractéristiques du parc éolien. Des analyses classiques de puissance statistique, basées sur le nombre attendu de victimes et la variation estimée dans d'autres études (**annexe 1**) fourniront la taille d'échantillonnage idéale.

c) Intervalle de temps entre les contrôles

Plus le pas de temps entre les contrôles est petit, plus le nombre de cadavres récupérés est élevé et par conséquent plus le biais de disparition des carcasses par des prédateurs est faible. Pour tous les parcs éoliens il est recommandé d'effectuer une recherche de cadavres tous les 3 jours (intervalle de 2 jours entre les contrôles). Pour les parcs de taille démesurée, le nombre et le choix des éoliennes peut suivre un plan d'échantillonnage aléatoire convenu. Pour la comparaison des résultats en fonction de pas de temps différents voir Arnett (2005).

d) Calendrier du suivi

Un cycle complet d'activité doit être évalué. Le suivi de la mortalité doit commencer dès que les chauves-souris redeviennent actives après l'hibernation et durer tant qu'elles n'auront pas pris leurs quartiers d'hiver. Mais ce calendrier variera en fonction de la situation géographique et des conditions météorologiques de chaque région. Dans le sud de l'Europe, par exemple, le suivi pourra commencer, à proximité de gîtes importants, dès la mi-février et se poursuivre jusqu'à la mi-décembre.

e) Méthodes de recherche et paramètres à enregistrer

Le contrôleur parcourra chaque transect d'un pas lent et régulier, cherchant les cadavres de part et d'autre de son axe de déplacement. Les victimes peuvent parfois être découvertes en observant les déplacements d'insectes volants (guêpes et sauterelles par exemple) qui, intéressés par les cadavres, attirent l'attention du contrôleur. La recherche débutera une heure après le lever du soleil, pour réduire au minimum la disparition des victimes de la nuit précédente par des charognards diurnes et quand la luminosité permet de distinguer des chauves-souris mortes. Le contrôleur notera l'espèce, la position du cadavre (coordonnées GPS, direction par rapport à l'éolienne, distance au mât, identification de l'éolienne), son état (cadavre frais, vieux de quelques jours, en décomposition ou restes), le type de blessures, une évaluation de la date de la mort, la hauteur de la végétation là où il a été trouvé (voir ci-dessous).

Il est nécessaire de noter les conditions météorologiques qu'il y a eu entre les relevés (température de l'air, vent – force et direction – orage, etc.), car toutes ont de grandes chances d'influer sur les niveaux d'activité des chauves-souris sur le site et donc sur le nombre de victimes.

Une discussion sur les méthodes utilisées pour estimer la mortalité des chauves-souris a été publiée par NIEMANN *et al.* (2007).

4.2.2 Estimation du nombre de victimes

Des estimateurs de mortalité (*cf.* 4.2.2 c) sont nécessaires pour améliorer les estimations du nombre réel de chauves-souris victimes des parcs éoliens suivis, c'est-à-dire

avec des facteurs de correction pour les sources envisageables de biais telles que : la disparition des cadavres, l'efficacité du contrôleur et le pourcentage de la surface effectivement contrôlée.

Si nécessaire, il faudra obtenir des autorités une autorisation légale pour prélever, manipuler et transporter des cadavres d'espèces protégées.

a) Tests de disparition des cadavres pour estimer le taux de prédation

Pour estimer le taux de disparition des cadavres par les prédateurs et les nécrophages, il faut procéder à des tests 4 fois par an pour tenir compte des variations saisonnières des taux de prédation, dues entre autres à des modifications de hauteur de végétation et à des variations de l'activité des nécrophages au cours des saisons.

Chauves-souris, micromammifères, passereaux ou poussins d'un jour (de préférence de couleur sombre) peuvent être utilisés pour ces tests. Comme la chair de chauves-souris est probablement moins alléchante pour les carnivores que celle des oiseaux ou des souris, mieux vaut prendre des cadavres de chauves-souris pour ces tests de disparition. S'ils sont congelés, les cadavres seront préalablement décongelés. Il est utile de marquer discrètement les cadavres tests pour être certain qu'ils ont été mangés ou ont disparu du site et qu'ils n'ont pas seulement été déplacés dans la zone de contrôle. Ceci permettra de les identifier comme cadavres tests et non comme victimes réelles. Chaque test devra comprendre au moins 20 cadavres et durer au moins 10 jours consécutifs (de préférence tous les jours du jour 1 au jour 7, puis du jour 14 au jour 21), pour

déterminer combien de temps une carcasse reste au sol avant d'être dévorée, emportée ou enterrée respectivement par des mammifères, des oiseaux et des insectes. Il est recommandé de combiner les tests de disparition des carcasses et les tests d'efficacité du contrôleur dans un contrôle agrégé (voir ci-dessous).



Renard récupérant de nuit un cadavre de pipistrelle sous une éolienne en France. © Ecosphère

b) Tests d'efficacité du contrôleur

• Classification du couvert végétal

L'efficacité du contrôleur dépend du couvert végétal parce qu'aux différentes saisons la hauteur et le type de végétation affecteront la visibilité des cadavres de chauves-souris. Il est donc important d'évaluer la détectabilité des chauves-souris mortes dans différentes classes de hauteur de végétation, différents pourcentages de couverture végétale et différents milieux/éléments physiques (tels que les types de végétation, les obstacles au sol, la pente, etc.). Pour plus de détails, se rapporter à Cartographie des habitats (Habitat Mapping) p. 26 et 28 dans ARNETT 2005, ARNETT *et al.* 2010, BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013. Ces classes sont

importantes pour l'analyse statistique. Il faut tenir compte du fait que certains estimateurs (par ex. KORNER-NIEVERGELT 2011) doivent avoir la couverture du sol classée séparément en cercles équidistants autour de l'éolienne.

• Tests

L'efficacité du contrôleur devra aussi être testée en fonction des différentes hauteurs de végétation présentes dans la zone. Dans ce contexte, les tests devront être répétés à différentes saisons afin d'évaluer l'efficacité du contrôle à différents stades du développement végétal, de luminosité et de conditions météorologiques. Il conviendra de conserver les mêmes contrôleurs pendant toute l'année ou, si de nouveaux sont nécessaires, les tests d'efficacité devront être répétés.

Les carcasses de chauves-souris (ou leur équivalent) seront distribuées aléatoirement sur les zones de test. Les coordonnées de chaque carcasse seront notées ainsi que leur direction et leur distance par rapport au mât, la hauteur et le type de végétation autour de chacune et le numéro d'identification de l'éolienne la plus proche.

Le contrôleur devra opérer selon le protocole standard de recherche de cadavres. L'objectif général est d'évaluer le pourcentage de carcasses découvertes par le contrôleur.

Certains auteurs (par ex. WARREN-HICKS *et al.* 2013) ont mentionné la nécessité de combiner les tests de disparition des carcasses et ceux d'efficacité du contrôleur en un test agrégé, plutôt que de les traiter comme deux processus indépendants. Etant donné que la probabilité de persis-

tance et la détectabilité sont toutes deux dépendantes du temps et l'une de l'autre, cette agrégation serait très souhaitable et efficace. En fait, intégrer les tests de persistance des cadavres et d'efficacité du contrôleur peut produire simultanément des fonctions temporelles de persistance des cadavres et d'efficacité du contrôleur pour le même jeu de carcasses tests.

• Utilisation de chiens dressés

Un chien spécialement dressé pour chercher des cadavres de chauves-souris peut être utilisé pour le suivi de mortalité, mais l'efficacité du maître-chien sera testée sur chaque site de la même façon que précédemment (ARNETT 2006, PAULDING *et al.* 2011, PAULA *et al.* 2011, MATHEWS *et al.* 2013). La décomposition des carcasses et les conditions météorologiques telles que la vitesse du vent et la température de l'air peuvent jouer des rôles importants dans les capacités olfactives des chiens (PAULA *et al.* 2011) et elles doivent être prises en compte. Il est conseillé que les chiens et les maîtres-chiens participent à des formations organisées. Si cela s'applique, les maîtres-chiens devront obtenir une licence pour ce travail. Le contrat avec le maître-chien, qui travaillera toujours avec son chien, devra spécifier si une telle formation a été suivie. Les chiens peuvent utiliser différentes méthodes pour marquer, soit aboyer, soit arrêter et pointer. Ils sont préférables aux chiens qui rapportent, car le cadavre sera identifié et laissé in situ pour que le contrôleur puisse prendre les notes nécessaires. En terrain difficile (végétation touffue), les chiens d'arrêt sont souvent équipés d'un collier de repérage qui change de signal sonore lorsque

le chien marque l'arrêt. Les chiens sont déjà utilisés dans certains pays : Portugal, Royaume-Uni, Espagne et Allemagne, pour accroître l'efficacité de la recherche.



Chercheur en G.B. commençant son contrôle avec un chien : les drapeaux sont destinés à marquer les emplacements de cadavres. © F. Mathews

c) Estimateurs de mortalité

Divers algorithmes ont été développés pour estimer la mortalité des chauves-souris. La plupart ont été basés sur la formule de WINKELMAN (1989) prévue pour les oiseaux, bien qu'en France elle ait été aussi utilisée pour les chauves-souris (ANDRÉ 2005, DULAC 2008). Depuis lors, différents estimateurs ont été développés pour les chiroptères, à savoir aux Etats-Unis (ERICKSON 2000, HUSO 2010), Royaume-Uni (JONES 2009), Allemagne/Pays-Bas (BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013), Suisse (KORNER-NIEVERGELT *et al.* 2011) et Portugal (BASTOS *et al.* 2013). La plupart d'entre eux incluent maintenant un facteur de correction pour le pourcentage de la zone réellement contrôlée.

Il est conseillé de tester plusieurs méthodes différentes, car les résultats peuvent varier considérablement. La formule de WINKELMAN, par exemple, a tendance à surestimer la mortalité des chauves-souris,

même en ajoutant le facteur de correction pour le pourcentage de la surface réellement contrôlée.

Généralement, l'estimation de la mortalité (nombre réel de chauves-souris tuées dans un parc éolien) est calculée en utilisant le nombre de cadavres trouvés sur la zone de contrôle de chaque éolienne, multiplié par les facteurs de correction qui tiennent compte de la probabilité qu'une carcasse persiste sur la zone de recherche (persistance des cadavres), qu'une carcasse soit découverte par un observateur (efficacité du contrôleur, et/ou la probabilité qu'une carcasse se trouve dans l'aire contrôlable (surface de contrôle).

Certains estimateurs n'ont pas pris en considération la distribution irrégulière des carcasses dans la zone contrôlée, bien qu'un grand pourcentage de celles-ci soient découvertes dans un rayon de 30 m autour du mât de l'éolienne (CORNU & VINCENT 2010a, 2010b, RICO & LAGRANGE 2011, SANÉ 2012, BEUCHER & KELM 2013). En outre, très récemment encore, si aucune chauve-souris n'était trouvée sous les éoliennes, il n'était pas possible d'estimer le nombre de victimes pour le site en question et de plus aucun intervalle de confiance ne pouvait être présumé en même temps qu'une estimation (voir ci-dessous).

BERNARDINO *et al.* (2013) ont comparé sept estimateurs largement utilisés et ont souligné leurs hypothèses et limitations. Ils en ont conclu qu'il n'existait pas encore d'estimateur universel qui produirait des résultats non biaisés quelles que soient les circonstances ou la conception de l'étude. Les auteurs ont identifié des facteurs pouvant améliorer la qualité des estimations,

tels que (1) des intervalles plus courts entre les contrôles appliqués sur toute l'année, (2) des zones de contrôle plus grandes et (3) une efficacité du contrôleur plus élevée.

Afin d'améliorer leur efficacité, certains nouveaux estimateurs tiennent compte de certains de ces inconvénients :

- Huso (2010) a développé un estimateur qui prend en compte la couverture partielle de la zone de contrôle sous les éoliennes et qui assume que les temps de persistance des cadavres ont des distributions exponentielles. Ceci caractérise un taux de risque constant impliquant qu'avec le temps les cadavres restent tout aussi attirants pour les charognards.

- Un estimateur allemand a été développé dans le cadre d'un projet de recherche national financé par le BMU (Ministère de l'Environnement, de la Conservation de la Nature, de la Construction et de la Sécurité Nucléaire [NIERMANN *et al.* 2011, KORNER-NIEVERGELT *et al.* 2011]). A la différence de la formule de Huso, cet estimateur assume qu'un intervalle de confiance ne peut être inférieur au nombre de chauves-souris mortes effectivement trouvées sous les éoliennes. Le site internet de Niermann montre comment calculer la mortalité selon KORNER-NIEVERGELT 2011, (<http://www.kollisionsopfersuche.uni-hannover.de/>, seulement en allemand). Un avantage important de cette approche c'est que la formule peut être adaptée aux différentes catégories des taux d'efficacité du contrôleur ou des taux de disparition des carcasses.

- PÉRON *et al.* (2013) ont utilisé des modèles de capture-recapture de superpopulation

(pour les tailles de populations). Cette approche intègre la variation de temps et d'âge dans les paramètres et tient compte d'une présence éventuellement plus longue des cadavres influant sur la détection entre les intervalles de contrôle.

- BASTOS *et al.* (2013) ont produit des simulations stochastiques dynamiques qui examinent l'interdépendance et le manque de constance des paramètres couramment utilisés, tels que l'efficacité du contrôleur et la persistance des cadavres, pour les estimations avec correction des biais. Ce cadre peut fournir des algorithmes capables d'estimer une mortalité potentielle réelle quand bien même aucun cadavre n'aura été détecté. Cette approche est proposée comme un point de départ innovant pour éviter les interprétations erronées de la signification des faux zéros par les décideurs.

- Le modèle de KORNER-NIEVERGELT *et al.* (2013) permet aussi l'estimation du nombre de cadavres sur la base de l'extrapolation des données échantillonnées (par ex. pour les nuits comprises dans l'intervalle entre les contrôles). A la différence des autres approches, ces auteurs ont développé un modèle qui permet de renoncer au processus de recherche des cadavres, en ne calculant la mortalité réelle qu'en se basant sur la vitesse du vent et l'activité des chauves-souris. Dans ce contexte, la conception de l'étude doit être la même que celle proposée par les auteurs en termes de type d'éolienne, diamètre du rotor, guildes d'espèces, schémas d'activité, conditions de vent, types de détecteurs d'ultrasons, sensibilité de l'enregistrement et région géographique.

- L'estimateur portugais de mortalité de la faune sauvage (www.wildlifefatalityestimator.com) a été créé par Bio3 en partenariat avec Regina Bispo. Il a pour but d'aider les utilisateurs à employer correctement les méthodologies et à gagner du temps dans l'analyse des données (BISPO *et al.* 2010). L'estimateur de mortalité de la faune sauvage est une plate-forme en ligne, libre d'accès, qui peut être utilisée pour estimer la mortalité des chauves-souris en rapport avec les parcs éoliens ou d'autres infrastructures humaines et utilisant trois estimateurs d'usage courant : JAIN *et al.* 2007, HUSO 2010 et KORNER-NIEVERGELT *et al.* 2011. La plate-forme inclut trois modules d'application (« Persistance des cadavres », « Efficacité de la recherche » et « Estimation de la mortalité »).

d) Effets cumulatifs

Comme il s'écoule souvent de nombreuses années entre le pré-diagnostic et le suivi post-construction, d'autres parcs éoliens peuvent avoir été construits à proximité au moment où le suivi commence sur le site en question. Par conséquent une nouvelle évaluation des effets cumulatifs estimés pour l'étude d'impact doit être réalisée à la fin de la période de suivi, afin d'affiner l'estimation précédente des impacts sur les populations de chauves-souris et faciliter le choix des mesures de **réduction** de la mortalité.

5 Eviter, réduire et compenser

Les grands parcs éoliens peuvent avoir des impacts importants sur les chauves-souris (cf. chapitre 2). Les études d'impact (y compris les *EIE* formelles) doivent déterminer les impacts potentiels d'un projet spécifique sur les chauves-souris et sur leurs habitats, avant, pendant et après la construction, et leur niveau d'importance. Comme les chauves-souris sont protégées par la législation nationale et internationale, si des impacts négatifs importants sont attendus, les études d'impact doivent aussi proposer des mesures efficaces pour éviter, puis pour réduire ces impacts (si l'*éviterement* n'est pas possible) et finalement pour compenser tout effet résiduel. Ceci sera également nécessaire si d'importants impacts négatifs non prévus sont détectés au cours du suivi post-construction. L'efficacité des *mesures ERC* (éviter, réduire et compenser) mises en œuvre doit aussi faire l'objet d'un suivi et des modifications seront appliquées au besoin.

Pour tout projet éolien les *mesures ERC* appropriées ne peuvent être conçues qu'à partir des informations sur les espèces de chauves-souris présentes et sur leur activité, obtenues par les diagnostics chiroptérologiques réalisés pour l'étude d'impact. Ces mesures seront aussi déterminées par les caractéristiques de chaque projet éolien. Elles devront donc toujours être adaptées au site et seront très souvent spécifiques aux espèces présentes. En outre, en matière d'écologie des différentes espèces, les connaissances d'un chiroptérologue sont essentielles pour développer des mesures appropriées.

Les *mesures ERC* sont traitées ici en fonction des impacts sur les chauves-souris auxquelles elles doivent remédier.

Les options potentielles pour la *réduction* des impacts de petites éoliennes consistent à les arrêter pendant les heures d'obscurité, à augmenter leur vitesse de démarrage et à empêcher le rotor de tourner par vents faibles. Bien que dans certains cas une mesure de *réduction* puisse être requise (par ex. en cas de mortalité par collision), il n'est pas encore prouvé que l'une ou l'autre des options de *réduction* ci-dessus soit utile et/ou efficace pour les petites éoliennes. Nous soulignons donc que tant que nous ne disposerons pas de nouvelles données, le soin apporté au choix d'un site approprié sera crucial. Les petites éoliennes doivent être situées à 25 m minimum des habitats couramment associés à des niveaux élevés d'activité des chauves-souris, soit :

- des alignements d'arbres ou de larges haies,
- des boisements de feuillus ou de résineux, ou des lisières de bois,
- des arbres matures isolés, surtout s'ils conviennent pour des gîtes
- des cours d'eau, des rives d'étangs ou de lacs,
- des bâtiments adaptés pour des gîtes, occupés ou à l'abandon (y compris les ponts et les mines). Quand le projet est prévu sur des bâtiments ou à proximité, tout travail de construction à l'intérieur ou près du toit doit inclure des vérifications pour la présence éventuelle de gîtes (cf. HUNDT *et al.* 2012).

Ces lignes directrices ne concernent pas les éoliennes installées sur des bateaux, mais nous recommandons l'arrêt des aérogénérateurs si pendant la nuit le bateau se trouve à 20 m ou moins de haies matures, d'alignements d'arbres, de boisements de feuillus ou de résineux, de lisières forestières, d'arbres matures isolés (surtout avec des possibilités de gîtes), des bords de rivières, des rives d'étangs ou de lacs, ou des bâtiments.

5.1 Mortalité

L'impact majeur des éoliennes en fonctionnement sur les chauves-souris est la mortalité directe (ARNETT *et al.* 2013a), provoquée par collision et/ou par barotraumatisme (ARNETT *et al.* 2008, BAERWALD *et al.* 2008, GRODSKY *et al.* 2011, ROLLINS *et al.* 2012). Les chauves-souris en *migration* et celles des populations sédentaires locales sont souvent victimes des éoliennes (BRINKMANN *et al.* 2011, VOIGT *et al.* 2012), et parfois en grands nombres (HAYES 2013, ARNETT *et al.* 2013a).

Elles peuvent toutefois être tuées pendant la construction des éoliennes et des infrastructures connexes, par exemple dans des gîtes (les individus en hibernation et les chauves-souris dans les gîtes de parturition sont particulièrement vulnérables).

Comme il n'existe pas encore de données fiables sur la taille des populations au niveau européen pour la plupart des espèces de chauves-souris, les impacts de la mortalité provoquée par les éoliennes (ou par toute autre cause) sur les populations ne sont pas connus. Mais il est évident qu'en raison de leur taux de reproduction extrêmement faible (BARCLAY & HARDER 2003), tout accroissement du taux de mortalité peut être critique. Donc comme la mortalité de chauves-souris ap-

partenant à des populations migrant sur de longues distances se produit régulièrement (VOIGT *et al.* 2012, BRINKMANN *et al.* 2011), il est évident que les éoliennes affectent des populations de chauves-souris sur des distances géographiques importantes. En outre il y avait 121,5 GW d'énergie d'origine éolienne installés en Europe à la fin de 2013, avec un taux annuel de croissance attendu de plus de 10% (CORBETTA & MILORADOVIC 2014), il importe donc de considérer les effets cumulatifs et l'accroissement cumulé de la mortalité des chauves-souris.

Toutes les chauves-souris étant protégées par la législation internationale et nationale, la loi interdit de les tuer intentionnellement. Par conséquent éviter ou du moins réduire à un minimum la mortalité par les éoliennes est non seulement une priorité pour la conservation des chauves-souris, mais aussi une obligation légale en Europe. Fixer des seuils généraux pour la mortalité des chauves-souris et/ou une vitesse de vent qui déclencherait la réduction des mortalités est non seulement considéré comme arbitraire, inefficace, inadéquat et non soutenable (ARNETT *et al.* 2013a, voir aussi le chapitre 3), mais aussi contestable d'un point de vue légal en Europe.

Sur cette base, des mesures efficaces doivent être conçues pour chaque projet éolien pour éviter et pour réduire la mortalité des chauves-souris au cas par cas par le processus approprié d'étude d'impact. Comme indiqué précédemment, l'ordre des mesures doit être premièrement d'éviter, puis de réduire la mortalité (si l'*éviterement* complet n'est pas possible), alors que la possibilité de compenser pour la mortalité est absolument contestable. (cf. 5.1.3).



La *Noctule commune* (*Nyctalus noctula*) est l'espèce la plus affectée par les éoliennes en Allemagne (ici le parc de Puschwitz en Saxe). Différentes populations migratrices de chauves-souris ainsi que des populations locales sont victimes d'éoliennes dans toute l'Europe.
© M. Lein



Un *Minioptère de Schreibers* (*Miniopterus schreibersii*) sectionné de la tête au bassin, par la pale d'une éolienne (Camargue, France, 2006).
© E. Cosson

5.1.1 Evitement

5.1.1.1 Planifier l'aménagement du site

La meilleure stratégie pour éviter la mortalité des chauves-souris, au bénéfice de la conservation des chiroptères et en termes économiques, c'est la planification préventive. C'est là où l'activité des chauves-souris est prise en considération pendant les phases de **screening** et de **cadrage** d'un projet de développement de parc éolien. Même au niveau d'une planification stratégique où les autorités identifient des sites convenant pour le développement de parcs éoliens, les impacts éventuels sur les chauves-souris doivent être envisagés.

En raison du risque élevé de mortalité (ARNETT 2005, BEHR & VON HELVERSEN 2005, 2006, RYDELL *et al.* 2010b, BRINKMANN *et al.* 2011), les éoliennes ne doivent pas être installées dans les boisements de feuillus ou de résineux, ni à moins de 200 m de tout boisement (voir aussi 2.1).

La façon la plus efficace pour éviter la mortalité, du moins pour certaines espèces, peut être de planifier soigneusement l'aménagement du site. En général la mortalité la plus forte est attendue dans les secteurs où l'activité des chauves-souris est la plus importante, tels que les axes de **migration** et les voies de déplacement, les terrains de chasse majeurs et près des gîtes, en particulier pour les espèces et les populations à haut risque en raison de leur écologie spécifique. Une étude d'impact pertinente recueillera suffisamment d'informations sur les modèles spatiaux et temporels d'activité des chauves-souris et sur leurs gîtes dans le site de développement envisagé, en particulier aux emplacements prévus pour les éoliennes, et ces informations permettront

de prendre les bonnes décisions pour aménager le site.

Si des éoliennes sont envisagées dans des zones de forte activité de chauves-souris ou à proximité de gîtes, elles devront être déplacées. S'il n'est pas possible de les repositionner, les emplacements concernés seront abandonnés. Si une forte activité de chauves-souris est notée dans la totalité du site de développement, l'abandon du projet doit être envisagé pour éviter de devoir recourir à des plans de **réduction** complexes pouvant être infructueux.

5.1.1.2 Éviter de détruire des gîtes en présence de chauves-souris

La destruction des gîtes de chauves-souris est interdite par la loi dans la Communauté Européenne et dans de nombreux autres pays européens, et elle doit être évitée, même si ces gîtes ne sont pas légalement protégés.

Des mesures préventives (suivant le principe de précaution) consistent à éviter les travaux de démolition ou d'abattage des arbres pendant les périodes sensibles comme les saisons de mise bas, d'élevage des jeunes et d'hibernation ou quand les chauves-souris sont présentes. Il convient aussi de contrôler les gîtes avant la destruction et de recourir à un chiroptérologue pour suivre les travaux de démolition, afin de prendre les mesures d'urgence nécessaires pour éviter la mort des individus. Dans l'UE et dans de nombreux autres pays une dérogation à la législation sur les espèces protégées est absolument nécessaire et les chauves-souris ne doivent pas subir de préjudice.

Une étude d'impact correcte réunira les informations sur les gîtes de chauves-souris

sur le site envisagé pour le projet (*cf.* 5.2) et les périodes appropriées pour tous les travaux de construction (et pour toute autre activité susceptible d'affecter les chauves-souris) seront déterminées au mieux par l'étude d'impact, au cas par cas.

5.1.1.3 Élimination des facteurs d'attraction

Pendant la construction et l'exploitation d'un parc éolien, tous les facteurs connus susceptibles d'attirer les chauves-souris sur le site et vers les éoliennes doivent être éliminés.

Des chauves-souris installées dans des nacelles ont été signalées en Europe aussi bien dans des éoliennes à terre (HENSEN 2004) qu'en mer (AHLÉN *et al.* 2009). Bien qu'il ne semble pas qu'un gîte dans une nacelle soit à l'origine d'une mortalité importante (DÜRR & BACH 2004), la recherche d'un gîte dans une éolienne, les sorties et entrées successives à l'intérieur et le comportement de « **swarming** » à l'entrée peuvent entraîner des cas de mortalité. Par conséquent, toutes les éoliennes, et en particulier les nacelles, doivent être conçues, construites et entretenues de manière à ne pas encourager les chauves-souris à s'y installer – tous les vides et interstices doivent être rendus inaccessibles aux chiroptères.

Les milieux autour des éoliennes, perturbés par leur construction, peuvent fournir des conditions favorables aux insectes volants dont se nourrissent la plupart des chauves-souris (GRINDAL & BRIGHAM 1998, HENSEN 2004). Des insectes sont attirés par les lumières (projecteurs de sécurité au pied du mât de l'éolienne [BEUCHER *et al.* 2013]) et par la chaleur produite par certains types de nacelle (AHLÉN 2002, HENSEN 2004, HORN *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b). La couleur des

éoliennes (LONG *et al.* 2011) et certains effets acoustiques (KUNZ *et al.* 2007) sont aussi susceptibles d'attirer les insectes volants et les chauves-souris dans la zone à risque. Les éoliennes et leurs abords doivent donc être gérés et entretenus de façon à ne pas attirer les insectes (c.-à-d. réduire le plus possible la concentration des insectes à proximité de l'éolienne mais sans pour autant affecter leur abondance ailleurs sur le site). Certaines des mesures permettant d'y parvenir et pouvant être mises en œuvre dans tous les parcs éoliens consistent à :

- utiliser un éclairage qui n'attire pas les insectes,
- ne recourir à un éclairage que lorsqu'il est nécessaire, sauf s'il est obligatoire pour des raisons de sécurité,
- éviter l'accumulation d'eau, le développement des adventices et l'apparition de nouveaux arbrisseaux à proximité immédiate du site de construction (zones d'implantation des éoliennes, routes d'accès, etc.),
- ne pas permettre l'implantation de nouvelles haies, d'autres alignements d'arbustes et d'arbres, et de vergers ou de bois dans une zone tampon de 200 m autour des éoliennes et de telles structures ne doivent pas être utilisées comme mesures compensatoires dans ce rayon.

5.1.2 Réduction

5.1.2.1 Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage

La **mise en drapeau** et l'augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** des éoliennes sont actuellement les seuls moyens qui ont montré leur efficacité pour réduire la mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens en fonctionnement (ARNETT

et al. 2013a). Des études particulièrement détaillées en Amérique du Nord (BAERWALD & BARCLAY 2009, ARNETT *et al.* 2011, 2013c) et en Europe (BEHR & VON HELVERSEN 2006, BACH & NIERMANN 2013) ont prouvé que de faibles augmentations de la **vitesse de vent de démarrage** de la turbine et la **mise en drapeau** des pales avaient pour résultat des **réductions** significatives de la mortalité des chauves-souris (de 50% ou plus).

Il est important de noter que certains modèles d'éoliennes (généralement les plus anciennes) continuent de tourner librement à des vitesses qui peuvent encore tuer des chauves-souris quand la **vitesse de vent de démarrage** est accrue. Dans de tels cas, la **mise en drapeau** ou une autre méthode qui empêcherait les pales de tourner (ou réduirait la vitesse de rotation à un minimum) à des vitesses de vent inférieures à la vitesse de démarrage doit aussi être mise en œuvre pour éviter/minimiser la mortalité de chauves-souris.

L'activité des chauves-souris est significativement corrélée à la vitesse du vent et à d'autres variables météorologiques telles que la température de l'air, l'humidité relative, la pluie et le brouillard (HORN *et al.* 2008, BACH & BACH 2009, BEHR *et al.* 2011, BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, LIMPENS *et al.* 2013). Une part importante de la mortalité de chauves-souris dans les parcs éoliens en fonctionnement se produit à des vitesses de vent relativement faibles (ARNETT *et al.* 2008) et à des températures élevées (AMORIM *et al.* 2012). Ceci explique pourquoi une augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** et/ou la **mise en drapeau** des pales par vent faible réduit la mortalité des chauves-souris.

Toutefois, l'activité des chauves-souris et leur tolérance au vent peuvent varier signifi-

cativement selon les années pour le même site (BACH & NIERMANN 2011, 2013, LIMPENS *et al.* 2013) et encore plus entre les sites (SEICHE *et al.* 2007, ARNETT *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010a, ARNETT *et al.* 2011, 2013c, LIMPENS *et al.* 2013), entre les régions et les pays (DÜRR 2007, RYDELL *et al.* 2010a, DUBOURG-SAVAGE *et al.* 2011, NIERMANN *et al.* 2011, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, LIMPENS *et al.* 2013) et surtout entre les espèces (DÜRR 2007, SEICHE *et al.* 2007, RYDELL *et al.* 2010a, BACH & NIERMANN 2011, DUBOURG-SAVAGE *et al.* 2011, NIERMANN *et al.* 2011).



Au Portugal, l'une des 7 éoliennes de ce parc est située à 158 m d'un important gîte d'hibernation (environ 4 000 *Miniopterus schreibersii* et 150 *Rhinolophus ferrumequinum*). La vitesse de vent de démarrage de cette éolienne a été augmentée à 5 m/s en octobre, novembre, décembre, mars et avril. © J. Rydell

Par conséquent, des seuils efficaces et fiables pour la **vitesse de vent de démarrage** et la température (ou des algorithmes basés sur ces variables et d'autres variables météorologiques, sur des modèles spatiaux et temporels de l'activité des chauves-souris et des espèces présentes) ne peuvent être déterminés qu'au cas par cas, selon les résultats obtenus lors de l'étude d'impact (cf. chapitre 3). Il serait donc inopportun de fixer des standards nationaux ou européens.

Dans la plupart des cas, la perte de production électrique et le coût économique de la **mise en drapeau** et de l'augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** sont inévitables, mais des études ont montré qu'ils étaient négligeables (par ex. <1% du rendement annuel total [(BRINKMANN *et al.* 2011, ARNETT *et al.* 2013c]). Adapter finement les seuils approximatifs pré-construction de la **vitesse de vent de démarrage** et de la température aux modèles multifactoriels post-construction spécifiques au site et aux espèces réduit efficacement à la fois les pertes excessives de production et la mortalité des chauves-souris (LAGRANGE *et al.* 2011, 2013).

La modélisation multifactorielle de la **mise en drapeau** et de l'augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** offre une stratégie écologiquement saine et économiquement faisable pour réduire la mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens et devrait être largement appliquée.

Cependant, tout modèle doit être développé et utilisé avec une grande prudence, en particulier ceux basés sur l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle pour prédire la mortalité, en raison de la très grande déviation standard de telles prédictions (BRINKMANN *et al.* 2011, LIMPENS *et al.* 2013). Des modèles basés sur des niveaux spécifiques au site pour le vent et la température, par ex. au-dessous de 7,5 m/sec ou au-dessus de 12°C (BACH & NIERMANN 2011, 2013), et/ou sur d'autres conditions environnementales (par ex. LAGRANGE *et al.* 2013) permettent d'éliminer le facteur de mortalité des chauves-souris en raison de leur activité de vol à hauteur de nacelle. Les autorités devraient donc encourager cette approche, déterminée au cas par cas.

Là où le développement des parcs éoliens est encore autorisé en forêt, la **mise en drapeau** ou l'augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** devraient être obli-

gatoires en raison des risques aggravés que ce type de situation implique pour toutes les chauves-souris (cf. 2.1).



La dérogation délivrée pour ces 5 éoliennes (Perwez, Wallonie, Belgique) inclut la mise en drapeau, car des espèces migratrices de chauves-souris ont été détectées pendant l'étude d'impact.
© T. Kervyn

ETUDE DE CAS 1 - Belgique

Dans le sud de la Belgique (Wallonie) quand des espèces sensibles de chauves-souris sont détectées lors de l'étude d'impact, la **mise en drapeau** des pales est appliquée au-dessous de 6 m/sec (vitesse de vent mesurée à hauteur de nacelle), pendant 6 heures à partir du coucher du soleil, du 1er avril au 30 octobre, quand la température est supérieure à 8°C (ou 10°C en plaine) et en l'absence de pluie. Pendant la **migration** automnale, entre le 1er août et le 15 octobre, la **mise en drapeau** des pales intervient aussi du coucher au lever du soleil quand la vitesse de vent est inférieure à 7 m/sec (mesurée à hauteur de nacelle) et la température de l'air supérieure à 5°C (ou 8°C dans les plaines).

En appliquant ces seuils, la production électrique est théoriquement réduite de 2% dans le sud de la Belgique (Wallonie).

Source: THIERRY KERVYN (Belgique)

ETUDE DE CAS 2 : Allemagne

Algorithmes de réduction propres à l'éolienne, basés sur des modèles multifactoriels – une méthode allemande

En 2007 et 2008 une étude à grande échelle sur le risque de collision des chauves-souris avec les éoliennes a été financée par le Ministère fédéral pour l'environnement, la conservation de la nature, la construction et la sécurité nucléaire. Elle a été menée sur 70 aérogénérateurs de 35 parcs éoliens dans différentes régions géographiques de l'Allemagne (BRINKMANN *et al.* 2011). L'activité des

chauves-souris a été mesurée par des études acoustiques sur la nacelle des éoliennes. En outre, 30 des éoliennes ont fait l'objet de recherches quotidiennes de cadavres. Cet important jeu de données a permis une analyse détaillée des paramètres corrélés à une forte activité de chauves-souris près de la nacelle et donc à un risque de collision élevé. A partir de ce jeu de données, deux modèles ont été développés pour prédire :

a) le niveau d'activité des chauves-souris près de la nacelle – à partir de la période

de l'année, l'heure de la nuit et la vitesse du vent,

b) le nombre attendu de cas de mortalité – d'après l'activité acoustique des chauves-souris mesurée au niveau de la nacelle.

Ces deux modèles ont été combinés les années suivantes pour déterminer, sans mesurer l'activité des chauves-souris, le risque de collision à un certain moment en utilisant les paramètres : période de l'année, heure de la nuit et vitesse du vent. Un algorithme de **réduction** fut développé pour arrêter les éoliennes aux périodes où le risque de collision prévu était élevé et où la production d'électricité était faible. Par la suite, l'efficacité de cet algorithme favorable aux chauves-souris a été démontrée pour 18 éoliennes, dans un projet de recherche en 2012.

Cette méthode est recommandée comme méthode standard de **réduction** dans les lignes directrices de plusieurs états fédéraux d'Allemagne et elle est déjà appliquée dans certains projets en cours.

Le processus de planification pendant le suivi post-construction comporte généralement les étapes suivantes :

a) Etude de l'activité des chauves-souris autour de la nacelle pendant la première année de fonctionnement de l'éolienne. Le but de cette étude est de déterminer, pour une éolienne spécifique, le niveau d'activité et de détecter d'éventuelles différences à partir des patrons d'activité présumés par le modèle (par ex. des différences régionales en ce qui concerne l'activité saisonnière). Pour éviter des risques de collision élevés la première année, le fonctionnement de l'éolienne est géré avec des règles de

réduction simples basées sur une étude avant construction.

b) Développement d'un algorithme de **réduction** spécifique au site : le programme ProBat calcule des algorithmes de **réduction** basés sur les résultats de l'étude acoustique et sur des données de vent (<http://www.windbat.tech.fak.fau.de/tools/>, actuellement seulement disponible en allemand).

c) Etude de l'activité des chauves-souris autour de la nacelle pendant la deuxième année de fonctionnement : cette deuxième étude doit détecter des différences entre les années. Durant la deuxième année l'éolienne fonctionne déjà avec l'algorithme spécifique basé sur les résultats de la première année.

d) Adaptation de l'algorithme d'après les résultats de la deuxième année : ProBat peut être utilisé pour calculer des algorithmes basés sur la moyenne des résultats des deux années d'étude.

e) A partir de la troisième année, fonctionnement de l'éolienne avec les algorithmes de **réduction** spécifiques à l'aérogénérateur. Les études acoustiques d'activité ne sont plus envisagées. Une autre étude peut être utile pour vérifier l'algorithme après plusieurs années d'exploitation.

Actuellement les algorithmes sont en cours d'amélioration. Des modèles spécifiques pour les différentes régions d'Allemagne sont en développement pour inclure des caractéristiques régionales, par exemple les pics saisonniers d'activité dus à la **migration** des chauves-souris.

Source : JOHANNA HURST, OLIVER BEHR et ROBERT BRINKMANN.

5.1.2.2 Systèmes dissuasifs

Des systèmes dissuasifs, acoustiques (SZEWCZAK & ARNETT 2008, ARNETT *et al.* 2008, ARNETT *et al.* 2013b) et électromagnétiques (NICHOLLS & RACEY 2009) n'ont pas encore prouvé leur efficacité pour empêcher les chauves-souris de s'approcher des parcs éoliens, donc encore moins pour réduire leur mortalité dans les parcs en fonctionnement. En outre, l'impact de telles mesures sur le public et sur d'autres espèces de faune sauvage comme les oiseaux et les insectes n'a pas été évalué à ce jour (AMORIM *et al.* 2012). Par conséquent, bien que la recherche sur les systèmes dissuasifs puisse ouvrir des possibilités, ils ne peuvent pas encore être considérés comme une stratégie de **réduction** concrète pour éviter la mortalité de chauves-souris.

5.1.3 Compensation

A la différence des impacts sur l'habitat, où la perte d'un milieu sur le site peut être compensée par la protection ou la restauration d'un habitat ailleurs, il n'est pas possible de compenser la mortalité. Etant donné que les impacts de la mortalité par les éoliennes sur les populations de chauves-souris sont encore inconnus, le développement de plans de **compensation** mesurables, adéquats et bien étayés n'est pas possible au niveau des populations. Ceci concerne en particulier les populations des espèces migrant sur de longues distances, car cela impliquerait d'améliorer leurs taux de natalité et de survie à des centaines de kilomètres du site de développement (dans des gîtes souvent inconnus), à une grande échelle et avant la phase opérationnelle du parc éolien (VOIGT *et al.* 2012). Ce sont là des

arguments solides montrant que les cas de mortalité doivent être évités ou réduits le plus possible.

Cependant, comme certains cas de mortalité peuvent encore se produire même après avoir épuisé toutes les possibilités connues d'**évitement** et de **réduction**, des mesures relatives à la protection et à l'amélioration des habitats devraient être mises en œuvre afin d'accroître les taux de survie des adultes et des juvéniles des espèces résidentes dont les populations sont impactées.

5.2 Perte/détérioration des habitats

La construction des éoliennes et des **infrastructures connexes** peut endommager ou détruire des gîtes à chauves-souris, des routes de vol et des terrains de chasse. C'est particulièrement le cas quand il est proposé des transformations de grande envergure du paysage et des habitats, par exemple lorsque des parcs éoliens sont construits en forêt (cf. 2.1). Néanmoins, une forte activité de chasse et de **transit** de chauves-souris a été enregistrée ailleurs dans des parcs éoliens en fonctionnement (par ex. BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012). La perte de gîtes, surtout dans les secteurs où ils sont rares, aura probablement un plus grand impact que des modifications dans l'habitat dues à la construction d'éoliennes (par ex. BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012). Cependant, même une faible diminution dans le potentiel de chasse du paysage (par ex. en raison de l'utilisation de systèmes dissuasifs – voir 5.1.2.2) peut avoir des effets à long terme, comme une baisse de la faculté de certaines espèces à se reproduire et à survivre et donc empêcher le maintien des populations, en particulier celles des espèces migratrices.

La destruction des gîtes quand les chauves-souris sont présentes (et les cas de mortalité qui en résultent) n'est pas seulement illégale, elle rend aussi impossible toute mesure adéquate de **réduction** ou de **compensation** et doit être évitée (cf. 5.1.1.2).

La construction de parcs éoliens (y compris les infrastructures connexes) peut aussi accroître la qualité de l'habitat de chasse pour les chauves-souris. Par exemple, une augmentation du nombre de clairières et de lisières intérieures en forêt et l'attraction qu'elles exercent sur les insectes volants dans des paysages sinon moins structurés pourrait entraîner une augmentation de l'activité des chauves-souris et donc du risque de mortalité.

Si des impacts significatifs sur les gîtes, les terrains de chasse et les voies de **transit** sont attendus, des plans d'**évitement**, de **réduction** ou de **compensation** doivent être conçus pour les éliminer. Si une quelconque de ces mesures entre en conflit avec des mesures pour éviter ou réduire les cas de mortalité, la priorité revient toujours à la prévention de la mortalité.

5.2.1 Evitement

La meilleure stratégie pour éviter la détérioration ou la perte d'habitat, à la fois en termes de protection des chauves-souris et du point de vue économique, c'est une planification préventive. Quand c'est possible, les parcs éoliens doivent être prévus loin des habitats importants pour les chauves-souris, existants ou potentiels (par ex. des plantations forestières récentes) et déterminés par l'étude d'impact.

Il faut envisager le repositionnement de certaines éoliennes et des **infrastructures**

connexes et l'abandon de l'emplacement d'éoliennes individuelles (détails dans 5.1.1.1), aussi bien que le renoncement pur et simple au projet si des habitats sur le site de développement sont particulièrement importants pour la conservation des chauves-souris.

En règle générale les éoliennes ne doivent pas être installées dans un boisement, quel qu'en soit le type, ou à moins de 200 m en raison des risques accrus que ce type d'emplacement implique pour toutes les chauves-souris (cf. 2.1).

5.2.2 Réduction

La construction des éoliennes et des **infrastructures connexes** doit être planifiée et réalisée de façon à ce que la perturbation des habitats importants des chauves-sou-



Delta du Rhône (Camargue, sud de la France). 21 éoliennes érigées en 2005 sur une digue. En 2006, 12 cadavres de chauves-souris ont été découverts dont un *Miniopterus schreibersii*. Permis de construire accordé à une époque où aucun diagnostic chiroptérologique n'était demandé pour une EIE, bien que ce site Ramsar fût un point chaud pour les oiseaux hivernants, les chauves-souris migratrices et les résidentes qui viennent y chasser. © E. Cosson

ris soit la plus faible possible. Les habitats naturels tels que les boisements de feuillus ou de résineux, les zones humides et les herbages, même de petites parcelles dans de vastes paysages agricoles et des éléments paysagers tels que bocage, arbres isolés, plans d'eau ou rivières accroissent la probabilité que des chauves-souris gîtent, chassent et/ou transitent dans ces secteurs. Par conséquent la perturbation de ces habitats doit être évitée.

5.2.3 Compensation

Comparée à l'**évitement** et à la **réduction**, la **compensation** est moins efficace, aussi bien en termes de conservation des chauves-souris que du point de vue économique – elle est plus coûteuse et il est moins certain qu'elle apportera les résultats désirés. Elle ne devrait donc n'être utilisée qu'en dernier ressort, quand des impacts importants ne peuvent être évités ou réduits, par exemple une perte inévitable de possibilités de gîtes arboricoles quand les parcs éoliens sont construits en forêt.

Lorsqu'elle est nécessaire, la **compensation** doit être fondée sur l'étude d'impact, adaptée aux espèces concernées, adéquate, au moins proportionnelle à la perte, opportune et ne devrait pas détruire d'autres éléments naturels. Les moyens de **compensation** possibles sont la protection, l'amélioration et/ou la restauration des habitats affectés et de leurs éléments fonctionnels, surtout autour des gîtes, des terrains de chasse et des routes de vol. Lors de la construction en forêt d'infrastructures associées aux parcs éoliens, il est nécessaire de compenser les gîtes disparus par une gestion appropriée des boisements voisins, en particulier par la protection des arbres sénescents.

sements voisins, en particulier par la protection des arbres sénescents.

L'efficacité des gîtes artificiels à chauves-souris spécialement conçus pour la **compensation** doit être davantage étudiée. Il n'est donc pas possible de compter sur cette mesure pour compenser suffisamment la destruction de gîtes. Toutefois, certaines études suggèrent que les gîtes artificiels peuvent s'avérer efficaces pour certaines espèces et dans certains habitats et régions (CIECHANOWSKI 2005, BARANAUSKAS 2010).

En général, les mesures de **compensation** doivent être mises en œuvre en dehors du site de développement, mais dans le périmètre de la population locale affectée.

5.3 Dérangement

Bien que les sources possibles de dérangement et leurs effets sur les chauves-souris et leurs populations ne soient toujours pas parfaitement compris, il est évident que ces espèces peuvent être perturbées par les activités humaines et spécialement par les grands projets de développement. Le dérangement peut avoir un impact sur les populations de chauves-souris (NATURAL ENGLAND 2007). La législation internationale de l'UE et de nombreux autres pays européens protège toutes les chauves-souris de tout dérangement intentionnel et cette législation devrait être appliquée dans les autres pays.

La forte activité de chasse et le **transit** fréquent des chauves-souris dans les parcs éoliens en fonctionnement (BRINKMANN *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, BACH *et al.* 2013b) ainsi que les nombreux cas de mortalité suggèrent que les grandes éoliennes en fonctionnement ne sont pas dissuasives et ne dérangent pas les

chauves-souris. Cependant, les turbulences, les vibrations, le bruit et l'éclairage pendant la construction peuvent perturber les activités des chauves-souris aux périodes où elles sont les plus vulnérables (NATURAL ENGLAND 2007) : chasse et **transit** (SCHAUB *et al.* 2008, STONE *et al.* 2009), mise bas et élevage des jeunes (PARSONS *et al.* 2003) et hibernation (DAAN 1980, THOMAS 1995). Toutes les chauves-souris sont sensibles dans les gîtes, mais quand elles chassent ou se déplacent elles n'ont pas toutes la même sensibilité aux différentes sources, ni même aux différents niveaux de dérangement (FURE 2006).

Le cycle de vie quotidien et annuel des chauves-souris varie à travers l'Europe et aussi entre les espèces (*cf.* 2.2 et 3.2.1).

Sur cette base, une étude d'impact doit déterminer si les activités de construction vont déranger les chauves-souris dans leurs gîtes (en particulier pendant les saisons de reproduction et d'hibernation) ou en cas de chasse et de **transit**. Si des impacts importants sont attendus sur des gîtes et sur les activités de chasse et de **transit**, il conviendra de prévoir et de mettre en œuvre des mesures dans le cadre de l'**évitement** et de la **réduction**. La **compensation** n'est pas envisageable.

5.3.1 Evitement

La meilleure stratégie pour éviter le dérangement des chauves-souris c'est de planifier soigneusement le calendrier de la construction.

- Le dérangement des gîtes occupés, en particulier les gîtes d'hibernation ou de maternité où il pourrait y avoir des cas de mortalité (*cf.* aussi 5.1.1.2), doit être évité

en limitant les travaux de construction à proximité.

- Le dérangement sur les lieux de chasse et de **transit** doit être évité en limitant certains travaux de construction aux périodes du jour et de l'année où les chauves-souris sont actives (la construction devrait généralement être planifiée pour avoir lieu de jour).

Une étude d'impact correcte recueillera suffisamment d'informations sur les modèles temporels d'activité des chauves-souris et sur leurs gîtes, sur le site du projet, pour établir un calendrier adéquat des travaux, minimisant les impacts.

5.3.2 Réduction

Quand les **infrastructures connexes** du parc éolien doivent être construites en forêt, le dérangement peut être inévitable. La perturbation des chauves-souris en reproduction ou en hibernation doit toujours être évitée et en présence de gîtes les travaux ne doivent pas être envisagés pendant les saisons de maternité et d'hibernation. Si la construction des infrastructures implique des travaux importants, il peut être judicieux de les programmer de façon à ce que le dérangement ne concerne pas la totalité du site au même moment. Dans tous les cas l'éclairage est à éviter, à moins qu'il ne soit obligatoire pour des raisons de sécurité.



6 Priorités en matière de recherche

Ces dernières années plusieurs études ont été menées sur les chauves-souris et les éoliennes (par ex. BAERWALD *et al.* 2008, RYDELL *et al.* 2010b, BERNARDINO *et al.* 2011, BRINKMANN *et al.* 2011, FERRI *et al.* 2011, AMORIM *et al.* 2012, CAMINA 2012, GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, BEUCHER *et al.* 2013, LAGRANGE *et al.* 2013, SANTOS *et al.* 2013). A ce jour les recherches se sont concentrées sur l'influence que les éoliennes peuvent avoir sur les chauves-souris en tant qu'individus, par collision et barotraumatisme, et comment réduire ces effets tout en permettant aux parcs éoliens de générer des rendements économiques suffisants.

Toutefois notre connaissance de l'impact des aérogénérateurs et des parcs éoliens sur l'environnement et notamment sur les chauves-souris est encore limitée et il est nécessaire de poursuivre les recherches. La poursuite des projets de recherche est indispensable pour mieux comprendre l'impact des parcs éoliens sur les chauves-souris, que ce soit au niveau des populations ou dans différents milieux.

Par rapport aux oiseaux, les connaissances générales sur la biologie des chauves-souris sont plutôt sélectives. La **migration** des chauves-souris, en particulier, est insuffisamment connue dans toute l'Europe. Cette information est fondamentale pour évaluer les risques des projets éoliens envisagés. En outre, les projets de recherche devraient évaluer le risque des parcs éoliens existants pour les individus, mais plus important encore évaluer les impacts de la

mortalité sur les populations de chauves-souris. Il est urgent de trouver différentes solutions pour réduire au minimum les impacts du futur parc éolien.

Les questions suivantes précisent les domaines où la recherche est nécessaire :

1. Pourquoi les chauves-souris entrent-elles en collision avec les éoliennes ?
2. Quelles sont les meilleures méthodes pour évaluer, pendant l'étude d'impact et le suivi post-construction, les impacts probables de la construction des éoliennes sur les chauves-souris (développement de la méthodologie) ?
3. Quelle est l'efficacité des mesures de **réduction** (principalement l'augmentation de la **vitesse de vent de démarrage** et la **mise en drapeau**) actuellement utilisées (% de **réduction** des collisions) ?
4. Quelle est l'ampleur des effets sur les populations en particulier pour les espèces migratrices ?
5. Quel est l'impact cumulatif du développement éolien ?
6. Quel taux de mortalité affecterait négativement la population d'une espèce donnée ?
7. Faut-il absolument éviter d'installer des éoliennes dans certains habitats/paysages en raison des taux de forte mortalité ?
8. Quel est le comportement des chauves-souris en **migration** au-dessus de vastes étendues d'eau, mer en particulier, et quels sont leurs effectifs ?

9. Les petites éoliennes ont-elles des effets négatifs sur les chauves-souris ?

Les sections suivantes (6.1 à 6.7) précisent les besoins en matière de recherche (priorités en italique) et suggèrent des méthodes d'investigation possibles.

6.1 Pourquoi les chauves-souris entrent-elles en collision avec les éoliennes?

Ces dernières années en Europe, de nombreux projets ont inclus un suivi post-construction de la mortalité des chauves-souris sur les sites éoliens. L'objectif de ce travail était de collecter des données permettant de développer un algorithme de démarrage de l'aérogénérateur, en fonction de l'activité, la saison, la **vitesse de vent de démarrage** et la température. Comprendre pourquoi les chauves-souris volent et/ou chassent autour des éoliennes est cependant essentiel pour comprendre les mécanismes derrière la mortalité par éolienne et pourrait aussi conduire à de nouvelles mesures de **réduction**.

Les raisons des collisions de chauves-souris avec les pales sont encore incertaines. Une série d'études en laboratoire par LONG *et al.* (2010a, b) ont montré que les échos ultrasonores renvoyés par les pales en mouvement des petites éoliennes étaient incomplets, augmentant potentiellement le risque de collision en diminuant la détection des pales en mouvement. Ceci peut expliquer pourquoi les chauves-souris évitent les petites éoliennes. HORN *et al.* (2008) et CRYAN *et al.* (2014) ont suggéré que les chauves-souris pouvaient être attirées par les éoliennes, mais nous ne connaissons pas les mécanismes sous-jacents à ces observations. Nous ignorons aussi si les chauves-souris peuvent détecter des pales tournant très vite et donc réagir à temps.

Les aspects suivants doivent être étudiés pour mieux comprendre le problème :

- Le comportement de chasse des chauves-souris,
- La densité d'insectes autour des éoliennes,
- La perception des pales d'éoliennes.

Sujets à étudier	Méthodes possibles
<ul style="list-style-type: none"> • Les chauves-souris chassent-elles autour de la nacelle en raison d'une forte densité d'insectes? Les densités d'insectes à cet endroit sont-elles élevées par rapport au milieu environnant et si oui, pourquoi ? D'où viennent les insectes (attraction des milieux environnants, friche au pied du mât) ? Est-il possible d'influer sur la densité d'insectes autour de la nacelle ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Radar à insectes (see CHAPMANN <i>et al.</i> 2011), • Pièges à insectes.



<ul style="list-style-type: none"> • Pourquoi les chauves-souris entrent-elles en collision avec les éoliennes ? ARNETT (2005) décrit un comportement d'évitement de plusieurs chauves-souris devant les pales, tandis que d'autres ne présentaient aucun signe d'évitement. Comment les chauves-souris perçoivent-elles la rotation des pales avec leur système d'écholocation ? Peuvent-elles évaluer la vitesse ? Cette connaissance pourrait servir à trouver des moyens pour rendre les pales plus perceptibles aux chauves-souris. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiopistage, • Etudes comportementales avec détecteurs d'ultrasons et caméras à images thermiques • Expériences de laboratoire • Expériences d'écholocation avec une chauve-souris artificielle (cf. LONG <i>et al.</i> 2010a, b), • Etudes physiologiques et comportementales
<ul style="list-style-type: none"> • Les chauves-souris volant en plein ciel sont-elles attirées par les éoliennes ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Caméra à images thermiques. • Systèmes d'enregistrement automatique de l'activité des chauves-souris. • Au niveau du sol et en altitude.
<ul style="list-style-type: none"> • Des études génériques sont nécessaires sur les réponses comportementales des différentes espèces face à la construction, au fonctionnement et au démantèlement des parcs éoliens. Ces études seront basées sur les caractéristiques du cycle de vie, la dynamique des populations, l'écologie et l'abondance. Ceci établira les sensibilités des différentes espèces à plusieurs types de parcs éoliens de grande envergure et identifiera l'influence de l'éclairage des turbines sur le comportement des chauves-souris. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiopistage. • Etudes comportementales avec des détecteurs d'ultrasons et des caméras à images thermiques.

6.2 Quelles sont les meilleures méthodes pour évaluer, lors des études d'impact et du suivi post-construction, les impacts possibles des installations éoliennes sur les chauves-souris (développement de la méthodologie) ?

Des méthodes doivent être développées ou adaptées afin de pouvoir étudier :

- les chauves-souris à grande altitude,
- la répartition des espèces à grande échelle (phase de pré-diagnostic),
- de nouvelles méthodes de suivi acoustique à hauteur de nacelle en raison des pales de rotor plus longues,
- les parcs éoliens en forêt.

Sujets à étudier	Méthodes possibles
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Quantifier les taux de collision des diverses espèces de chauves-souris dans différents habitats/régions doit être une priorité essentielle. Des études systématiques et standardisées sont nécessaires pour la mortalité des chauves-souris dans les parcs éoliens de grande envergure situés dans différentes zones à risques, par ex. sur les voies de migration mais aussi en forêt et dans les zones très bocagères.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes systématiques de mortalité par collision tout au long de la saison (méthodologie d'après ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIEMANN <i>et al.</i> 2011).
<p>Pour le suivi post-construction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etudes pour déterminer la taille nécessaire de la zone contrôlée lors du suivi de mortalité afin de pouvoir faire des estimations robustes. • Etudes sur le taux de disparition possible des chauves-souris, par espèce. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes systématiques de mortalité par collision tout au long de la saison (méthodologie d'après ARNETT 2005, NIEMANN <i>et al.</i> 2007, 2011).
<ul style="list-style-type: none"> • Etablir des méthodes de recensement adéquates pour l'activité des chauves-souris à différentes altitudes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caméra à images thermiques, • détecteur/séries de microphones, • systèmes d'enregistrement de l'activité des chauves-souris, • au sol et en altitude.
<ul style="list-style-type: none"> • Etablir des méthodes de recensement adéquates pour l'activité des chauves-souris au-dessus des forêts. 	<ul style="list-style-type: none"> • Détecteur/séries de microphones, • mâts pour atteindre la hauteur appropriée, • systèmes d'enregistrement de l'activité des chauves-souris.
<ul style="list-style-type: none"> • Développer et tester des modèles de cartes géographiques et écologiques des espèces pertinentes. Elles souligneraient les terrains de chasse les plus importants sur une large échelle géographique ; les résultats seraient présentés le long d'un gradient du terrain de chasse, du plus important au moins important (cf. par ex. JABERG & GUIBAN 2001, SANTOS <i>et al.</i> 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèles SIG et modèles d'adéquation de l'habitat (par ex. analyse factorielle de la niche écologique).



6.3 Quelle est l'efficacité des mesures de réduction mises en œuvre actuellement?

Un complément d'information est nécessaire pour les questions suivantes :

- Est-il acceptable d'utiliser la même **vitesse de vent de démarrage** dans différents parcs éoliens ou faut-il qu'elle soit spécifique au site et/ou à la saison ?
- Les éoliennes sont conçues pour fonctionner plus de 20 ans. Des modifica-

tions d'activité des chauves-souris résultant d'un changement paysager ou climatique rendent-elles nécessaire de corriger/actualiser les mesures de **réduction** après un certain nombre d'années ?

Sujets à étudier	Méthodes
<ul style="list-style-type: none"> • Est-il important de déterminer des algorithmes pour la vitesse de vent de démarrage en fonction du site ? • Est-il important de refaire un suivi post-construction au bout de 10-15 ans ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi acoustique à hauteur de nacelle combiné à des études systématiques de mortalité par collision (méthodologie selon ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2007, BRINKMANN <i>et al.</i> 2011).

6.4 Quelle est l'ampleur de l'effet sur les populations, en particulier l'effet cumulatif des parcs éoliens ?

Des informations complémentaires sont nécessaires :

- sur les populations concernées (chauves-souris locales ou migratrices ?)

- si la mortalité affecte les chauves-souris au niveau des populations.

Sujets de recherche	Méthodes
<ul style="list-style-type: none"> • Impacts potentiels sur les populations de chauves-souris de la mortalité par collision (impacts complètement inconnus).³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes systématiques de mortalité par collision pendant toute la saison d'activité (méthodes d'après ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2011). • Etudes génétiques. • Etudes de populations. • Modèles de populations.
<ul style="list-style-type: none"> • Des études allemandes récentes (VOIGT <i>et al.</i> 2012) indiquent que non seulement des espèces migratrices sont victimes des éoliennes, mais aussi des espèces appartenant à des populations locales et chassant sur les parcs éoliens. Quel est le pourcentage des espèces migratrices par rapport aux résidentes parmi les victimes des parcs éoliens ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes génétiques et analyse des isotopes à partir des études systématiques de collisions.

<ul style="list-style-type: none"> • Actuellement de nombreux parcs éoliens fonctionnent sans que soient mises en place des mesures de réduction adéquates (telle qu'une augmentation de la vitesse de vent de démarrage). Quelle est l'importance de l'effet cumulatif des éoliennes isolées et des parcs éoliens aux niveaux local, régional, national et international ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes génétiques. • Etudes isotopiques. • Etudes de populations. • Modèles de populations.
<ul style="list-style-type: none"> • Des études pluriannuelles sont nécessaires pour déterminer les effets à long terme des parcs éoliens. Ces effets pourraient par exemple, inclure une accoutumance des chauves-souris aux parcs éoliens, qui avec le temps pourrait réduire l'impact. Il ne faut pas s'attendre à cette réduction pour les espèces migratrices, mais elle serait possible pour les espèces locales. Des impacts significatifs sur les populations ne deviennent apparents que sur le long terme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagueage. • Etudes de populations. • Etudes isotopiques.

³ Les effets sur les populations sont inconnus, non seulement en ce qui concerne la mortalité des chauves-souris par collisions par les éoliennes, mais aussi sur les routes et voies ferrées ou celle due au dérangement dans les gîtes, induisant une baisse de reproduction, *etc.*, ou la mortalité résultant d'autres types de développement (il existe plusieurs études de cas sur la mortalité par les routes, montrant qu'à long terme elle peut être insoutenable pour les populations [par ex. ALTRINGHAM 2008]). Ce type de recherche doit être établi dans un sens plus large.

6.5 Quels sont les habitats/paysages où les éoliennes ne devraient pas être autorisées en raison d'un taux de collision élevé ?

Un complément d'information est nécessaire sur les questions suivantes :

- Quels sont les terrains de chasse importants ?
- Quels sont les taux régionaux de collision par espèce/espèces problématiques.
- Où et quand (période/saison) la **migration** a-t-elle lieu ?

- Existe-il des routes de vol/zones de **migration** et dans l'affirmative sont-elles identifiables ?
- Dans ce cas, quel est leur relation avec le paysage, à différentes échelles ?
- L'information relative à un « pic d'activité migratoire » et à des « voies de **migration** dans le paysage » est-elle utilisable pour éviter les problèmes ?

Sujets de recherche	Méthodes
<ul style="list-style-type: none"> • Etude des taux de collision des chauves-souris (à l'instar de BRINKMANN <i>et al.</i> 2011) pour l'Europe méridionale, de préférence une pour le sud-ouest et une autre pour le sud-est. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi acoustique à hauteur de nacelle combiné à des études systématiques de mortalité par collision (méthodes d'après ARNETT 2005, GRÜNKORN <i>et al.</i> 2005, NIERMANN <i>et al.</i> 2007, BRINKMANN <i>et al.</i> 2011).



<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les habitats constituant des terrains de chasse importants pour les espèces de chauves-souris concernées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes au détecteur d'ultrasons. • Modélisation de l'utilisation de l'habitat.
<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les voies de migration, les corridors à terre et les sites de halte. Il existe plusieurs études sur la migration des chauves-souris dans différents lieux isolés d'Europe, mais il n'y a pas de carte d'ensemble des voies de migration, ni des haltes. • Les structures paysagères (vallées fluviales, littorales, vallées de montagne, etc.) guident-elles la migration ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets de baguage des chauves-souris sur les voies de migration. • Effort constant de captures au filet sur les voies de migration. • Etudes génétiques internationales (cf. PETIT & MAYER 2000). • Radiopistage. • Etudes par radar. • Etudes acoustiques sur des points de migration choisis

6.6 Quel est le comportement des chauves-souris en migration au-dessus de vastes étendues d'eau, en particulier en mer ? Combien sont-elles à présenter ce comportement ?

Des informations complémentaires sont nécessaires sur les points suivants :

- Existe-il des routes de vol/zones de **migration** et sont-elles identifiables ? Dans l'affirmative où sont situées les voies de

migration et les terrains de chasse en mer et sur la côte ?

- Comment déterminer la collision des chauves-souris avec des éoliennes en mer ?

Sujets de recherche	Méthodes
<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les voies de migration, les corridors en mer et les sites de halte. Il existe plusieurs études sur la migration des chauves-souris dans différents lieux isolés d'Europe, mais il n'y a pas de carte d'ensemble des voies de migration ni des haltes. Bien que certaines études et des observations anecdotiques montrent que les chauves-souris traversent la mer, par exemple la mer du Nord et la Baltique (AHLÉN 1997, RUSS <i>et al.</i> 2001, 2003, WALTER <i>et al.</i> 2004, 2007, SONNTAG <i>et al.</i> 2006, AHLÉN <i>et al.</i> 2009, HÜPPOP 2009, MEYER 2011, SEEBENS <i>et al.</i> 2013), l'information spécifique sur les voies réelles de migration en mer fait défaut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projets de baguage des chauves-souris sur les voies de migration. • Effort constant de captures au filet sur les voies de migration (haltes). • Etudes génétiques internationales (cf. PETIT & MAYER 2000). • Radiopistage. • Etudes par radar. • Etudes acoustiques sur des points de migration choisis.

<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il activité de chauves-souris en mer et à quelles distances de la côte ? Quelles sont les espèces actives en mer et le sont-elles seulement pendant la migration ? La migration implique-t-elle aussi des actions de chasse et est-ce en lien avec des déplacements vers des îles ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes acoustiques à partir de phares, de bouées, de transects en bateau (détecteurs manuels, systèmes d'enregistrement automatique des chauves-souris). • Caméra à images thermiques. • Radar.
<ul style="list-style-type: none"> • Par quelles conditions météorologiques les migrations ont-elles lieu à terre/sur le littoral et en mer ? Il est nécessaire d'obtenir des données complémentaires sur la migration des chauves-souris, plus spécifiquement sur les voies de migration propres au site et sur le nombre de chauves-souris qui les utilisent, sur les altitudes de vol par espèce et comment le calendrier, le trajet et la direction sont influencés par les conditions météorologiques. Combien de fois les chauves-souris s'arrêtent-elles pour se reposer ou pour chasser ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes acoustiques au sol, sur des tours, des éoliennes, avec des ballons, etc. • Etudes avec caméra à images thermiques. • Radar. • Etudes physiologiques et comportementales.
<ul style="list-style-type: none"> • Développer et tester des méthodes pour enquêter sur l'activité des chauves-souris et sur les taux de collision des parcs éoliens offshore. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radar de poursuite. • Transects en bateau, traversées en ferry. • Systèmes de détection automatique des chauves-souris sur des bouées, des plates-formes ou d'autres structures existantes.
<ul style="list-style-type: none"> • Développer et tester des méthodes pour enquêter sur l'activité des chauves-souris en mer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radiopistage. • Radar de poursuite. • Bagueage⁴. • Echantillonnages acoustiques répétés et synchronisés, à grande échelle. • Etudes acoustiques sur des ferries et des bouées ancrées.

⁴ Voir aussi les Résolutions d'EUROBATS N° 4.6 et 5.5 : Guidelines for the Issue of Permits for the Capture and Study of Wild Bats (Lignes directrices pour la délivrance d'autorisations de capture et d'étude des chiroptères sauvages).



6.7 Petites éoliennes

Les petites éoliennes de différents types sont un phénomène relativement nouveau mais leurs nombres augmentent et il est probable que cela va continuer. Leurs effets sur le comportement des chauves-souris et sur leur populations sont très peu connus, mais à ce jour les études suggèrent que les chauves-souris

évitent les petites éoliennes en fonctionnement et la mortalité observée est relativement faible (MINDERMAN *et al.* 2012, PARK *et al.* 2013). Des recherches complémentaires sont nécessaires sur la mortalité et les impacts du dérangement pour une grande variété d'espèces, d'habitats et de tailles/modèles d'éoliennes.

Sujets de recherche	Méthodes
<ul style="list-style-type: none"> • Comment le risque de collision varie-t-il entre les espèces, les habitats et la taille et/ou le modèle de l'éolienne ? • L'évitement des éoliennes par les pipistrelles, observé précédemment, s'applique-t-il à différentes espèces et/ou aux éoliennes de différentes tailles ? • Les petites éoliennes ont-elles un effet négatif sur les espèces couramment considérées comme relativement non affectées par les éoliennes de taille moyenne et de grande taille ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi acoustique combiné à des études systématiques de mortalité par collision (similaire à NIERMANN <i>et al.</i> 2011) et/ou études comportementales; quand c'est possible, une approche expérimentale devrait être adoptée (par ex. intervention sur le fonctionnement de l'aérogénérateur. • Images thermiques.
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des effets létaux ou sub-létaux quand les petites éoliennes sont installées près des gîtes ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi acoustique associé à des comptages dans les gîtes.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Quelles mesures de réduction seraient efficaces pour abaisser la mortalité et/ou réduire le dérangement ?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Approche expérimentale (BACI -avant/après/contrôle/impact) avec modification du fonctionnement de l'éolienne.
<ul style="list-style-type: none"> • Peut-il y avoir un impact au niveau des populations en raison du dérangement causé par les petites éoliennes ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes sur mortalité et le dérangement associées à la modélisation des populations. • Etudes de cas pour tirer parti des situations où des éoliennes auraient été construites à proximité de gîtes ou de terrains de chasse d'espèces rares ou vulnérables.
<ul style="list-style-type: none"> • Existe-t-il un potentiel d'effets cumulés pour les petites éoliennes ? 	<ul style="list-style-type: none"> • Une base de données consultable pour les installations de petites éoliennes est nécessaire au niveau régional et/ou national.

7 Contenu des lignes directrices nationales

L'ampleur, le contenu et la spécificité des lignes directrices nationales, évaluées en 2014 par le groupe de travail intersessions d'EUROBATS sur les éoliennes et les populations de chauves-souris sont extrêmement variables. Elles vont de quelques recommandations générales à de gros documents très détaillés. Certaines lignes directrices nationales sont cohérentes avec les recommandations d'EUROBATS (EUROBATS Publication Series N°3 tandis que d'autres sont plus ou moins en contradiction avec elles. Afin d'assurer une protection des chauves-souris tout aussi efficace dans toute l'aire d'action de l'Accord, il importe que toutes les recommandations nationales remplissent certains standards minima en accord avec les Résolutions des Parties et les connaissances scientifiques les plus récentes.

En concordance avec le paragraphe 5 de la Résolution 5.6, approuvée par les Parties lors de la 5^{ème} session du Meeting des Parties (2006), les Parties se doivent de « développer des lignes directrices nationales appropriées s'inspirant de la version en cours des recommandations génériques en annexe 1 ». Cette Résolution fut ultérieurement amendée lors de la 6^{ème} session du Meeting des Parties (2010). En concordance avec le paragraphe 6 de la Résolution 6.11, les Parties furent exhortées à « développer et à veiller à la mise en œuvre d'un document de référence national pertinent pour l'environnement local et basé sur les prin-

cipes du n°3 de la Série de Publications d'EUROBATS. A la 7^{ème} session du Meeting des Parties (2014) ceci fut confirmé et remplacé par le paragraphe 8 de la Résolution 7.5 dont le texte exhorte les Parties et les Etats de l'aire de répartition non-Parties, si cela n'a pas déjà été fait, à « développer et à veiller à la mise en œuvre d'un document de référence national suivant la version la plus récente des recommandations générales du Comité Consultatif d'EUROBATS, annexées à la Résolution » (c.-à-d. ce document-ci, jusqu'à ce qu'il soit remplacé par une nouvelle version).

Un examen approfondi de cette disposition, ainsi que d'autres clauses de la Résolution 7.5 conduit aux conclusions que :

1. Les Parties devraient développer des lignes directrices nationales pour le processus de planification et les études d'impact des éoliennes sur les chauves-souris, et les Etats non-Parties sont encouragés à faire de même.
2. Les lignes directrices nationales devraient être basées sur les principes contenus dans la présente publication.
3. Etant donné le paragraphe 5 de la Résolution 7.5, il y a lieu de conclure que les recommandations nationales devraient couvrir au moins trois points :
 - a) relevés de terrain,
 - b) études d'impact pré-construction,
 - c) suivis post-construction.
4. Etant donné le paragraphe 6 de la Résolution 7.5, si la question n'est pas

réglementée par une législation nationale ou régionale, les lignes directrices nationales devraient aussi spécifier les exigences auxquelles doivent répondre les experts chiroptérologues qui entreprennent le diagnostic préalable à la construction, le suivi post-construction et l'évaluation de l'impact des éoliennes sur les chauves-souris.

5. Les lignes directrices nationales doivent être spécifiques à l'environnement local, c.-à-d. qu'elles doivent adapter les recommandations générales d'EUROBATS aux conditions locales (à la fois au niveau national et, si possible, au niveau régional, voire à un niveau inférieur).
6. Les Parties doivent aussi veiller à la mise en œuvre des lignes directrices nationales et donc, pendant la préparation de ces recommandations, s'assurer qu'elle peuvent être exécutées, c.-à-d. en accord avec la réglementation nationale et les pratiques administratives, et prendre en compte les ressources humaines et matérielles du réseau national de conservation des chauves-souris. En même temps, les Parties devraient inclure les lignes directrices dans le système national des études d'impact sur l'environnement pour garantir leur prise en compte.

Même si les recommandations précédentes paraissent prescriptives, chacune d'elles peut être sujette à plusieurs interprétations. Pour cette raison nous analysons, ci-dessous, ces points en détail et suggérons les prescriptions minimales pour les lignes directrices nationales et les aspects qui permettent une gamme de solutions nationales possibles.

7.1 Développer des lignes directrices nationales

La Résolution 7.5 indique clairement que les Parties sont exhortées à développer des lignes directrices nationales pour le processus de planification et les études d'impacts des éoliennes sur les chauves-souris. Les Etats non Parties sont encouragés à le faire et il leur est conseillé d'appliquer cette Résolution pour la conservation des populations européennes de chauves-souris.

La Résolution ne spécifie pas la forme des lignes directrices et il est reconnu que diverses solutions sont acceptables, selon les préférences d'un Etat donné. Les lignes directrices sur les éoliennes peuvent apparaître dans un seul document concernant la question des parcs éoliens et des chauves-souris (solution appliquée le plus fréquemment), comme un chapitre dans des recommandations générales pour évaluer l'impact des parcs éoliens sur l'environnement, ou comme un chapitre sur les parcs éoliens dans des lignes directrices générales pour évaluer l'impact de divers projets de développement sur les chauves-souris.

Il est aussi possible de développer des recommandations séparées pour différents éléments du processus (tels que des diagnostics pré-construction, l'analyse des données disponibles et des résultats de recherche, suivi post-construction) et pour les types de parcs éoliens (à terre, en mer, éoliennes isolées, petites éoliennes, etc.). Toutefois ces lignes directrices individuelles doivent être conformes les unes avec les autres et ne pas entraîner une **réduction** injustifiée de la qualité de l'évaluation pour un type de parc éolien. En règle générale il conviendra de s'assurer

qu'en accord avec le paragraphe 5 de la Résolution 7.5, tous les parcs éoliens pouvant avoir un impact sur les chauves-souris seront soumis à des études d'impact pré-construction (comprenant des diagnostics adéquats) et à des suivis post-construction selon les mêmes pratiques standardisées. Le nombre de chauves-souris tuées par une éolienne n'est pas en relation avec le fait qu'il s'agisse d'une éolienne isolée ou d'un groupe d'aérogénérateurs (RYDELL *et al.* 2010a). Par conséquent, l'**effet cumulatif** de plusieurs éoliennes isolées peut être égal à l'impact d'un très grand parc éolien et nécessite donc des diagnostics et des études d'impacts adéquats.

On peut supposer que la création de plusieurs lignes directrices régionales, plutôt qu'un seul document national, est acceptable si la consistance entre elles est suffisante et assurée (cf. point 7.4).

7.2 Conformité des recommandations nationales avec les lignes directrices d'EUROBATS

Les Parties doivent choisir l'autorité/l'organisation appropriée pour développer des recommandations nationales. Typiquement elles sont développées par des organisations non-gouvernementales spécialisées, mais elles peuvent aussi être créées par des instituts de recherche, des unités pour la conservation de la nature, voire des experts individuels. Cependant, comme la mise en œuvre des dispositions de la Résolution et la conservation de la nature à l'échelle nationale sont des missions relevant des autorités gouvernementales compétentes de l'Etat Partie, ces autorités doivent veiller à que les lignes directrices appliquées soient en

accord avec les dernières connaissances et avec les lignes directrices générales d'EUROBATS. L'application de recommandations qui ne remplissent pas ces exigences ne devrait pas être acceptée.

Les lignes directrices d'EUROBATS contiennent des recommandations à la fois générales et spécifiques. Les lignes directrices nationales peuvent reprendre les recommandations spécifiques, mais ce n'est pas une obligation. Elles peuvent simplement déclarer que les recommandations spécifiques des lignes directrices d'EUROBATS doivent être appliquées.

Si les recommandations d'EUROBATS sont trop générales, les lignes directrices nationales devraient les rendre plus spécifiques. Les versions nationales peuvent aussi réglementer des problèmes non mentionnés dans les lignes directrices d'EUROBATS.

De petites divergences par rapport aux recommandations d'EUROBATS sont acceptables si elles sont basées sur :

- a) des conditions spéciales, nationales ou régionales – climat ou espèces (par ex. il n'est pas nécessaire de réaliser des études acoustiques en mars dans les pays ou les régions où les températures de mars sont inférieures à 0°C, ni de rechercher des sites d'hibernation dans les pays à climat plus chaud où les chauves-souris n'hibernent pas ;
- b) les connaissances actuelles – afin d'incorporer des méthodes importantes et nouvelles, largement acceptées par la communauté scientifique des chiroptérologues et qui améliorent l'efficacité de la recherche et des études d'impact ou des mesures de **réduction**, mais qui

ne sont pas encore incluses dans la présente version des lignes directrices d'EUROBATS.

Il doit être noté qu'en concordance avec la Résolution 7.5, le Comité consultatif d'EUROBATS doit veiller à l'actualisation des recommandations générales, en tenant compte des progrès dans l'amélioration des connaissances. Ceci signifie que les lignes directrices nationales doivent aussi être régulièrement mises à jour pour qu'elles restent cohérentes avec la version la plus récente des recommandations d'EUROBATS et avec le dernier état des connaissances. Une fréquence fixe pour la mise à jour des lignes directrices nationales peut être adoptée (par ex. tous les quatre ans), mais il semble plus efficace de l'actualiser lorsque c'est nécessaire et au moins après chaque mise à jour des lignes directrices d'EUROBATS. Cela signifie que les lignes directrices doivent toujours porter la date de la dernière mise à jour ou le numéro de version qui permet à l'utilisateur d'identifier la toute dernière version.

7.3 Contenu des lignes directrices

Les lignes directrices nationales ou régionales doivent couvrir les études d'impact avant construction, y compris les études de diagnostic et le suivi post-construction. Mais le contenu spécifique de ces orientations est principalement déterminé par leur finalité. Les lignes directrices nationales ou régionales doivent venir en complément des lignes directrices d'EUROBATS, pour garantir que l'évaluation de l'impact des éoliennes sur les chauves-souris prend en compte les conditions spécifiques dans un Etat donné (ou une région). Ces conditions incluent principalement :

- a) les conditions climatiques (celles qui affectent le calendrier de la saison d'activité des chauves-souris),
- b) les conditions naturelles (relief, types d'habitats et leur importance pour les chauves-souris),
- c) les caractéristiques de la chiroptérofaune (espèces, distribution et abondance, taille des populations, menaces, vulnérabilité aux collisions avec les éoliennes, périodes et voies de **migration**, etc.),
- d) l'état de la recherche et les analyses dans les procédures nationales d'étude d'impact (par ex. différences dans l'ampleur du **cadrage** aux fins de l'**ESE**, **EIE** et de l'étude d'incidence sur les sites Natura 2000 ; besoins spécifiques concernant la recherche et les rapports requis par la réglementation nationale). Compte tenu du fait qu'en **migration** les chauves-souris survolent plusieurs pays et peuvent subir des **impacts transfrontaliers**, leur conservation implique une approche transfrontalière. Par conséquent les lignes directrices nationales ne doivent pas être en contradiction avec les présentes recommandations. Elles peuvent toutefois affecter le choix des méthodes de recherche (parmi celles présentant une efficacité similaire et la présentation des rapports, ou créer des différences entre les exigences sur la spécificité des données aux différents stades menant à la délivrance d'un permis de construire un parc éolien dans un site donné. Le **cadrage** de l'étude et des analyses peut généralement être plus global au niveau de la planification stratégique et progressivement plus spécifique dans les étapes successives du processus de délivrance du permis, avec l'analyse de l'étude d'impact complète terminée avant

que ne soit prise la décision finale d'autoriser la construction d'un parc éolien.

Des facteurs naturels (points A-C) peuvent conduire à de petites divergences par rapport aux lignes directrices d'EUROBATS, par exemple pour mieux adapter le diagnostic à la faune et à l'activité des chauves-souris dans un Etat donné. Toutefois ces modifications doivent être basées uniquement sur des décisions documentées et être justifiées dans les lignes directrices.

A. Les exigences minimales concernant le **cadrage** et les méthodes d'études (avant et après construction) sont fixées dans les recommandations d'EUROBATS. Les lignes directrices nationales peuvent aussi inclure des recommandations, concernant par exemple des sources de données additionnelles, le matériel utilisé (afin de pouvoir comparer les résultats entre pays ou régions), la méthode pour choisir entre transects ou points d'écoute, les exigences relatives à la représentativité spatiale d'une étude, aux limites des périodes d'activité des chauves-souris ou à la qualification des personnes ou bureaux réalisant le travail de terrain et l'analyse des données. Il est recommandé qu'elles spécifient aussi (standardisent) le cadre des données devant être soumises à l'autorité décisionnelle pour l'étude d'impact ainsi que la méthode pour les présenter (par exemple le type de fichiers cartographiques ou le format des données, annexés au rapport, et le mode de sauvegarde (si cela n'est pas précisé dans d'autres règlements nationaux). Les lignes directrices nationales peuvent séparer les recommandations pour l'étude par types spécifiques d'habitats présents dans un pays

donné. Elles peuvent aussi suggérer une étude additionnelle obligatoire, recommandée ou acceptée dans un Etat donné et allant au-delà du cadre minimal fixé par les recommandations d'EUROBATS.

B. Les recommandations concernant les évaluations d'impact avant construction doivent être spécifiées dans la réglementation nationale de l'étude d'impact sur l'environnement et, dans le cas des Parties membres de l'Union européenne, respecter aussi la législation de l'U.E. Il est essentiel que les lignes directrices nationales incluent les éléments suivants :

- 1) les exigences minimales relatives au site éolien en ce qui concerne les chauves-souris pour s'assurer de la clarté quant aux sites éoliens qui sont inacceptables (ceci peut être décidé sur la base des recommandations d'EUROBATS, mais les lignes directrices nationales peuvent aussi inclure des recommandations supplémentaires, associés à des conditions locales spécifiques – en ligne avec le paragraphe 2 de la Résolution 6.11)
- 2) l'indication des cas pour lesquels il est nécessaire de réaliser une étude d'incidence sur un site Natura 2000 ou sur un autre site ou espace protégé créé dans un but de conservation des chauves-souris ;
- 3) les mesures de **réduction** recommandées et les principes de leur application, en portant une attention particulière aux règles concernant le recours saisonnier ou transitoire à la **mise en drapeau** des pales, l'augmentation des vitesses de vent de démarrage et l'arrêt temporaire des éoliennes, en concordance avec le paragraphe 9 de la Résolution 7.5.

C. La réglementation nationale concernant le suivi post-construction doit considérer le fait qu'en raison des changements possibles de comportement des chauves-souris, en relation avec la construction du parc, tout site éolien nécessite un suivi post-construction. Ces prescriptions devraient indiquer comment le niveau observé de mortalité et d'activité des chauves-souris à proximité des rotors devrait se traduire par des modifications des recommandations pour le fonctionnement des éoliennes (incluant à la fois le recours à des mesures de **réduction** plus ou moins strictes ou à leur abandon si elles sont inutiles). Elles devraient aussi spécifier que s'il n'est pas possible de faire baisser la mortalité par des mesures de **réduction**, il est nécessaire d'arrêter complètement les éoliennes (au moins pendant la période d'activité des chauves-souris). Si la mise en œuvre de mesures de **réduction** est modifiée, les lignes directrices nationales doivent spécifier le calendrier et l'ampleur d'un autre suivi post-construction. Les lignes directrices post-construction doivent aussi veiller à ce que les résultats du suivi post-construction soient envoyés aux autorités compétentes, responsables de la conservation de la nature, et qu'ils puissent être utilisés par des spécialistes pour des analyses collectives et l'amélioration des lignes directrices nationales et des recommandations d'EUROBATS.

La liste des recommandations ci-dessus sur le contenu des lignes directrices nationales n'est pas close. D'autres composants peuvent venir s'ajouter, selon les besoins d'un Etat particulier, par exemple des exigences en matière d'expérience demandée aux experts chiroptérologues réalisant le diagnostic préalable, le suivi post-construction

et l'étude d'impact, des glossaires de termes utilisés, des listes de références bibliographiques, une liste des organisations pouvant fournir des conseils et une description des procédures administratives.

7.4 Adapter les lignes directrices aux conditions locales

Actuellement et dans la plupart des cas, les lignes directrices nationales couvrent la totalité du pays (un Etat Partie ou un Etat de l'aire de répartition non-Partie). Cependant il existe des cas (en particulier dans les Etats de grande taille) où différentes recommandations sont adoptées pour différentes régions ou unités administratives. Ceci est acceptable tant que les différences entre les lignes directrices régionales sont justifiées par des conditions locales (comme le climat, le relief ou la chiroptérofaune). Les autorités responsables de l'application des recommandations d'EUROBATS et de la conservation des chauves-souris doivent s'assurer que toutes les lignes directrices sont aussi cohérentes que possible entre les régions. Il est recommandé de fixer des orientations-cadres uniformes pour tout le pays, afin de répondre aux conditions locales dans différentes régions (par ex. des méthodes d'étude uniformes, mais des différences régionales pour les périodes de collecte ou d'interprétation des données).

Dans le cas d'Etats aux conditions naturelles similaires (par ex. de petits pays voisins), des lignes directrices identiques peuvent être adoptées par un groupe d'Etats. Mais ceci doit être approuvé à l'unanimité par les autorités appropriées de tous les Etats en question. Dans d'autres cas il n'est pas accepté, en principe, que les recom-

mandations développées pour un Etat soit appliquées dans un Etat différent, surtout si cela conduit à limiter l'ampleur de l'étude ou à adopter des critères inférieurs lors de l'interprétation des résultats. Les seuls cas où des lignes directrices, créées dans un Etat différent, peuvent être appliquées sont les suivants :

- a) si l'Etat pour lequel une évaluation est réalisée n'a pas encore développé et adopté des recommandations nationales (dans ce cas les lignes directrices du pays ayant les conditions naturelles et la chiroptérofaune les plus similaires peuvent être appliquées) ;
- b) pour élargir l'ampleur de la recherche relative aux lignes directrices nationales, à des fins scientifiques ou comparatives, ou par exemple près de la frontière nationale pour réaliser une étude d'impact transfrontalière.

7.5 Garantir la mise en œuvre des recommandations

La mise en œuvre des lignes directrices nationales doit être assurée par les Parties. Il existe pour cela deux méthodes basiques :

- a) inclure dans la législation nationale l'obligation de respecter les lignes directrices ;
- b) inclure dans les lignes directrices le processus d'autorisation pour chaque projet.

En plus de ceci, il est essentiel d'adopter des pratiques cohérentes pour évaluer les rapports des études d'impact sur l'environnement afin de garantir que seuls les rapports conformes aux directives nationales sont approuvés (les études de plus grande ampleur, additionnelles ou une interpréta-

tion plus stricte des résultats peuvent aussi être acceptées).

En ce qui concerne les membres de l'U.E. (ou les Etats candidats), il convient de souligner que l'utilisation systématique des lignes directrices les plus récentes est aussi conforme avec l'article 5 paragraphe 1b de la Directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 sur l'évaluation des effets sur l'environnement de certains projets publics et privés et avec l'article 5, paragraphe 2 de la Directive du Parlement européen et du Conseil N° 2001/42/EC du 27 juin 2001 sur l'évaluation des effets sur l'environnement de certains plans et programmes.

Selon ces règlements, l'ampleur de l'information requise (pour l'**EIE** ou l'**ESE**) doit être cohérente avec l'état actuel des connaissances et des méthodes d'évaluation. Il convient que les lignes directrices nationales spécifient les méthodes d'évaluation conformes au dernier état des connaissances.

Quand des lignes directrices nationales sont en place (recommandées officiellement par l'administration concernée ou non officiellement par des ONG), il est inadmissible que des projets soient acceptés si ils n'ont pas été soumis à une étude d'impact ou si leur évaluation a été menée en suivant des méthodes indépendantes, différentes, qui ne sont pas conformes aux lignes directrices, sont réduites ou demandent bien moins de recherches et fournissent moins de données pour fonder une décision que les méthodes fixées par les directives nationales.



8 Conclusions et suites à donner

Ce document fixe des recommandations génériques pour le processus de planification et les études d'impact afin de prendre en compte l'effet des éoliennes sur les chauves-souris. En outre il résume les priorités pertinentes en matière de recherche. Il est loin d'être complet et il faut

continuer à le développer, en particulier dans le contexte européen. Il convient de poursuivre les recherches sur l'impact des parcs éoliens sur les chauves-souris afin de trouver des solutions pour réduire au minimum les impacts des futurs projets éoliens.

9 Références / bibliographie complémentaire

- AHLÉN, I. (1997) : Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62 : 375-380.
- AHLÉN, I. (2002) : Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora* 97 (3) : 14-22.
- AHLÉN, I., L. BACH, H.J. BAAGØE, & J. PETTERSSON (2007) : Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia - Report (Nr. 5571) to the Swedish Environmental Protection Agency, 37 pages.
- AHLÉN, I., H.J. BAAGØE & L. BACH (2009) : Behaviour of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90 (6) : 1318-1323.
- ALBRECHT, K. & C. GRÜNFELDER (2011) : Fledermäuse für die Standortplanung von Windenergieanlagen erfassen – Erhebungen in kollisionsrelevanten Höhen mit einem Heliumballon. *Naturschutz & Landschaftsplanung* 43 (1) : 5-14.
- ALCALDE, J.T. (2003) : Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. *Barbastella* 2 : 3-6.
- ALTRINGHAM, J.D. (2008) : Bat Ecology and Mitigation; Proof of Evidence; Public enquiry into the A350 Westbury bypass. White Horse Alliance, Neston, UK, 37 pages.
- ALVES, P., B. SILVA & S. BARREIRO (2011) : Estudo de Incidências Ambientais do Parque Eólico do Alto dos Forninhos : Quirópteros. Plecotus, Lda.
- AMORIM, F., H. REBELO & L. RODRIGUES (2012) : Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 14(2): 439-457.
- ANDRÉ, Y. (2005) : Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort, 21 pages.
- ARNETT, E.B. [technical editor] (2005) : Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : an Assessment of Fatality Search Protocols, Pattern of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA, 187 pages.
- ARNETT, E.B. (2006) : A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities. *Wildlife Society Bulletin* 34(5) : 1140-1145.
- ARNETT, E.B., W.K. BROWN, W.P. ERICKSON, J.K. FIEDLER, B.L. HAMILTON, T.H. HENRY, A. JAIN, G.D. JOHNSON, J. KERNS, R.R. KOFORD, C.P. NICHOLSON, T.J. O'CONNEL, M.D. PIORKOWSKI & R.D. TANKERSLEY (2008) : Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl. Manag.* 72(1) : 61-78.
- ARNETT, E.B., M.M.P. HUSO, J.P. HAYES & M. SCHIRMACHER (2010) : Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.
- ARNETT, E.B., M.M.P. HUSO, M. SCHIRMACHER & J.P. HAYES (2011) : Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front Ecol. Environ.* 2011, 9(4): 209-214.

- ARNETT, E.B., R.M.R. BARCLAY & C.D. HEIN (2013a) : Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11 : 171-171. doi:10.1890/1540-9295-11.4.171
- ARNETT, E.B., C.D. HEIN, M.R. SCHIRMACHER, M.M.P. HUSO & J.M. SZEWCZAK (2013b) : Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. *PLoS ONE* 8(6) : e65794. doi:10.1371/journal.pone.0065794
- ARNETT, E.B., G.D. JOHNSON, W.P. ERICKSON & C.D. HEIN (2013c) : A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- BACH, L. & U. RAHMEI (2004) : Überblick zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse – eine Konfliktabschätzung. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7 : 245-252.
- BACH, L. & P. BACH (2009) : Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. *Nyctalus (N.F.)* 14 (1-2) : 3-13.
- BACH, L. & P. BACH (2011) : Report of a pilot project to study bat migration in Falsterbo. Unpubl. report to Länstyrelsen Skåne Län, Malmö, 4 pages.
- BACH, L. & I. NIERMANN (2011) : Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Endbericht 2010. Unpubl. report to PNE Wind AG, 72 pages.
- BACH, L., P. BACH, M. TILLMANN & H. ZUCCHI (2012) : Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. *NaBiV* 128 : 147-158.
- BACH, L. & I. NIERMANN (2013) : Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Bericht 2012 – Überprüfung des Abschaltalgorithmus. Unpubl. report to PNE Wind AG, 28 pages.
- BACH, L., P. BACH, S. EHNBOHM & M. KARLSSON (2013a) : Short report about bat migration at Måkläppen (Falsterbo) 2012. Report to Län styrelsen Skåne Län, 3 pages.
- BACH, P., L. BACH, K. ECKSCHMITT, K. FREY & U. GERHARDT (2013b) : Bat fatalities at different wind facilities in northwest Germany. Poster at CWE2013, Stockholm, 5–7 February 2013 (Naturvardsverket rapport 6546:117) and 3rd International Bat Meeting, Berlin, 1–3 March 2013.
- BACH, L., P. BACH, A. FUSS, M. GÖTTSCHE, R. HILL, O. HÜPPOP, H. MATTHES, M. MEYER, H. POMMERANZ, B. RUSSOW, A. SEEBENS & A. BEIERSDORF (2013c) : Verfahrensweisung zur Untersuchung des Fledermaus-Zuggeschehens im Offshore-Bereich der Ostsee. In: BSH (Hrsg). Standard Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4). Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg und Rostock : 70-75.
- BAERWALD, E.F., G.H. D'AMOURS, B.J. KLUG & R.M.R. BARCLAY (2008) : Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18 (16) : pR 695-696.
- BAERWALD, E.F. & R.M.R. BARCLAY (2009) : Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*, 90(6) : 1341-1349.
- BAERWALD, E.F. & R. BARCLAY (2014) : Science-based strategies can save bats at wind farms. *Bats* 32 (2) : 2-4.
- BARANAUSKAS, K. (2010) : Diversity and abundance of bats (Chiroptera) found in bat boxes in East Lithuania. *Acta Zoologica Lituonica* 20 : 39–44.
- BARATAUD, M., D. DEMONTOUX, P. FAVRE, S. GIOSSA & J. GRANDADAM (2013) : Bioévaluation des peuplements du Mélèze commun (*Larix decidua*) dans le Parc National du Mercantour par l'étude des chiroptères en activité de chasse. *Le Rhinolophe*, Genève, 19 : 59-86.
- BARCLAY, R.M.R. & L.M. HARDER (2003) : Life histories of bats : life in the slow lane. *Bat Ecology* (eds. T.H. Kunz & M.B. Fenton), University of Chicago Press, Chicago, IL : 209-253.
- BAS, Y., A. HAQUART, J. TRANCHARD & H. LAGRANGE (2014) : Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mâts de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. *Symbioses, Actes des 14^{èmes} Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFPEM*, Bourges mars 2012, 32 : 83-87.
- BASTOS, R., M. SANTOS & J.A. CABRAL (2013) : A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34 : 428–440.
- BCT (2007) : Micro-turbine bat mortality incidents, received by the Bat Conservation Trust, 1 p.
- BCT (2014) : Tiny Bat Crosses the North Sea! Available : http://www.bats.org.uk/news.php/233/tiny_bat_crosses_the_north_sea
- BEHR, O. & O. VON HELVERSEN (2005) : Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark "Roßkopf" (Freiburg i. Br.). Unpubl. report for 2004, 37 pages + maps.
- BEHR, O. & O. VON HELVERSEN (2006) : Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. Unpubl. report for 2005 on behalf of Regiowind GmbH & Co. KG Freiburg, 32 pages + maps.
- BEHR, O., R. BRINKMANN, I. NIERMANN & F. KORNER-NIEVERGELT (2011) : Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: BRINKMANN, R., BEHR, O., NIERMANN, I. & M. REICH, (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4 : 177-286.
- BEHR, O., K. HOCHRADEL, J. MAGES, M. NAGY, F. KORNER-NIEVERGELT, I. NIERMANN, R. SIMON, N. WEBER & R. BRINKMANN (2013) : Reducing bat fatalities at wind turbines in central Europe - How efficient are bat-friendly operation algorithms in a field-based experiment. Conference on Wind Power and Environmental Impacts, Stockholm, 5–7 February.
- BENNETT, V.J. & A.M. HALE (2014) : Red aviation lights on wind turbines do not increase bat-turbine collisions. *Animal Conservation*. doi : 10.1111/acv.12102
- BEUCHER, Y., V. KELM, F. ALBESPY, M. GEYELIN, L. NAZON & D. PICK (2013) : Parc éolien de Castelnau-Pegayrols (12) : Suivi plurian-



- nel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2001), 111 pages.
- BERNARDINO, J., R. BISPO, R. REBELO, M. MASCARENHAS & H. COSTA (2011) : Enhancing carcass removal trials at three wind energy facilities in Portugal. *Wildl. Biol. Pract.* 7(2) : 1-14.
- BERNARDINO J., R. BISPO, H. COSTA & M. MASCARENHAS (2013) : Estimating bird and bat fatalities at wind farms : a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1) : 63-74.
- BIO3. www.wildlifefatalityestimator.com.
- BISPO, R., G. PALMINHA, J. BERNARDINO, T. MARQUES, & D. PESTANA (2010) : A new statistical method and a web-based application for the evaluation of the scavenging removal correction factor. *Proceedings of the VIII Wind Wildlife Research Meeting, Denver, EUA.*
- BOSHAMMER, J.P.C. & J.P. BEKKER (2008) : *Nathusius' pipistrelles (Pipistrellus nathusii)* and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. *Lutra* 51(1) : 17-36.
- BRINKMANN, R., H. SCHAUER-WEISSHAHN & F. BON-TADINA (2006) : Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Final report submitted by the Administrative District of Freiburg, Department of Conservation and Landscape management and supported by the foundation Naturschutzfonds.
- BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN & M. REICH (ed.) (2011) : Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4, 457 pages.
- BRUDERER, B. & A. POPA-LISSEANU (2005) : Radar data on wind-beat frequencies and flight speeds of two bat species. *Acta Chiropterologica* 7(1) : 73-82.
- CAMINA, A. (2012) : Bat fatalities at wind farms in northern Spain – lessons to be learned. *Acta Chiropterologica* 14(1) : 205-212.
- CHAPMANN, J.W., V.A. DRAKE & D.R. REYNOLDS (2011) : Recent insights from Radar studies of insect flight. *Annu. Rev. Entomol.* 56 : 337-356.
- CIECHANOWSKI, M. (2005) : Utilization of artificial shelters by bats (Chiroptera) in three different types of forest. *Folia Zool.* 54(1-2) : 31-37.
- COLLINS, J. & G. JONES (2009) : Differences in bat activity in relation to bat detector height : implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterologica* 11(2) : 343-350.
- CORBETTA, G. & T. MILORADOVIC (ed.) (2014) : Wind in power : 2013 European statistics. *European Wind Energy Association (EWEA)*, 12 pages.
- CORNUT, J. & S. VINCENT (2010a) : Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *GCRA & LPO Drôme*, 42 pages.
- CORNUT, J. & S. VINCENT (2010b) : Suivi de la mortalité de chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *Le Bièvre* 24 : 51-57. Available : <http://co-raregion.free.fr/images/bievre/bievre24.pdf>
- COX, R., C. ROBINSON & C. PENDLEBURY (2013) : Bats and offshore wind farms in the North Sea – is there a potential issue? Poster at the CWE in Stockholm 5-7 February 2013.
- CRYAN, P.M., P.M. GORRESEN, C.D. HEIN, M.R. SCHIRMACHER, R.H. DIEHL, M.M. HUSO, D.T.S. HAYMAN, P.D. FRICKER, F.J. BONACCORSO, D.H. JOHNSON, H. HESIT & D.C. DALTON (2014) : Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*. doi : 10.1073/pnas.1406672111
- DAAN, S. (1980) : Long term changes in bat populations in The Netherlands : a summary. *Lutra* 22 : 95-105.
- DUBOURG-SAVAGE, M.J., L. RODRIGUES, H. SANTOS, P. GEORGIAKAKIS, E. PAPANATOU, L. BACH & J. RYDELL (2011) : Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe : comparing north and south. *Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2–5 May 2011, Trondheim, Norway, NINA Report 693. Proceedings, poster abstract : 124.*
- DULAC, P. (2008) : Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. *Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée/ADEME Pays de la Loire/Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon, Nantes*, 106 pages.
- DÜRR, T. & L. BACH (2004) : Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7* : 253-264.
- DÜRR, T. (2007) : Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 238-252.
- ERICKSON W., STRICKLAND D., JOHNSON G. & W. KERN (2000) : Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *National avian, Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California* : 172-182.
- ERIKSSON, A., P. BACH, J. DE JONG & L. BACH (2013) : Studie av migrerande fladdermöss vid Södra Midsjöbanken, hösten 2012. Unpubl. report to E.ON Vind Sverige AB, 20 pages.
- FENTON, M.B. & D.R. GRIFFIN (1997) : High-Altitude Pursuit of Insects by Echolocating Bats. *Journal of Mammalogy* 78(1) : 247-250.
- FERRI, V., O. LOCASCIULLI, C. SOCCINI & E. FORLIZZI (2011) : Post construction monitoring of wind farms : first records of direct impact on bats in Italy. *Hystrix It. J. Mamm.* 22(1) : 199-203.
- FREY, K., L. BACH & P. BACH (2011) : Fledermauszug entlang der südlichen Nordseeküste. – Poster von der 10. Fachtagung der BAG Fledermausschutz, 1.-3.4.2011, Benediktbeuern.
- FREY, K., L. BACH, P. BACH & H. BRUNKEN (2012) : Fledermauszug entlang der südlichen Nordseeküste. *NaBiV* 128 : 185-204.
- FURE, A. (2006) : Bats and lighting. *The London Naturalist* 85 : 1-20.
- GEORGIAKAKIS, P., E. KRET, B. CÁRCAMO, B. DOUTAU, A. KAFKALETOU-DIEZ, D. VASILAKIS & E. PAPANATOU (2012) : Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. *Acta Chiropterologica* 14 (2) : 459-468.
- GRINDAL, S.D. & R.M. BRIGHAM (1998) : Short-term effects of small-scale habitat disturbance on activity by insectivorous bats. *J. Wildl. Manage* 62 (3) : 996-1003.
- GRODSKY, S.M., M.J. BEHR, A. GENDLER, D. DRAKE, B.D. DIETERLE, R.J. RUDD & N.L. WALRATH (2011) : Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 92(5) : 917-925.
- GRÜNKORN, T., A. DIEDERICHS, B. STAHL, D. DÖRTE & G. NEHLS (2005) : Entwicklung

- einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Unpubl. report for Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, 92 pages.
- GRUNWALD, T. & F. SCHÄFER (2007) : Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen an bestehenden WEA in Südwestdeutschland. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 182-198.
- GRZYWINSKI, W., A. WEGIEL, J. WEGIEL, M. CIECHANOWSKI, R. JAROS, A. KMIECIK & P. KMIECIK (2014) : Bat activity in forests in the Beskid Mountains (The Carpathians, Poland). Book of abstracts, XIIIth European Bat Research Symposium, 1–5 September 2014, Šibenik, Croatia : 72.
- HAYES, M.A. (2013) : Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience* 63(12) : 975-979.
- HENSEN, VON F. (2004) : Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus (N.F.)* 9 (5) : 427-435.
- HORN, J.W., E.B. ARNETT & T.H. KUNZ (2008) : Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The Journal of Wildlife Management* 72(1) : 123-132.
- HUNDT, L., K. BARLOW, R. CROMPTON, R. GRAVES, S. MARKHAM *et al.* (2012) : Bat Surveys – Good Practice Guidelines (2nd edition): Surveying for Onshore Wind Turbines. London, UK, Bat Conservation Trust. Available : http://www.bats.org.uk/data/files/Surveying_for_onshore_wind_farms_BCT_Bat_Surveys_Good_Practice_Guidelines_2nd_Ed.pdf
- HÜPPOP, O. (2009) : Bat migration on Helgoland, a remote island in the North Sea: wind assisted or wind drifted. Poster at the 1st International Symposium on Bat Migration, 16–18 January 2009, Berlin.
- HURST, J., H. SCHAUER-WEISSHAHN, M. DIETZ, E. HÖHNE, M. BIEDERMANN, W. SCHORCHT, I. KARST & R. BIEDERMANN (2014) : When are bats active in high altitude above the forest canopy? Activity data from wind masts allows prediction of times with high collision risks. Book of abstracts, XIIIth European Bat Research Symposium, 1-5 September 2014, Šibenik, Croatia : 84.
- HUSO, M.M.P. (2010) : An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* : doi : 10.1002/env.
- IUCN (2014) : The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 24 July 2014.
- JABERG, C. & A. GUISAN (2001) : Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *Journal of Applied Ecology* 38 : 1169-1181.
- JAIN, A., P. KERLINGER, R. CURRY & L. SLOBODNIK (2007) : Annual Report for the Maple Ridge Wind Power Project : Post-construction Bird and Bat Fatality Study – 2006. Final Report. Curry and Kerlinger, LLC.
- JONES, G. (2009) : Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. Final report, BCT, 150 pages.
- DE JONG, J. (1995) : Habitat use and species richness of bats in a patchy landscape. *Acta Theriologica* 40 : 237-248.
- KALCOUNIS, M.C., K.A. HOBSON, R.M. BRIGHAM & K.R. HECKER (1999) : Bat activity in boreal forest : importance of stand type and vertical strata. *Journal of Mammalogy* 80 : 673-682.
- KELM, D.H., J. LENSKI, V. KELM, U. TOELCH & F. DZIOCK (2014) : Seasonal Bat Activity in Relation to Distance to Hedgerows in an Agricultural Landscape in Central Europe and Implications for Wind Energy Development. *Acta Chiropterologica* 16 (1) : 65-73. doi:10.3161/150811014X683273
- KEPEL, A., M. CIECHANOWSKI & R. JAROS (2011) : How to assess the potential impact of wind turbines on bats using bat activity surveys? A case study from Poland. XII European Bat Research Symposium, Vilnius, Lithuania, August 22-26 : 72.
- KIRKPATRICK, L., D. DENT, S. BAILEY & K.J. PARK (2014) : Bats in “ecological desert” : Activity and abundance of bats in commercial coniferous plantations. Book of abstracts, XIIIth European Bat Research Symposium, 1–5 September 2014, Šibenik, Croatia : 92.
- KORNER-NIEVERGELT, F., P. KORNER-NIEVERGELT, O. BEHR, I. NIERMANN, R. BRINKMANN & B. HELLRIEGEL (2011) : A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biology* 17 (4) : 350-363.
- KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN R., I. NIERMANN & O. BEHR (2013) : Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8 (7) : e67997. doi:10.1371/journal.pone.0067997.
- KUNZ, T.H., ARNETT E.B., ERICKSON W.P., HOAR A.R., JOHNSON G.D., LARKIN R.P., STRICKLAND M.D., R.W. THRESHER & M.D. TUTTLE (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats : questions, research needs and hypotheses. *Frontiers in Ecology* 5 : 315-324.
- KUSCH, J. & F. SCHOTTE (2007) : Effects of fine-scale foraging habitat selection on bat community structure and diversity in a temperate low mountain range forest. *Folia Zoologica* 56 (3) : 263-276.
- KUSCH, J., C. WEBER, S. IDELBERGER & T. KOOB (2004) : Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zoologica* 53 (2) : 113-128.
- LAGRANGE, H., E. ROUSSEL, A.-L. UGHETTO, F. MELKI, G. STEINMETZ & C. KERBIROU (2011) : Chirotech, A Multi-Factorial Mitigation process to reduce Bat fatalities at wind energy facilities. In : Hutson A.M., P.H.C. Lina (eds.) : XII European Bat Research Symposium – Programme, abstract, list of participants : 33.
- LAGRANGE, H., P. RICO, Y. BAS, A.-L. UGHETTO, F. MELKI & C. KERBIROU (2013) : Mitigating bat fatalities from wind-power plants through targeted curtailment : results from 4 years of testing of CHIROTECH®. Presentation at the CWE in Stockholm 5-7 February 2013 and at the 16th International Bat Research Conference, Costa Rica.
- LEHNERT, L.S., S. KRAMER-SCHADT, S. SCHÖNBORN, O. LINDECKE, I. NIERMANN & C.C. VOIGT (2014) : Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLoS ONE* 9 (8) : e103106. doi:10.1371/journal.pone.0103106
- LIMPENS, H.J.G.A., W. HELMER, A. VAN WINDEN & K. MOSTERT (1989) : Bats (Chiroptera) and linear landscape elements: a review of our present knowledge of the importance of linear landscape elements to bats. *Lutra* 32 (1) : 1-20.

- LIMPENS, H.J.G.A. & K. KAPTEYN (1991) : Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29 : 39-48.
- LIMPENS, H.J.G.A., M. BOONMAN, F. KORNER-NIEVERGELT, E.A. JANSEN, M. VAN DER VALK, M.J.J. LA HAYE, S. DIRKSEN & S.J. VREUGDENHIL (2013) : Wind turbines and bats in the Netherlands – Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdierverseniging & Bureau Waardenburg.
- LONG, C.V., J.A. FLINT, P.A. LEPPER & S.A. DIBLE (2009) : Wind turbines and bat mortality : Interactions of bat echolocation pulses with moving turbine rotor blades. *Proceedings of the Institute of Acoustics* 31 : 185-192.
- LONG, C.V., J.A. FLINT & P.A. LEPPER (2010a) : Wind turbines and bat mortality : Doppler shift profiles and ultrasonic bat-like pulse reflection from moving turbine blades. *J. Acoust. Soc. Am.* 128 (4) : 2238-2245.
- LONG, C.V., J.A. FLINT, M. KHAIRUL, A. BAKAR & P.A. LEPPER (2010b) : Wind turbines and bat mortality : Rotor detectability profiles. *Wind Engineering* 34 (5) : 517-530.
- LONG, C. V., J.A. FLINT & P.A. LEPPER (2011) : Insect attraction to wind turbines : does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57 (2), 323-331.
- MAGES, J. & O. BEHR (2008a) : Übersicht über die Installation und den Betrieb des akustischen Detektorsystem "Batcorder" im Rahmen des Forschungsvorhaben "Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen", 30 pages.
- MAGES, J. & O. BEHR (2008b) : Ergänzende Anleitung für die Installation und den Betrieb des Detektors "Anabat SD1" im Rahmen des Forschungsvorhaben "Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen, 16 pages.
- MATHEWS, F., M. SWINDELLS, R. GOODHEAD, T. A. AUGUST, P. HARDMAN, D.M. LINTON & D. J. HOSKEN (2013) : Effectiveness of search dogs compared with human observers in locating bat carcasses at wind turbine sites : A blinded randomized trial. *Wildlife Society Bulletin* 37 : 34–40. doi: 10.1002/wsb.256
- MCCRACKEN, G.F., E.H. GILLAM, J.K. WESTBROOK, Y.-F. LEE, M.L. JENSEN & B.B. BALSLEY (2008) : Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis* : Molossidae, Chiroptera) at high altitude : links to migratory insect populations. *Integrative and Comparative Biology* 48 (1) : 107-118.
- MEEDDM (2010) : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, 187 pages.
- MEDDE (2014) : Guide sur l'application de la réglementation relative aux espèces protégées pour les parcs éoliens terrestres, 32 pages. Available : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_Eolien_especes_protegees-2.pdf
- MEYER, M.M. (2011) : Method validation and analysis of bat migration in the Fehmarn-belt area between autumn 2009 and autumn 2010. Diploma Thesis Fachhochschule Osnabrück, 126 pages.
- MESCHÉDE, A. & K.G. HELLER (2000) : Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 66, 374 pages.
- MINDERMAN, J., C.J. PENDLEBURY, J.W. PEARCE-HIGGINS & K.J. PARK (2012) : Experimental Evidence for the Effect of Small Wind Turbine Proximity and Operation on Bird and Bat Activity. *PLoS ONE* 7 (7) : e41177. doi:10.1371/journal.pone.0041177.
- MINDERMAN, J., E. FUENTES-MONTE MAYOR, J.W. PEARCE-HIGGINS, C.J. PENDLEBURY & K.J. PARK (n.d.) Levels and correlates of bird and bat mortality at small wind turbine sites. In preparation.
- MITCHELL-JONES, A.J. (2004) : Bat Mitigation Guidelines. *English Nature*, Peterborough. Available : <http://publications.naturalengland.org.uk/file/111044>
- MÜLLER, J., R. BRANDL, J. BUCHNER, H. PRETZSCH, S. SEIFERT, C. STRÄTZ, M. VEITH & B. FENTON (2013) : From ground to above canopy – bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. *Forest Ecology and Management* 306 : 179-184.
- NATURAL ENGLAND (2007) : Disturbance and protected species : understanding and applying the law in England and Wales. *Natural England*, 24/8/07, 30 pages. Available : http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.naturalengland.org.uk/Images/esisdg_tcm6-3774.pdf
- NICHOLLS, B. & P.A. RACEY (2007) : Bats Avoid Radar Installations : Could Electromagnetic Fields Deter Bats from Colliding with Wind Turbines? *PLoS ONE* 2(3) : e297. doi:10.1371/journal.pone.0000297
- NIERMANN, I., O. BEHR & R. BRINKMANN (2007) : Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 152-162.
- NIERMANN, I., R. BRINKMANN, F. KORNER-NIEVERGELT & O. BEHR (2011) : Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (ed.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. *Umwelt und Raum* 4: 40-115.
- PARK, K.J., A. TURNER & J. MINDERMAN (2013) : Integrating applied ecology and planning policy: the case of micro-turbines and wildlife conservation. *Journal of Applied Ecology* 50: 199-204. doi:10.1111/jpe.12005.
- PARSONS, K.N., G. JONES, I. DAVIDSON-WATTS & F. GREENAWAY (2003) : Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biol. Conservation* 111 (1): 63-70.
- PAULA, J., M.C. LEAL, M.J. SILVA, R. MASCARENHAS, H. COSTA & M. MASCARENHAS (2011) : Dogs as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. *Journal for Nature Conservation* 19: 202-208.
- PAULDING, E., J. NOWAKOWSKI & W. GRAINGER (2011) : The use of dogs to perform mortality searches: cost effective and efficient. *Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts*, 2–5 May 2011, Trondheim, Norway, NINA Report 693, poster abstract: 114.
- PETIT, E. & F. MAYER (2000) : A population genetic analysis of migration: the case of the noctule bat (*Nyctalus noctula*). *Molecular Ecology* 9 : 683-690.
- PÉRON, G., J.E. HINES, J.D. NICHOLS, W.L. KENDALL, K.A. PETERS & D.S. MIZRAHI (2013) : Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* 50(4) : 902-911.

- PHILLIPS, J.F. (1994) : The effect of a wind farm on the upland breeding bird communities of Bryn Tili, Mid-Wales : 1993-1994. RSPB, The Welsh Office, Bryn Aderyn, The Bank, Newtown, Powys.
- PLANK, M., K. FIEDLER & G. REITER (2011) : Use of forest strata by bats in temperate forests. *Journal of Zoology* : 286(2) : 154-169.
- POERINK, B. J., S. LAGERVELD & H. VERDAAT (2013) : Pilot Study. Bat Activity in the Dutch Offshore Wind Farms Owex and Pawp. The Fieldwork Company, Groningen, 19 pages.
- REICHENBACH, M. (2002) : Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel – Ausmaß und planerische Bewältigung. Dissertation at the TU Berlin : 207 pages.
- RENEWABLEUK (2012) : Small and medium wind market report. Available : <http://www.renewableuk.com/en/publications/index.cfm/SMMR2012>
- RICO, P. & H. LAGRANGE (2011) : Chirotech, Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint-Martin-de-Crau, 13) 2011. Rapport Biotope, contrat n°8 pour l'ADEME, 51 pages.
- RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, J. GOODWIN & C. HARBUSCH (2008) : Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publ. Ser. 3: 51 pages. Available : http://www.eurobats.org/publications/eurobats_publication_series
- ROSCIONI, F., D. RUSSO, M. DI FEBBRARO, L. FRATE, M.L. CARRANZA & A. LOY (2013) : Regional-scale modelling of the cumulative impact of wind farms on bats. *Biodivers. Conserv.* 22 : 1821-1835. doi:10.1007/s10531-013-0515-3.
- ROSCIONI, F., H. REBELO, D. RUSSO, M. L. CARRANZA, M. DI FEBBRARO & A. LOY (2014) : A modelling approach to infer the effects of wind farms on landscape connectivity for bats. *Landscape Ecology* 29(5) : 891-903.
- RUSS, J.M., A.M. HUTSON, W.I. MONTGOMERY, P.A. RACEY & J.R. SPEAKMAN (2001) : The status of *Nathusius' pipistrelle* (*Pipistrellus nathusii* Keyserling and Blasius 1839) in the British Isles. *J. Zool. Lond* 254 : 91-100.
- RUSSO, D. & G. JONES (2003) : Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys : conservation implications. *Ecography* 26 : 197-209.
- RYDELL, J., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, M. GREEN, L. RODRIGUES & A. HEDENSTRÖM (2010a) : Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2) : 261-274.
- RYDELL, J., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, M. GREEN, L. RODRIGUES & A. HEDENSTRÖM (2010b) : Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur. J. Wildl. Res.* 56 : 823-827.
- RYDELL, J., L. BACH, P. BACH, L. GUIA DIAZ, J. FURMANKIEWICZ, N. HAGNER-WAHLSTEN, E.-M. KYHERÖINEN, T. LILLEY, M. MASING, M.M. MEYER, G. PÉTERSONS, J. ŠUBA, V. VASKO, V. VINTULIS & A. HEDENSTRÖM (2014) : Phenology of migratory bat activity across the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16(1) : 139-147.
- SANÉ, F. (2012) : Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : Bilan de 3 années de suivi (2008-2009-2010). ALEPE, rapport inédit pour EDF EN, 111 pages.
- SANTOS, H., L. RODRIGUES, G. JONES & H. REBELO (2013) : Using species distribution modelling to predict bat fatalities at wind farms. *Biol. Conserv.* 157 : 178-186. doi:10.1016/j.biocon.2012.06.017.
- SATTLER, T. & F. BONTADINA (2006) : L'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliens en France sur la base de la diversité et l'activité des chauves-souris. Unpubl. report : 41 pages.
- SCHAUB, A., J. OSTWALD & B.M. SIEMERS (2008) : Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211 : 3174-3180.
- SEEBENS, A., A. FUSS, P. ALLGEYER, H. POMMERANZ, M. MÄHLER, H. MATTHES, M. GÖTTSCHE, M. GÖTTSCHE, L. BACH & C. PAATSCH (2013) : Fledermauszug im Bereich der deutschen Ostseeküste. Unveröff. Gutachten im Auftrag des Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), 38 pages.
- SEICHE, K., P. ENDL & M. LEIN (2007) : Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 170-181.
- SFEPM (2012). Méthodologie pour le diagnostic chiroptérologique des parcs éoliens. 16 pages. Available : http://www.sfepm.org/pdf/Diag-SFEPM-eolien_vFinale.pdf
- SJOLLEMA, A. (2011) : Bat activity in the vicinity of proposed wind power facilities along the mid-Atlantic coast. Master thesis at University of Maryland Center for Environmental Science, 121 pages.
- SKIBA, R. (2011) : Fledermäuse in Südwest-Jütland und deren Gefährdung an Offshore-Windenergieanlagen bei herbstwanderungen über die Nordsee. *Nyctalus (N.F.)* 16(1-2) : 33-44.
- SNH (2010) : Micro-renewables and nature conservation : a guide for householders and installers. Perth, UK : Scottish Natural Heritage. Available : <http://www.snh.org.uk/pubs/detail.asp?id=1451>. Accessed 12 April 2011.
- SNH (2012) : Assessing the impact of small-scale wind energy proposals on the natural heritage. Inverness, UK : Scottish Natural Heritage. Available : <http://www.snh.gov.uk/docs/A669283.pdf>
- SONNTAG, N., T. WEICHLER, S. WEIEL & B. MEYER (2006) : Blinder Passagier – Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) landet auf einem Forschungsschiff in der Pommerschen Bucht (südliche Ostsee). *Nyctalus (N.F.)* 11 (4) : 277-279.
- STONE, E.L., G. JONES & S. HARRIS (2009) : Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19(13) : 1123-1127. doi:10.1016/j.cub.2009.05.058
- SZEWCZAK, J.M. & E.B. ARNETT (2008) : Field test results of a potential acoustic deterrent to reduce bat mortality from wind turbines. An investigative report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- ROLLINS, K.E., D. K. MEYERHOLZ, G.D. JOHNSON, A.P. CAPPARELLA & S.S. LOEW (2012) : A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49 (2) : 362-371.
- THOMAS, D.W. (1995) : Hibernating bats are sensitive to nontactile human disturbance. *Journal of Mammalogy* 76(3) : 940-946.
- VERBOOM, B. & H. HUITEMA (1997) : The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology* 12 (2) : 117-125.



- VOIGT, C.C., A.G. POPA-LISSEANU, I. NIERMANN & S. KRAMER-SCHADT (2012) : The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153 : 80-86.
- WALSH, A.L. & S. HARRIS (1996a) : Foraging habitat preferences of Vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology* 33 : 508-518.
- WALSH, A.L. & S. HARRIS (1996b) : Factors determining the abundance of Vespertilionid bats in Britain : Geographical, land class and local habitat relationships. *Journal of Applied Ecology* 33 : 519-529.
- WALTER, G., H. MATTHES & M. JOOST (2004) : Fledermausnachweise bei Offshore-Untersuchungen im Bereich von Nord- und Ostsee. *Natur- und Umweltschutz (Zeitschrift Mellumrat)* 3 (2) : 8-12.
- WALTER, G., H. MATTHES & M. JOOST (2007) : Fledermauszug über Nord- und Ostsee – Ergebnisse aus Offshore-Untersuchungen und deren Einordnung in das bisher bekannte Bild zum Zuggeschehen. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 221-233.
- WARREN-HICKS, W., J. NEWMAN, R. WOLPERT, B. KARAS & L. TRAN (2013) : Improving methods for estimating fatality of birds and bats at wind energy facilities. Public Interest Energy Research (PIER) Program. Final Project Report. California Energy Commission. February 2013.
- WINKELMAN, J.E. (1989) : Vogels e het windpark nabij Urk (NOP) : aanvarings slachtoffers van verstorende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15 : 169 pages.
- WOJCIUCH-PLOSKONKA, M. & B. BOBEK (2014) : The effect of forest habitat-types and age classes of tree stands on the population densities of bats and nocturnal insects in the Niepolomice Forest, Southern Poland. Book of abstracts, XIIIth European Bat Research Symposium, 1–5 September 2014, Šibenik, Croatia : 169.
- WWEA (2012) : Small Wind Report 2012. Bonn, Germany : World Wind Energy Association.
- ZAGMAJSTER, M., T. JANCAR & J. MLAKAR (2007) : First records of dead bats (Chiroptera) from wind farms in Croatia. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3) : 234-237.

10 Glossaire

Analyse de conflit – étude systématique du profil, des causes, des acteurs et des dynamiques d'un conflit.

Cadrage – première étape, essentielle, d'une étude d'impact sur l'environnement, et qui suit généralement le « screening » processus de détermination du contenu et de l'étendue des questions devant être traitées dans les informations environnementales à soumettre aux autorités compétentes pour les plans et projets soumis à **EIE** ou **ESE**. En général le cadrage sert à identifier au moins : les sujets importants à couvrir par l'évaluation, les périodes appropriées et les limites spatiales de l'étude, l'information nécessaire à la prise de décisions, les effets importants et les facteurs à étudier en détails et parfois aussi les alternatives envisageables aux plans ou projets proposés et devant être ré-examinés.

Compensation (mesure de) – action destinée à régler les impacts négatifs résiduels sur l'environnement, qui ne peuvent être évités ou réduits, tels que la perte d'habitat, la blessure ou la mort d'individus.

Détecteur automatique d'ultrasons – dispositif d'enregistrement automatique des cris d'écholocation des chauves-souris, pouvant être laissé sans surveillance sur le terrain.

Détecteur manuel d'ultrasons – système pour détecter les cris d'écholocation des chauves-souris permettant à l'opérateur « d'entendre », d'enregistrer ou d'identifier les chauves-souris sur le terrain.

Directive Habitats – Directive 92/43/EEC du Conseil du 21 Mai 1992 sur la conser-

vation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.

Distance de l'éolienne – distance la plus courte en ligne droite entre un point donné ou une ligne et le cercle horizontal centré sur l'axe du mât de l'éolienne et dont le rayon est égal à la longueur de la pale (valeur approximative).

Effet cumulatif – effet combiné sur l'environnement causé par un projet de développement conjointement avec d'autres développements passés, présents et raisonnablement probables et d'autres activités humaines.

Eoliennes « offshore » – éoliennes construites en mer ou sur de grandes étendues d'eau.

Eoliennes « onshore » – éoliennes construites à terre.

Etude d'impact sur l'environnement (EIE) – procédure nationale pour évaluer les effets environnementaux possibles des projets publics et privés pouvant avoir des effets importants sur l'environnement (*cf.* par ex. Directive du Conseil 85/337/EEC).

Evaluation stratégique environnementale (ESE) – procédure visant à intégrer des considérations environnementales dans la préparation et l'adoption de plans et de programmes en vue de promouvoir un développement soutenable (*cf.* par ex. la Directive 2001/42/EC).

Évitement (mesure d') – action destinée à éviter les impacts négatifs sur l'environnement tels que la perte d'habitat, la blessure ou la mort des animaux.

Impact transfrontalier – tout impact produit par une activité située dans un pays et



affectant une région sous juridiction d'un autre pays ou de plusieurs autres.

Infrastructures connexes du parc éolien

– elles incluent les routes d'accès, les sous-stations et les câbles de connexion au réseau électrique qui peuvent être aériens ou souterrains ; elles peuvent même inclure des mâts de mesures météorologiques distincts sur des parcs éoliens de grande envergure pour permettre un suivi précis du rendement.

Indice d'activité de chauves-souris

– valeur numérique exprimée en unités d'activité (par ex. passages de chauves-souris) par heure, déterminée pour chaque relevé à chaque point d'écoute ou section fonctionnelle de transect (aussi bien pour la totalité du parc que pour une partie choisie), calculée séparément pour des espèces individuelles ou des groupes d'espèces (et pour toutes les chauves-souris). Le terme « indice moyen d'activité des chauves-souris » peut en outre être utilisé dans le sens de valeur numérique exprimée en unités d'activité par heure, déterminée pour une période donnée – par ex. pour les migrations d'automne ou pour l'année complète – et calculée comme la moyenne arithmétique d'indices enregistrés dans une période donnée ou autrement, selon la méthodologie applicable.

Mesures ERC – mesures pour éviter, réduire ou compenser les impacts

Migration – déplacement régulier, généralement saisonnier, de toute une population animale ou d'une partie seulement, d'une région donnée vers une autre.

Mise en drapeau – réglage de l'angle des pales du rotor parallèlement au vent ou en orientant l'ensemble pour qu'il n'ait pas prise au vent, afin de ralentir ou de stopper la rotation des pales. Le rotor n'est pas bloqué pen-

dant cet arrêt et il peut tourner librement à vitesse très faible.

Modification de puissance (ou "repowering")

– augmenter la capacité de production d'un site éolien en installant des aérogénérateurs plus performants ou des pales sur des éoliennes existantes, ou remplacer ces dernières par d'autres plus performantes. Avec l'amélioration de la technologie, la tendance générale est au remplacement des anciennes éoliennes, plus petites, par des aérogénérateurs plus grands, plus efficaces et moins nombreux. En Allemagne le terme « repowering » réfère seulement au remplacement d'éoliennes plus petites par des nouvelles, moins nombreuses, sans augmentation de la capacité de production.

Petites ou micro-éoliennes (en anglais SWT)

– il n'existe pas de définition globalement acceptée de "petite éolienne", mais la limite supérieure des définitions des différents pays varie typiquement de 15 à 100 kW de capacité de production (World Wind Energy Association 2013). Une distinction est parfois faite entre les micro-éoliennes (0-1,5 kW), les petites (1,5 -50 kWA) et les moyennes (50-100 kW (RenewableUK 2012)).

Principe de précaution – là où il existe des risques d'impacts graves et irréversibles, le manque de certitude scientifique ne doit pas être une raison pour différer des mesures rentables destinées à prévenir la dégradation de l'environnement (Nations Unies – Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement 1992).

Réduction (mesure de) – action entreprise pour atténuer, réduire ou minimiser tout impact négatif sur l'environnement tel qu'une perte d'habitat, la blessure ou la mort d'ani-

maux, là où il n'est pas possible d'éviter de tels impacts.

Regroupement (ou "swarming")

– Le regroupement automnal de certaines espèces de vespertilionidés (en particulier les *Myotis*, *Plecotus*, *Eptesicus* et *B. barbastellus*) a lieu en fin d'été et en automne. *P. auritus* connaît aussi un regroupement printanier. Les chauves-souris peuvent parcourir de nombreux kilomètres pour gagner des sites souterrains (sites de « swarming »), arrivant plusieurs heures après le crépuscule, entrant, sortant et volant aux alentours, puis repartant avant l'aube. Le regroupement au lever du jour (« dawn swarming ») fait aussi référence au vol circulaire pratiqué par certaines espèces devant l'entrée d'un gîte (en particulier des gîtes de parturition) avant que les chauves-souris n'y entrent à l'aube.

Screening – processus permettant de déterminer si une **EIE** est nécessaire ou non (en général sur la base d'une législation nationale et/ou de l'U.E.) – dans le cas des éoliennes il doit tenir compte du point 5 de la résolution 7.5 d'EUROBATS qui demande aux Parties de l'Accord d'évaluer l'impact des projets éoliens sur les chauves-souris.

Swarming – voir regroupement.

Transit – déplacement d'une chauve-souris entre un gîte et un terrain de chasse, entre deux terrains de chasse ou deux gîtes.

Vitesse de vent de démarrage – la vitesse de vent à laquelle une éolienne commence à produire de l'électricité. Elle est fonction du modèle, mais se situe en général entre 2,5 et 4 m/s. Les éoliennes plus modernes, plus grandes, peuvent être programmées avec précision pour démarrer à des vitesses de vent plus élevées.

Remerciements

Nous remercions Eeva-Maria Kyheröinen, Joana Bernardino, Katherine Walsh, Frank Adorf, Michel Perret, Paul Racey, Primož Prezetnik, Rita Bastos et Robert Raynor pour leurs très précieux commentaires et contributions à ce document.

Nous sommes reconnaissants à Mme Jean Matthews (Natural Resources Wales, Royaume-Uni) pour sa généreuse contribution à la révision du texte et à Suren Gazaryan (Secrétariat d'EUROBATS) pour son assistance lors des derniers stades de la préparation des Recommandations.



Annexe 1 : Etudes réalisées en Europe (mise à jour du tableau 1 de la publication n°3 d'EUROBATS)

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Albouy (2010) , Roque-taillade, Aude, France	15 mai - 30 septembre 2009	Milieu ouvert (pâturages avec arbustes et arbres disséminés, quelques champs de céréales)	8 éol. x 660 kW ; mât 47 m ; rotor ø 47m. 20 éol. x 850 kW ; mât ? ; rotor ø 52m
Albrecht & Grünfelder (2011) , Neustadt an der Waldnaab, Bavière, Allemagne	16/17 juillet 2009 ; 19/20 août 2009	Ca. 630 m, terres agricoles près d'une forêt mixte	Pas de données
ALEPE (2012) , Chastel-Nouvel, Rieutort de Randon et Servières (Lozère 48), France	24 avril - 20 octobre 2008 ; 25 août - 07 octobre 2009 ; 26 juillet - 22 septembre 2010	Plantations de résineux, pins sylvestres et bouleaux, pâturages au milieu	7 éol. x 2000 kW mât 80 m ; rotor ø 82m
Allouche (2011) , Mas de Leuze, France	12 juillet - 01 octobre 2011	Herbages, buissons, 30% champs de céréales	9 éol. x 800 kW ; mât 50m
Alves et al. (2006a) , Chão Falcão I, Portugal	mars - novembre 2005	Arbustes, eucalyptus	15 éol.
Alves et al. (2006b) , Candeeiros I, Portugal	mars - novembre 2005	Arbustes, eucalyptus, pins	26 éol.
Alves et al. (2007a) , Freita I e II, Portugal	août - octobre 2006	Arbustes, pins	16 éol.
Alves et al. (2007b) , Candal/Coelheira, Portugal	mars - octobre 2006	Arbustes, pinèdes claires	20 éol.
Alves et al. (2007b) , S. Pedro, Portugal	mars - octobre 2006	Arbustes	5 éol.
Alves et al. (2009a) , Pinhal Interior (Furnas), Portugal	mars - octobre 2006 - 2007	Arbustes	6 éol.
comme ci-dessus.	mars - octobre 2006 - 2007	Arbustes	18 éol.
comme ci-dessus.	mars - octobre 2006 - 2007	Arbustes	6 éol.
Alves et al. (2009b) , Gardunha, Portugal	août - octobre 2007	Arbustes, pins	16 éol. en août, 17 en septembre, 26 en octobre.
Alves et al. (2010) , Pinhal Interior (Proença I e II), Portugal	mars - octobre 2007	Arbustes, pins	21 éol.
Aminoff et al. (2014) , Finlande	mai - octobre 2014	Gravier, arbustes, buissons denses.	15 éol.

Méthodes	Résultats
SA : analyse de 148 heures d'enregistrements - SM : pas de données.	SA : 108 Pkuh/Pnat, 157 Ppip, 147 Tten, 36 Hsav, 4 Psp. SM : 17 Hsav, 6 Ppyg, 5 Ppip, 1 Psp., 1 N/i
SA : enregistrements synchrones des cris de chauves-souris par Batcorder à 3 hauteurs différentes (ballon à hélium à hauteur prévue des pales et à 20m, à 2m sur un mât.	Signaux de Enil, Ppip, Pnat, Ppyg et Mmys/Mbra. Probablement aussi Vmur
SM 2008 : 22 contrôles (1jour/8,1j./18). 2009 : 22 contrôles (1j./2) ; 2010 : 27 contrôles (1j./2, 1j./19) ; RAC 60 m, TED.	2008 : 6 cadavres (5 Ppip, 1 Nlei) 2009 : 20 cs (9 Ppip, 4 Nlei, 1 Hsav, 6 n/i). 2010 : aucun cadavre de cs. EM : pas de correction surfacique car tous les cadavres étaient dans un cercle de 15m de rayon autour du mât de l'éol. 5 estimateurs testés, la formule de Huso semble être la plus exacte, 2008 : 5,9-6,4 cs/éol/7, 9 semaines ; 2009 : 14 cs /éol/5,4 semaines ; 2010 : 0 cs/éol/8,3 semaines.
SM : contrôles tous les 3 jours sous 8 éol. Accès impossible pour une, RAC 40m, TED. Pas de correction surfacique car 100% pour 8 éol et 95% pour une. 8 éol. régulées (4 à la fois avec 4 éol. de contrôle) avec le système Chirotech (7 semaines de régulation, 7 périodes).	54 cadavres de cs (seulement 51 pendant la période de contrôle). Pour la période considérée, mortalité estimée 82.15 cs/éol. (formule de Erickson) c.-à-d. 4.5 de moins en 2011 qu'en 2009, mais le nombre de cadavres trouvés / éol seulement 1.4 de moins qu'en 2011. Perte de production calculée: <0,15% (Biotope)
SM : contrôles deux fois par mois, RAC 46 m, TED (printemps, été, automne).	Pas trouvé de cadavre de cs.
comme ci-dessus	1 cadavre (Msch) ; EM 0,65 cs/éol/an (9 mois).
Contrôles hebdomadaires, RAC 50m, TED (printemps).	4 cadavres: 2 Ppip, 1 Ppip/Ppyg, 1 Tten. 0,4 cs/éol/an (3 mois).
contrôles hebdomadaires, RAC 50 m ; TED (automne).	29 cadavres: 13 Ppip, 4 Hsav, 9 Nlei, 1 Nsp., 1 Tten, 1n/i. EM 6 cs/éol/an (8 mois).
comme ci-dessus.	15 cadavres: 4 Ppip, 2 Psp., 5 Nlei, 4 n/i. EM 12 cs/éol/an (8 mois)
Contrôles hebdomadaires, RAC 46 m ; TED (printemps, été, automne).	2006 : pas trouvé de cadavre. 2007 : 1 Hsav ; EM 1,41 cs/éol/an (8 mois).
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre
comme ci-dessus.	2006 : 1 Pkuh ; EM 1,41 cs/éol/an (8 mois) 2007 : pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	5 cadavres: 3 Ppip/Ppyg, 1 Pkuh, 1 Hsav ; EM 3,8 cs/éol/an (3 mois)
comme ci-dessus.	2 cadavres (Ppip + Nlei), EM 0,8 cs/an (8 mois).
SM : contrôles toutes les 3 semaines, en automne 2 jours consécutifs pour la migration ; RAC 50 m ou 30 m (pour les petites éol.), divisés en secteurs. TED pour catégoriser les habitats.	2 cadavres (Enil), pas d'estimation de la mortalité.



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Amorim (2009) , Candal Coelheira, Portugal	2007	Crête NW-SE, altitude 1000-1200 m ; totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; buissons bas, formations arbustives et affleurements rocheux.	20 éol.
Amorim et al. (2012) , Freita and Arada Hills, NW Portugal	mars - octobre 2007 (sauf juillet)	Parcs éoliens le long de deux crêtes parallèles distantes de 1400 m et à 1050-1150 m. Broussailles basses et clair-semées, zones rocheuses dispersées. Trois plans d'eau et deux complexes miniers abandonnés entre 190 et 3300 m du PE. Mines classifiées comme gîtes d'importance nationale en raison de la présence de grandes colonies d'hibernation de 5 espèces de CS.	20 éol. en deux PE (10 dans le PE I et 10 dans le PE II), 2 modèles d'éol., mât 68 m, pales de 32,8 m de long.
Aves environnement & GCP (2009) , St-Martin-de-Crau, France	15 mars - 30 septembre 2009	Herbages, arbustes et 30 % champs de céréales	9 éol.
Bach & Bach (2008) , Allemagne	15 juillet - 15 octobre 2008	Littoral de la mer du Nord	ENERCON E-33, 3 éol.
Bach & Bach (2010) , Allemagne	15 juillet - 15 octobre 2009	Littoral de la mer du Nord	ENERCON E-33, 7 éol.
Bach & Bach (2012) , Ellenserdammersiel près de Varel, Allemagne	01 juillet - 15 octobre 2012	Herbages, pâturages de bovins et équins	5 éol., 3 Nordex, mât 90m, rotor ø 90m
Bach & Bach (2013a) , Wiesmoor, Allemagne	30 avril - 31 octobre 2012 (169 nuits)	Terres agricoles	5 éol., ENERCON E 82, mât 102m, rotor ø 82m.
Bach & Bach (2013b) , Friesland, Allemagne	29 juin - 15 octobre 2012 ; 30 juin - 15 octobre 2013 (215 nuits)	Zone agricole, pâtures.	5 éol., Nordex, mât 90m, rotor ø 90m.

Méthodes	Résultats
SM : RAC 60 m., contrôles hebdomadaires pour toutes les éol., TED ; recherche de cadavres et utilisation de l'espace par les cs.	48 carcasses (14 Nlei ; 24 Ppip ; 10 autres). EM 9,55 cs/éol (la plupart à la fin de l'été). Relation entre utilisation de l'espace et mortalité.
SM : Recherche de cadavres dans le PE I et PE II, deux jours consécutifs par semaine, le matin suivant un relevé acoustique, RAC de 50m autour de chacune des 20 éol. Transects aléatoires à pied, parcourus à faible vitesse pendant 30 min (ou 15 min avec 2 contrôleurs). Pour chaque aire contrôlée, 3 classes de visibilité (forte, moyenne et faible) et les zones non contrôlées ont été cartographiées (SIG) selon le protocole de ARNETT <i>et al.</i> (2005). Tous les cadavres ont été ramassés et congelés pour permettre une identification complémentaire. Enregistrement de l'emplacement du cadavre avec un GPS, un mètre-ruban de 50m et une boussole militaire, classe de couverture végétale (visibilité) notée. SA : hebdomadaire, commençant 45 min après le coucher du soleil et pendant 3 heures (relevé de 10 min à chaque point échantillonné). 20 points de relevé acoustique ont été définis (un par éol., un à 25 m de l'éol., sur un azimut aléatoire. PE I et PE II ont été suivis deux jours consécutifs avec des points de relevé en ordre aléatoire. Pour déterminer l'activité, le nombre de passages de cs pendant la période d'échantillonnage fut compté. L'activité fut enregistrée avec un DU (D240x, Pettersson Elektronik) connecté à un enregistreur numérique uniquement au sol. Etude réalisée seulement les nuits sans pluie ni brouillard, ni vent fort (supérieur à 3.5 m/s au niveau du sol). Analyse des séquences de cs avec un logiciel d'analyse du signal.	SM : 48 cadavres (573 recherches de cadavres ; mortalité moyenne de cs 0.08 ± 0.18 cadavres/relevé). 2 Hsav, 14 Nlei, 25 Ppip, 4 Psp., 4 n/i. SA : 838 contacts de cs enregistrés - moyenne de l'activité 5.90 ± 11.3 contacts/relevé. 422 contacts identifiés : 12% Nlei, 58% Psp. Espèces détectées : Eser, Hsav, Mbly, Mmyo, Nssp., Nlei, Pkhu, Ppip, Psp., Plsp., Tten.
SM : Contrôles tous les 3 jours (15/03-15/05 and 16/08-30/09) et une fois par semaine (16/05-15/08). Tests pour la prédation (4) et la détectabilité (4) et facteur de correction pour la surface non contrôlée (cultivée).	100 cadavres (90% Psp. et 1 Tten, 1 Mema, les autres non encore identifiés).
SM : contrôles tous les 3 jours, RAC 40 m autour des éoliennes, TED.	EM : 3,1 /an
comme ci-dessus.	EM : 1,6 /an
SM : 36 jours de contrôle sous les 5 éoliennes, tous les 3 jours (matin, 45 min par éol.), RAC 50 m (sauf pour les zones à végétation dense), TED. SA sur 3 éol. avec Ana-Bat-SD1 par éol. (hauteur de rotor), 108 nuits	5 cadavres (4 Pnat, 1 Nnoc) trouvés. EM : probablement 3.2 cs/éol/période étudiée. SA : Nnoc, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg.
SM : comme ci-dessus. SA avec AnaBat-SD2 par éolienne (4m et à hauteur de rotor).	Pas trouvé de cadavre. SA : cris de Nnoc, Nlei, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Mdas, Plsp.
SM : comme ci-dessus. SA autour de deux éol. avec le système d'enregistrement Avisoft.	13 cadavres (10 Pnat ; 3 Nnoc). EM : probablement 4,2 cs/éol/an. SA : Nnoc, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Bach & Bach (2013c) , Friesland II, Allemagne	01 mars - 15 mai 2013 ; 2 éol. : 11 juillet - 15 octobre 2013 ; 2 éol. : 01 août - 15 octobre 2013	Terres agricoles, pâtures.	4 éol., REPower ; mât 98 m ; rotor ø 104m
Bach & Bach (2013d) , Wiesmoor, Allemagne	24 mai - 31 octobre 2012 (165 nuits)	Terres agricoles	6 éol., ENERCON E 82, mât 102m, rotor ø 82m.
Bach et al. (2011a) , Wiesmoor, Allemagne	24 mai - 31 octobre 2011 (165 nuits)	Terres agricoles	6 éol., ENERCON E 82, mât 102m, rotor ø 82m.
Bach et al. (2011b) , Timmeler Kampen près de Bagband, Allemagne	29 mars - 01 octobre 2011	Terres agricoles avec quelques haies et des arbres.	18 éol., 3 ENERCON E 82, mât 108m, rotor ø 82m and 15 E66, mât 98m.
Bach et al. (2014) , Walsrode, Allemagne	15 juillet - 15 octobre 2013 (91 nuits)	Terres agricoles	12 éol., Nordex N-100, mât 100m, rotor ø 100m.
Bach & Niermann (2010a) , Allemagne	avril - novembre 2009	Paysage mixte, terres agricoles et forêt	Vestas V 100, 6 éol.
Bach & Niermann (2010b) , Langwedel, Allemagne	01 avril - 31 novembre 2009 ; 01 avril - 31 novembre 2010	Terres agricoles et forêt mixte	5 éol. (Vestas V90 mât 125m ; rotor ø 90m
Bach & Tillmann (2012) , Belum, Cuxhaven, Allemagne	avril - octobre 2012	Herbages, altitude moyenne de 3 m	2 éol. (2MW), (AN BONUS mât 69m ; rotor ø 76m)
Barreiro et al. (2007) , Candeeiros I, Portugal	mars - octobre 2006	Arbustes, eucalyptus, pins	26 éol.
Barreiro et al. (2007) , Candeeiros II, Portugal	septembre - octobre 2006	Arbustes, eucalyptus, pins	11 éol
Barreiro et al. (2009) , Mosqueiros I, Portugal	mai - octobre 2008	Arbustes	4 éol.
Beucher et al. (2013) , Castelnau-Pegayrols, Aveyron, France	2009 - 2012	Crête boisée avec pâturages, altitude de 1075-1090 m	13 éol., Enercon E70 (de 2.3 MW), mât 65m, rotor ø 71m
Beucher & Lecoq (2009) , Canet de Salars, Aveyron, France	15 juin - 15 octobre 2008	Plateau avec cultures, herbages intensifs et quelques haies	6 éol. VESTSA V90
BFL (2011a) , Oberflörsheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne		Milieu agricole ouvert à basse altitude	4 éol. : GE ; NEC-Micon ; Enercon. (mâts : 68m ; 68m ; 80m rotor ø : 38m ; 38m ; 70m)

Méthodes	Résultats
SM : comme ci-dessus, sous 4 éoliennes. RAC : 50m autour de l'éol. (sauf dans zones à végétation dense), TED. SA pour 4 éol. avec Anabat SD1.	8 cadavres (6 Pnat; 2 Nnoc). EM: probablement 3,6 cs/éol/an. SA: Nnoc, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg.
SM : comme ci-dessus, sous 6 éol. SA avec 2 AnaBat-SD2 par éol. (4m et hauteur de rotor).	3 cadavres (3 Pnat). EM: probablement 2,7 cs/éol/an. SA : Nnoc, Nlei, Vmur, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Plspp.
comme ci-dessus.	3 cadavres (Pnat, 2 Eser). EM : probablement 2 cs/éol/an. SA : Nnoc, Nlei, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Plspp.
SM : 26 jours de contrôle de mortalité, tous les 3 jours (matin 20 min par éol.) sous 18 éol., RAC 50 m (sauf dans les zones à végétation dense), TED. SA : 217 nuits pour 3 éol. avec 2 AnaBat-SD1 par éol. (4 m et hauteur de rotor).	2 cadavres (Mdas, Nnoc). EM : probably 0.4 cs/éol/ période d'étude. SA : cris de Nnoc, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Mspp.
SM : tous les 3 jours sous 7 éol. RAC 50 m (sauf dans zones à végétation dense), TED. SA pour 2 éol avec système d'enregistrement Avisoft.	21 cadavres (12 Pnat; 3 Ppip, 1 Ppyg, 5 Nnoc). SA : Nnoc, Nlei, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Plspp.
SM : contrôles tous les 2 jours pendant la migration de printemps et d'automne ; été : contrôles tous les 3 jours ; RAC 50 m ; TED	EM 4 cs/an
SM : tous les 2 ou 3 jours sous 5 éol. RAC 50m (sauf dans les zones à végétation dense) ; TED. SA avec un AnaBat SD1 par éol. (à hauteur de rotor)	11 cadavres trouvés (7 Nnoc, 3 Pnat, 1 Nlei) EM : probablement 2 ou 4 cs/éol/an . SA : Nnoc, Nlei, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg.
SM : comme ci-dessus, sous 2 éol. SA : comme ci-dessus.	12 cadavres (1 Psp., 3 Pnat, 1 Ppip, 1 Nlei, 1 Nnoc) : EM : 8.5 cs/éol/6 mois ou 4.2 cs/MW/6 mois.
SM : contrôles hebdomadaires ; RAC 46 m ; TED (printemps, été, automne).	3 cadavres (Pip sp, Nlei, 1 n/i) ; EM 0,5 cs/éol/an (8 mois).
comme ci-dessus.	pas de cadavre trouvé.
SM : recherches hebdomadaires ; RAC 50 m ; TED (automne).	2 cadavres (Ppip + Tten), EM 3,6 cs/an (6 mois)
SM 2009 (35 contrôles) : 1 fois par semaine dernière quinzaine de mai, première semaine de juin et les 2 dernières semaines de septembre ; 2 contrôles/semaine du 05/06 au 20/09. SM 2010 (40 contrôles) : une fois par semaine en mai et dernière semaine de septembre ; 2 fois par semaine du 31/05 au 24/09. SM 2011 (36 contrôles du 18/05 to 30/09: une fois par semaine en mai, 2 fois par semaine en juin, juillet, août et septembre. SM 2012 : tous les jours sous 2 éol., juillet-octobre (EXEN). TED (3 ans). SA 2009-2011, à hauteur de nacelle.	2009 : 98 cadavres : 2 Hsav, 15 Pkhu, 57 Ppip, 9 Psp., 1 Vmur, 7 Nlei, 2 Nlas, 4 Ppyg. 2010 : vitesse de démarrage à 6.5 m/sec et éclairage de sécurité éteint : 2 cadavres (Ppip). 2011 : vitesse de démarrage à 5.5 m/sec et éclairage de sécurité éteint: 3 cadavres (2 Ppip, 1 Pkhu). 2012 : bridage de 2 éoliennes et différents DU dans les nacelles, 4 cadavres (Ppip) sous ces éoliennes.
SM : recherche de cadavres autour des éol. (100m x 100m), deux fois par semaine, avec TED.	10 cadavres (7 Ppip, 1 Pkhu, 1 Ppip/Ppyg, 1 n/i) : 1 en juin, 3 fin juillet, 5 en août, 1 mi-octobre.
SM : RAC 50 m., quotidiennement pendant 10 jours par mois, avec TED : correction surfacique tous les 2 mois. SA avec Batcoorder.	2 cadavres: 1 Nlei, 1 Ppip.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
BFL (2011b) , Naurath (Landkreis Trier-Saarburg), Allemagne		Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E 70 (mât : 85m, rotor ø : 70m)
BFL (2011c) , Lingerhahn (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne		Forêt de montagne	2 éol. : REpower MM92 (mât : 100m, rotor ø : 92.5m)
BFL (2011d) , Uhler (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne		Forêt de montagne	2 éol. : Vestas V90 (mât : 105m, rotor ø : 90m)
BFL (2011e) , Wörrstadt-Ost (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne		Milieu agricole ouvert à basse altitude	2 éol. : Enercon E82 (mât : 135m, rotor ø : 82m)
BFL (2012a) , Beltheim (Landkreis Rhein-Hunsrück), Allemagne		Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E82 (mât : 138m, rotor ø : 82m)
BFL (2012b) , Elmersberg (Landkreis Neunkirchen), Allemagne		Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E53 (mât : 73m, rotor ø : 53m)
BFL (2012c) , Mainstockheim (Landkreis Kitzingen), Allemagne	2011	Milieu agricole ouvert à basse altitude	1 éol. : Vestas V90 (mât : 105m, rotor ø : 90m)
BFL (2012d) , Reppendorf (Landkreis Kitzingen), Allemagne	2009 - 2011	Milieu agricole ouvert à basse altitude	1 WT: Vestas V90 (mât : 105m, rotor ø : 90m)
BFL (2013a) , Naurath (Landkreis Trier-Saarburg), Allemagne		Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E70 (mât : 85m, rotor ø : 70m)
BFL (2013b) , Bedesbach/Welchweiler (Landkreis Kusel), Allemagne		Forêt de montagne	1 éol. : Vestas V90 (mât : 80m, rotor ø : 90m)
BFL (2013c) , Kleeberg (Landkreis Neunkirchen), Allemagne	2012	Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E53 (mât : 73m, rotor ø : 53m)
BFL (2013d) , Beltheim (Landkreis Rhein-Hunsrück), Allemagne	2011 - 2012	Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E82 (mât : 138m, rotor ø : 82m)
BFL (2013e) , Gabsheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2012	Milieu agricole ouvert à basse altitude	2 éol. : Enercon E101 (mât : 138.5m, rotor ø : 101m)
BFL (2013f) , Heimersheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2012 - 2013	Milieu agricole ouvert à basse altitude	3 éol. : REpower 3.4M104 (mât : 128m, rotor ø : 104m)
BFL (2013g) , Lingerhahn (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne	2011 - 2012	Forêt de montagne	2 éol. : REpower MM92 (mât : 100m, rotor ø : 92.5m)

Méthodes	Résultats
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
SM : RAC 50 m., quotidiennement pendant 10 jours par mois avec TED : correction surfacique tous les 2 mois. SA avec Batcorder.	2 cadavres : 1 Ppip, 1 Nlei.
comme ci-dessus.	1 cadavre : Nlei.
SA avec Batcorder. Pas de SM.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
SM : RAC 50 m., quotidiennement pendant 10 jours par mois avec TED : correction surfacique tous les 2 mois. SA avec Batcorder.	Pas trouvé de cadavre.
SA avec Batcorder. Pas de SM.	Pas trouvé de cadavre.
SA avec Batcorder. Pas de SM.	Pas trouvé de cadavre.
SM : RAC 50 m., quotidiennement pendant 10 jours par mois avec TED: correction pour la surface contrôlée tous les 2 mois. SA avec Batcorder.	1 cadavre: Nlei.
comme ci-dessus.	2 cadavres: 1 Ppip, 1 Pnat.
comme ci-dessus.	2 cadavres: 2 Nlei.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
BFL (2013h) , Main-stockheim (éol. A3) (Landkreis Kitzingen), Allemagne	2012	Milieu agricole ouvert à basse altitude	1 éol. : Vestas V112 (mât : 140m, rotor ø : 112m)
BFL (2013i) , Neuerkirch (Landkreis Rhein-Hunsrück), Allemagne	2012 - 2013	Forêt de montagne	3 éol. : Enercon E 82 (mât : 138m, rotor ø : 82m)
BFL (2013j) , Schornsheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2012	Milieu agricole ouvert à basse altitude	2 éol. : Kenarsys K 100 (mât : 135m, rotor ø : 100m)
BFL (2013k) , Unzenberg (Landkreis Rhein-Hunsrück), Allemagne	2012	Forêt de montagne	3 éol. : 2 Vestas V112, 1 REpower 3.4 (mâts : 142m, rotor ø : 142m? ; 128m)
BFL (2013l) , Waldalgesheim (Landkreis Mainz-Bingen), Allemagne	2011 - 2013	Forêt de montagne	3 éol. : 2 Enercon E 82 (mât : 138m, rotor ø : 82m), 1 Enercon E 101 (mât : 138m, rotor ø : 101m)
BFL (2013m) , Worms (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2012	Milieu agricole ouvert à basse altitude	1 éol. : Vestas V112 (mât : 140m, rotor ø : 112m)
BFL (2013n) , Wörrstadt-Ost (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2011 - 2012	Milieu agricole ouvert à basse altitude	2 éol. : Enercon E 82 (mât : 135m, rotor ø : 82m)
BFL (2014a) , Kirchberg (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne	2012 - 2013	Forêt de montagne	6 éol. : Enercon E 82 (mât : 135m, rotor ø : 82m)
BFL (2014b) , Gau-Bickelheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2012 - 2013	Milieu agricole ouvert à basse altitude	3 éol. : Kenarsys K 100 (mât : 135m, rotor ø : 100m)
BFL (2014c) , Riegenroth (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne	2013	Forêt de montagne	1 éol. : REpower 3.4M104 (mât : 128m, rotor ø : 104m)
BFL (2014d) , Hangen-Weisheim (Landkreis Alzey-Worms), Allemagne	2013	Milieu agricole ouvert à basse altitude	2 éol. : REpower 3.4M104 (mât : 128m, rotor ø : 104m)
BFL (2014e) , Laubach III (Rhein-Hunsrück-Kreis), Allemagne	2013	Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E101 (mât : 135m, rotor ø : 101m)
BFL (2014f) , Hochstätten (Landkreis Bad Kreuznach), Allemagne	2012 - 2013	Forêt de montagne	1 éol. : Vestas V90 (mât : 105m, rotor ø : 90m)
BFL (2014g) , Schopfloch (Landkreis Freudenstadt), Allemagne	2012 - 2013	Forêt de montagne	1 éol. : Enercon E82 (mât : 135m, rotor ø : 82m)

Méthodes	Résultats
SA avec Batcorder. Pas de SM.	
SM : RAC 50 m, quotidiennement pendant 10 jours par mois avec TED: correction surfacique tous les 2 mois. SA avec Batcorder.	Pas trouvé de cadavre. PE fonctionnant avec un algorithme (Avril - Octobre), confirmation de l'algorithme après le suivi.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	4 cadavres: Nlei, 4 Ppip.
comme ci-dessus.	1 cadavre: Pnat.
comme ci-dessus.	2 cadavres: 1 Ppip, 1 Nlei.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre. PE fonctionnant avec un algorithme (Avril - Octobre), après le suivi cet algorithme fut confirmé
comme ci-dessus.	3 cadavres : 2 Pnat, 1 Nlei.
comme ci-dessus.	2 cadavres : 2 Pnat.
comme ci-dessus.	1 cadavre : 1 Pnat.
comme ci-dessus.	3 cadavres : 2 Ppip, 1 Nlei.
comme ci-dessus.	4 cadavres : 3 Ppip, 1 Vmur.
comme ci-dessus.	2 cadavres : 2 Ppip.



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Bio3 (2010) , Serra do Mú, Portugal	janvier - décembre 2009	Altitude moyenne 530 m. Subéraie	14 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2011a) , Cabeço Rainha 2, Portugal	mars-octobre 2009	Altitude moyenne 1100 m. Arbustes, forêt de pins	15 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2011b) , Chão Falcão II, Portugal	mi-fév. - mi-nov. 2010	Altitude moyenne 410 m. Arbustes et affleurements rocheux	11 éol. (de 2,3 MW)
Bio3 (2011c) , Chão Falcão III, Portugal	avril - octobre 2010	Altitude moyenne 450 m. Arbustes, plantations d'eucalyptus	9 éol. (de 2,3 MW)
Bio3 (2011d) , Lousã II, Portugal	sept.2009 - oct. 2010	Altitude moyenne 950 m. Arbustes, herbages, plantation de pins, forêt de feuillus	20 éol. (de 2,5 MW)
Bio3 (2011e) , Serra de Bornes, Portugal	avril - octobre 2010	Altitude moyenne 1100 m. Arbustes, affleurements rocheux, forêt de feuillus	24 éol. (de 2,5 MW)
Bio3 (2011f) , Serra do Mú, Portugal	janvier - décembre 2010	Altitude moyenne 530 m. Subéraie	14 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2011g) , Terra Fria - Contim, Portugal	août - novembre 2010	Alt. moyenne 1150m. Arbustes ; herbages, affleurements rocheux, forêt	5 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2011h) , Terra Fria - Facho-Colmeia, Portugal	avril - novembre 2010	Alt. moyenne 1200m. Arbustes ; herbages, forêt.	18 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2011i) , Terra Fria - Montalegre, Portugal	avril - novembre 2010	Alt. moyenne 1100m. Arbustes ; herbages, forêt ; affleurements rocheux	25 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2012a) , Lousã II, Portugal	avril - octobre 2011	Alt. moyenne 950 m. Arbustes, herbages, plantations de pins, forêt de feuillus	20 éol. (de 2,5 MW)
Bio3 (2012b) , Chão Falcão II, Portugal	février - novembre 2011	Alt. moyenne 410 m. Arbustes ; affleurements rocheux	11 éol. (de 2,3 MW)
Bio3 (2012c) , Chão Falcão III, Portugal	avril - octobre 2011	Alt. moyenne 450m. Arbustes ; eucalyptus plantation	9 éol. (de 2,3 MW)
Bio3 (2012d) , Nave, Portugal	janvier - décembre 2011	Alt. moyenne 1000 m. Arbustes, affleurements rocheux	19 éol. (de 2,0 MW)

Méthodes	Résultats
SM : contrôles mensuels (janv.-fév. ; nov.-déc.) et hebdomadaires (mars-oct.) sous 14 éol. RAC 50 m ; TED.	5 cadavres (2 Pkuh, 2 Nlei, 1 Espp.): 1 en février ; 1 en mai ; 2 en juin et 1 en juillet. EM: 0,80 cs/éol/an
SM : contrôles hebdomadaires sous les 15 éol. RAC 50 m	4 cadavres (1 Nlei, 2 Eser, 1 N/i) : 3 en août et 1 en septembre. EM 0,14 cs/éol/8 mois.
SM comme ci-dessus autour de toutes les éol.	5 cadavres (1 Ppip, 2 Pkuh, 1 Espp, 1 n/i) : 1 en août, 3 en septembre et 1 en novembre. EM : 0,52 cs/éol/10 mois
SM : contrôles hebdomadaires par chien et maître-chien autour de toutes les éol. RAC 50 m, TED.	5 cadavres (3 Nlei, 1 Ppyg, 1 n/i) : 1 en juillet, 1 en août, 2 en septembre et 1 en octobre. EM : 0,64 cs/éol./7 mois.
SM: contrôles hebdomadaires sous toutes les éoliennes (sept.-oct. 2009, avril-oct. 2010) : RAC 50 m.	Pas trouvé de cadavre de cs.
SM : contrôles hebdomadaires sous toutes les éoliennes. RAC 50 m.	4 cadavres (1 Ppip, 1 Pkuh, 1 Psp, 1Tten) 1 en avril, 1 en août, 2 en septembre. EM : 0,25 cs/éol/7 mois.
SM : contrôles mensuels (janv.-fév. ; nov.-déc.) et hebdomadaires (mars-oct.) sous 14 éol. RAC 50 m ; TED.	Pas trouvé de cadavre de cs.
SM hebdomadaire autour des 5 éol. RAC 50 m ; TED	Pas trouvé de cadavre de cs.
SM : hebdomadaire autour de 13 éol. RAC 50 m ; TED	10 cadavres (2 Ppip/Ppyg ; 4 Ppip; 4Nlei): 2 en juin, 2 en août, 6 en septembre. EM: 0,94 cs/éol/8 mois.
SM : comme ci-dessus autour de 19 éol.	13 cadavres (1 Ppip ; 1 Pkuh; 4 n/i, 5 Nlei; 1 Hsav; 1 Eser) : 1 en avril ; 1 en mai, 1 en juin, 4 en août, 5 en septembre et 1 en octobre. EM en 2010: 0,92 cs/MW/8
SM : hebdomadaire autour des 20 éol. (septembre-octobre 2009 ; avril-octobre 2010). RAC 50 m. SA mensuel d'avril à octobre (relevé de 10 min à chaque point fixe, n=16). Activité des chauves-souris enregistrée au sol avec D240x, Pettersson Elektronik, relié à un enregistreur numérique. Séquences ultrasonores analysées avec un logiciel de traitement du signal.	SA : 3 Bbar, 2 Hsav, 2 Mesc, 6 Eser/Eisa, 2 Nlei/Eser/Eisa, 2 Nlas/Nnoc, 1 Nlei, 1 Ppip, 27 Ppip, 27 Ppip/Ppyg, 4 Ppyg, 1 Ppyg/Msch. Gîtes : pas de suivi. SM : Pas trouvé de cadavre.
SM : hebdomadaire autour des 11 éol., RAC 50 m ; TED ; SA comme ci-dessus (n=34).	SA : 2 Eser/Eisa, 56 Nlei/Eser/Eisa, 5 Nsp., 106 Ppip, 43 Ppyg / Msch, 1 Pkuh, 57 Psp., 5 Plaus/Paur, 6 Rhip, 24 Tten. Gîtes 20 cs (n/i) probablement Rfer, Rhip, Rmeh/ Rhip, Ppyg/Msch, Ppip / Ppyg et/ou Nlei/Eser/Eisa. SM pas trouvé de cadavre.
SM : hebdomadaire autour des 9 éol., avec chien et maître-chien. RAC 50 m ; TED ; SA comme ci-dessus (n=28).	SA : 26 Nlei/Eser/Eisa, 11 Plaus/Paur, 2 Pkuh, 30 Ppip, 8 Ppyg/Msch, 12 Psp., 1 Rmeh/Rhip. ; Gîtes: 26 Reur/Rmeh, 1 Rhip, 1 Rfer, 1000 Msch, 40 Mmyo/Mbly, 300 Mmyo, >20 n/i probablement Rhip, Rfer, Rmeh/Rhip, Ppyg/Msch, Nlei/Eser/Eisa. SM : 1 Psp., 1 Ppip/Ppyg, 1 Nlei, 1 Ppip. EM (JAIN <i>et al.</i> 2007 / HUSO 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011) : respectivement 1,7/1,0/1,2 cs/éol en 2011.
SM : hebdomadaire autour des 19 éol., RAC 50 m ; TED ; SA comme ci-dessus (n=20).	SA : 2 Eser/Eisa, 1 Nlei/Eser/Eisa, 1 Plaur/Plaus, 7 Pkuh, 9 Ppip, 4 Ppip / Ppyg, 1 Ppyg, 5 Tten. Gîtes: pas de suivi SM : 2 Hsav, 3 Pkuh, 2 Ppip, 1 Ppip/Ppyg, 1 Nlei. EM : (JAIN <i>et al.</i> 2007 / HUSO 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011) : 0,6/0,3/1,6 cs/éol en 2011.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Bio3 (2012e) , Carreço-Outeiro, Portugal	avril - octobre 2011	Alt. moyenne 430 m. Arbustes, affleurements rocheux	6 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2012f) , Terra Fria, Portugal	mars - octobre 2011	Contim : Alt. moyenne 1 150 m ; arbustes, herbages, affleurements rocheux, forêt. Facho-Colmeia : Alt. moyenne 1200 m ; arbustes, herbages, forêt; Montalegre : Alt. moyenne 1100 m ; arbustes, herbages, forêt, affleurements rocheux.	5 éol. (de 2,0 MW) - Contim ; 18 éol. (de 2,0 MW) - Facho-Colmeia ; 25 éol. (de 2,0 MW) - Montalegre
Bio3 (2012g) , Cabeço Rainha 2, Portugal	mars - octobre 2010	Alt. moyenne 1100 m. Arbustes ; forêt de pins	15 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2013a) , Bornes, Portugal	avril - octobre 2011	Alt. moyenne 1100 m ; arbustes, affleurements rocheux ; forêt de feuillus	24 WT (de 2,5 MW)
Bio3 (2013b) , Mosqueiros II, Portugal	juillet 2011 - juin 2012	Alt. moyenne 1080m ; arbustes, affleurements rocheux, chânaie.	10 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2013c) , Lousã II, Portugal	avril - octobre 2012	Alt. moyenne 950m ; arbustes, herbages, plantations de résineux ; forêt de feuillus.	20 éol. (de 2,5 MW)
Bio3 (2013d) , Meroicinha II, Portugal	mars 2012 - janvier 2013	Alt. moyenne 1280 m. Arbustes ; herbages ; affleurements rocheux	6 éol.
Bio3 (2013e) , Nave, Portugal	janvier - décembre 2012	Alt. moyenne : 1000 m. Arbustes ; affleurements rocheux	19 éol. (de 2,0 MW)
Bio3 (2013f) , Chão Falcão III, Portugal	avril - novembre 2012 ; janvier 2013	Alt. moyenne 450m ; arbustes, plantation d'eucalyptus	9 éol. (de 2,3 MW)
Bio3 (2013g) , Chão Falcão II, Portugal	février - octobre 2012	Alt. moyenne 410m ; arbustes, affleurements rocheux.	11 éol. (de 2,3 MW)

Méthodes	Résultats
SM : hebdomadaire autour des 6 éol. en mai, juin, septembre et octobre. RAC 50 m ; TED ; SA comme ci-dessus.	SA : 1 Mmyo/Mbly, 1 Mssp., 25 Ppip, 6 Ppip / Ppyg, 2 Ppyg, 1 Pssp. Gîtes : pas de suivi. SM 1 Ppip, 1 Pkuh. EM (JAIN <i>et al.</i> 2007 / HUSO 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011): 33,3/8,6/6,3 cs/éol en 2011.
SM : hebdomadaire autour de 37 éol. (Montalegre - 19 ; Facho-Colmeia - 13 ; Contim - 5). RAC 50 m ; TED. SA : mensuel, de mars à octobre relevé de 10 min à chaque point fixe). Activité enregistrée au sol avec un D240x, Pettersson Elektronik, relié à un enregistreur numérique. Séquences de chauves-souris analysées avec un logiciel d'analyse du signal.	SA : 6 Bbar, 5 Hsav, 1 Mmyo/Mbly, 3 de petite taille Mssp., 1 Mssp., 26 Eser/Eisa, 2 Nlei/Eser/Eisa, 12 Nlei, 2 Nssp., 1 Ppip, 59 Ppip, 7 Pssp., 1 Plssp., 2 Tten. Gîtes : 90 Pssp., 15 Mssp. de petite taille. SM : Montalegre - 3 Nlei, 1 Ppip ; Facho-Colmeia - 2 Ppip ; Contim - pas trouvé de cadavre. EM : (JAIN <i>et al.</i> 2007 / HUSO 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011): Montalegre - 2/2,8/1,4 cs/éol en 2011 ; Facho-Colmeia - 1,6/2,3/1,2 cs/éol en 2011.
SM : contrôles hebdomadaires autour des 15 éol., RAC 50m, TED.	2 cadavres (n/i) : 1 en août et 1 en septembre ; EM : 0,21 cs/éol/8 mois.
SM : hebdomadaire autour des 24 éol., RAC 50 m, TED. SA : mensuel d'avril à octobre (relevé de 10 min à chaque point fixe n=32). Activité enregistrée au sol avec un D240x Pettersson Elektronik connecté à un enregistreur numérique. Séquences de chauves-souris traitées avec un logiciel d'analyse du signal.	SA : 11 Bbar, 8 Eser/Eisa, 7 Hsav, 9 Mmyo/Mbly, 2 Mssp. de petite taille, 1 Mssp., 2 Nlei, 1 Nssp., 110 Pkuh, 41 Pkuh/Ppip, 394 Ppip/Ppyg, 62 Ppip/Ppyg/Msch, 10 Ppyg/Msch, 77 Pssp., 4 Plssp., 17 Tten. Gîtes : 32 Rssp., 1 Rhip et plusieurs n/i. SM 1 Ppip, 1 Hsav. EM (JAIN <i>et al.</i> 2007 / HUSO 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011): 1,18/1,19/0,79 cs/éol en 2011.
SM : hebdomadaire autour des 10 éol., RAC 50 m, TED. SA : voir ci-dessus.	SA : 2 Mmyo/Mbly, 1 Mesc, 1 Mdau, 27 Ppip, 1 Ppyg, 1 Ppip, 9 Pssp., 1 Nlei, 1 Nlei/Eser/Eisa, 1 Nssp., 4 Eser/Eisa, 2 Plaur/Plaus, 5 Tten. Gîtes : 11 Rfer, 17 Rfer/Reur/Rmeh, 4 Rhip. SM : 1 Tten, EM (Huso 2010): 0,34 cs/éol en 2011.
SM : hebdomadaire autour des 20 éol. (septembre-octobre 2009, avril-octobre 2010), RAC 50 m. SA : voir ci-dessus (n=16). Suivi des gîtes : 1 gîte découvert, esp. et groupes identifiés.	SA : 8 Bbar, 9 Eser/Eisa, 24 Eser/Eisa/Nlei, 1 Mmyo/Mbly, 1 Nlas/Nnoc, 6 Pkuh/Ppip, 26 Ppip/Ppyg, 72 Ppip/Ppyg/Msch, 12 Ppyg/Msch, 25 Pkuh, 32 Ppip, 4 Pssp., 2 Plaus/Plaur, 4 Tten. Gîtes : 1 Eser/Eisa/Nlei, 2 Rhip et 1 Ppip/Ppyg/Msch. SM : pas trouvé de cadavre.
SM : hebdomadaire autour des 6 éol. (mars-octobre 2012) et mensuel en mars, octobre et novembre 2012; RAC 50 m. SA : comme ci-dessus (n=12). Gîtes suivis: 28 découverts, esp. et groupes identifiés en avril-juillet et décembre.	SA : 1 Bbar, 1 Eser/Eisa, 8 Eser/Eisa/Nlei, 1 Mmyo/Mbly, 1 Nssp., 1 Ppyg/Msch, 23 Tten. Gîtes : Mmyst (~18); Mdau (~30); Tten (~70); Mssp. de petite taille (~51); Mdau/Mmys (~4); Mssp. (~6); Rfer (~4); Pssp. (au moins 31). SM : pas trouvé de cadavre.
SM : contrôles hebdomadaires autour des 19 éol. RAC 50 m ; TED. SA : comme ci-dessus, sur 20 points fixes.	SA : 7 Bbar, 16 Eser/Eisa, 2 Eser/Eisa/Hsav, 2 Nlei/Eser/Eisa, 2 Hsav, 4 Mssp. de petite taille, 2 Mmyo/Mbly, 8 Pkuh, 3 Pkuh/Ppip, 68 Ppip, 18 Ppip/Ppyg, 10 Ppip/Ppyg/Msch, 7 Plaur/Plaus, 5 Tten. Gîtes : pas de suivi. SM : 1 Nlei, EM (Huso 2010 / KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011) : 01/0,1 cs/éol en 2012.
SM : hebdomadaire autour des 9 éoliennes, par maître-chien avec chien, RAC 50 m, TED. SA comme ci-dessus, sur 28 points fixes. Contrôle des gîtes : 11 gîtes ont été contrôlés par observation directe (si possible) ou par analyse des cris ultrasonores des chauves-souris sortant des gîtes.	SA : 18 Nlei/Eser/Eisa, 1 Nlas/Nnoc, 1 Pkuh/Ppip, 13 Ppip/Ppygm, 6 Ppip/Ppyg/Msch, 1 Pkuh, 1 Paus/Paur. Gîtes : 6 Rhip, Rfer (plusieurs individus), 2 Rsp, 1 Mmyo/Mbly, 162 Mmyo, 18 Rmeh/Reur, 823 Msch, plusieurs individus et groupes de Rhip, Rfer, Rmeh/Rhip, Ppyg/Msch, Nlei/Eser/Eisa, Nlas/Nnoc. SM : 2 Nlei, EM (Huso 2010/KORNER-NIEVERGELT <i>et al.</i> 2011): 0,5/0,6 cs/éol en 2012.
SM : recherches hebdomadaires autour des 11 éol., RAC 50 m, TED. SA : comme ci-dessus, 34 points échantillonnés. Gîtes : 10 gîtes de chauves-souris découverts avec esp./groupes identifiés en juin, juillet, septembre et octobre.	SA : 2 Eser/Eisa, 2 de petite taille Mssp., 73 Nlei/Eser/Eisa, 4 Nssp., 8 Pkuh/Ppip, 76 Ppip/Ppyg, 14 Ppip/Ppyg/Msch, 2 Ppyg/Msch, 1 Ppip, 14 Pssp., 2 Plaus/Plaur, 14 Tten. Gîtes : 8 Rhip, > 10 individus n/i, plusieurs individus et groupes de Rhip, Rfer, Rmeh/Rhip, Ppyg/Msch, Nlei/Eser/Eisa, Nlas/Nnoc. SM : pas trouvé de cadavre

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Bio3 (2013h) , Bornes, Portugal	avril - octobre 2012	Alt. moyenne 1100m ; arbustes, affleurements rocheux, forêt caducifoliée	24 éol. (de 2,5 MW)
BLG (2009) , Nord-schwarzwald, Allemagne		Forêt de montagne (à haute altitude)	14 éol. : 12 Vestas V90, 2 Vestas V80 (mât 114 m, rotor ø 90 m ; 80 m)
Brinkmann & Bontadina (2006) : Ettenheim Mahlberg, Hochschwarzwald, Holzschlägermatte, and Rohrhardsberg, Freiburg, Allemagne	03 août - 28 octobre 2004; 02 avril - 16 octobre 2005	Certaines éoliennes en forêt, d'autres ans les pâturages (alt. 470-1000 m)	2004 : 16 éol. (+16 occasionnellement. 2005 : les 8 éol. avec le taux de mortalité le plus élevé en 2014.
Brinkmann et al. (2011) , Allemagne	juillet - septembre 2007 et 2008	5 types d'habitat différents	72 éol. en 36 parcs éoliens
Cabral et al. (2008a) , Outeiro, Portugal	printemps 2008	Crête NE-SW, altitude 1186-1311 m ; entièrement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité; buissons bas.	15 éol.
Cabral et al. (2008b) , Outeiro, Portugal	été 2008	Comme ci-dessus.	15 éol.
Cabral et al. (2008c) , Outeiro, Portugal	automne 2008	Comme ci-dessus.	15 éol.
Cabral et al. (2008d) , Outeiro, Portugal	printemps 2008	Comme ci-dessus.	15 éol.
Cabral et al. (2009) , Outeiro, Portugal	toutes saisons 2008	Comme ci-dessus.	15 éol.
Camina (2012) , La Rioja, Soria and Aragón, Espagne	2000 - 2010	Vallée de l'Ebre. Plaines (< 700m d'alt.) ; vignobles, cultures, arboriculture et plantations de peupliers. Système ibérique ; chaîne montagneuse (jusqu'à 2262m) : forêt, pâturages, fourrés, cultures et plantations de résineux.	56 éol.

Méthodes	Résultats
SM : comme ci-dessus autour des 24 éol. SA : comme ci-dessus, 32 points échantillonnés Gites : suivi des gîtes découverts les années précédentes.	SA : Bbar (27) ; Eser/Eisa (5) ; Hsav (4) ; M. emar/Mbec (1), Mesc (2), Mmyo/Mbly (4) ; 1 Mspp., Nlei/Eser/Eisa (2) ; Pkuh (53) ; Ppip (286) ; 2 Ppyg, Pspp. (165) ; Plaus/Plaur (7) ; Rfer (2) ; Rmeh/Rhip (1) ; Tten (8). Gîtes : Rhip (2) ; 83 contacts de Rfer, Reur, Reur/Rmeh, Mmyo, Rhip ; Rspec (1) ; 3 ou 4 individus de Ppip/Ppyg, Rmeh/Rhip, Rfer, Rhip, Reur/Rmeh, 1 Ppip, Hsav (1). SM : pas trouvé de cadavre
SM : RAC 50 m ; TED tous les 2 mois. SA avec le système en temps réel Laar Avisoft (vendu comme Laar Bridge-box.	18 cadavres : 11 Ppip, 4 Pnat, 2 Ppyg, 1 Vmur.
SM : tous les 5 jours (30-50 min par éol.), RAC 50 m (sauf dans les zones à végétation dense), TED.	Davantage de cadavres sous les éol. en forêt que sous celles dans les pâturages. 50 cadavres trouvés pendant l'étude (39 Ppip, 8 Nlei, 2 Vmur, 1 Eser).
SM pour 30 éol. SA à hauteur de rotor avec AnaBat-SD1, Batorder et caméra à images thermiques. Prédiction de l'activité des chauves-souris (selon la vitesse du vent, l'heure et le mois).	100 cadavres (Pnat, Nnoc, Ppip, Nlei) trouvés pendant la période d'étude, en moyenne 9.5 cs/éol (min 0 - max 57,5). EM 12 cs/éol/an. L'activité acoustique enregistrée pour le SA correspond la plupart du temps à l'activité observée par caméra thermique.
Efficacité, disparition et surface réellement contrôlée. SM : SAR 60 Contrôle de toutes les éoliennes, 7 par semaine.	EM 1,86/éol/an.
Comme ci-dessus.	EM 0,32 cs/éol/an.
Comme ci-dessus.	EM 2,28 cs/éol/an.
Efficacité, disparition et surface réellement contrôlée.	EM 1,86 cs/éol/an.
SM: RAC 60 m. Contrôles hebdomadaires de 7 éol. parmi les 15	Mortalité totale estimée = 67,1 cs mortes entre mars et octobre 2008.
Les cadavres signalés pendant les suivis post-construction de 56 éol. ont fait l'objet d'une vérification. Protocoles avec de nombreuses lacunes empêchant toute comparaison avec d'autres études au niveau national ou international. Seuls 5 rapports (9%) prenaient en compte les biais d'efficacité du contrôleur ou de disparition des cadavres. Données fournies par les autorités des provinces concernées: La Rioja (suivi 2002-2008, 10 éol.) ; Castilla y León pour la province de Soria (suivi 2000-2008, 14 éol.) ; Aragon pour provinces de Saragosse, Huesca et Teruel (plusieurs rapports pour 2000-2007, 32 PE. Tous ces rapports inédits sont disponibles auprès de l'auteur).	147 cadavres. 68 Ppip (59%), 16 Pkuh (14%), 21 Hsav (18%), 1 Bbar, 5 Nlas, 1 Nlei et 4 Tten (< 5% chacune). Dans les sites aragonais, pour la plupart à basse altitude, mortalité entre mars et décembre, culminant de juillet à octobre (76%). Dans les provinces de La Rioja et de Soria, où les PE sont en général situés plus en altitude, la mortalité intervient entre mai et octobre, sans pic marqué en fin d'été. Pas de mention du sexe ni de l'âge dans aucun des rapports.



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Chatton (2011) , St Genou (Indre), France	3 mois 2010	Champs de céréales	6 éol. Vestas V80
Comme ci-dessus	6 mois 2011	Champs de céréales	6 éol. Vestas V80
Conduché et al. (2012) , Charly s/Marne (02), France	12 contrôles 04 août - 20 octobre 2011	Cultures. Petits boisements à chaque extrémité de la ligne d'éoliennes.	11 éol.
Cornut & Vincent (2011) , Le Pouzin, Ardèche, France	05 mai - 20 octobre 2010	Rivière, herbages, arbustes/boisement, zone industrielle	2 éol. x 2300 kW mât 85 m ; rotor ø 90m
Cornut & Vincent (2011) , La Répara-Auriples, Drôme, France	05 mai - 20 octobre 2010	Forêt mixte, agriculture	2 éol. x 2300 kW mât 60 m ; rotor ø 71m
CSD Ingénieurs Conseils (2013) , Sud Belgique	avril - octobre 2013	Terres arables	5 éol. Vestas V90
Ecosistema (2007) , Lameira, Portugal	2006 - 2007	Crête S-N, altitude moyenne 1332m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; zones arbustives.	8 éol.
Ferri et al. (2011) , Fucino Valley et le Parc naturel régional de Sirente-Velino, Abruzzes, Italie	15 mars - 31 octobre 2009	Garrigue et parcelles de pâturage héli-cryptophytique caractérisé par <i>Brachypodium rupestre</i> . Cerchio-Collarmeale : le long des versants sud du massif de Sirentef, alt. 900-1150 m. Cocullo : le long d'une crête de montagne, alt. 1200-1600 m.	46 éol. en 2 parcs. Cerchio-Collarmeale : 21 éol., Vestas V80, mât : 78m, rotor ø 80m et Cocullo : 25 éol., Gamesa 850 kW)
Frey et al. (2013) , Timmeler Kampen près de Bagband, Allemagne	29 mars - 01 octobre 2012	Zone agricole avec quelques rares haies arborées.	18 éol., 3 ENERCON E82, mât 108m, rotor ø 82m et 15 E66, mât 98m.
Georgiakakis et al. (2012) , Ouest Macédoine et Thrace, Grèce	août 2009 - juillet 2010 (248 jours)	Habitats principaux : forêts (hêtres, chênes et plantations de pins), végétation sclérophylle et prairies alpines. Autres habitats : champs cultivés, pâtures et pentes rocheuses.	88 éol. en 9 parcs (mâts 44-60m, rotor ø 52-90m).

Méthodes	Résultats
SM : une fois par semaine.	5 Ppip
SM : deux fois par semaine.	5 Ppip ; EM pour 2011 : 45 cs/6éol/6 mois (mais pas de correction pour la prédation ni pour la surface contrôlée).
SM : RAC 50 m, 5 m entre les transects, TED. SA en fonction de la vitesse du vent, de la température et de l'heure après le coucher du soleil.	8 cadavres : 5 Ppip, 3 Nlei . EM pour 3 mois (WINKELMANN) : 26, 16 Nlei et 30, 41 Ppip.
SM : 05/05-20/06 et 21/06-10/08 : deux fois par semaine, tous les deux jours, 11/08-16/09 tous les 4 jours, 17/09-20/10 tous les 4 jours, sauf en octobre : une fois tous les 15 jours. RAC 56 m ; TED + correction de surface.	6 cadavres (1 Hsav, 1 Pspp., 2 n/i, 1 Pkuh, 1 Nnoc). EM : cs/éol/an : 6.79 (WINKELMANN 1989) ; 54,93 (Erickson 2000) ; 75,99 (JONES 2009) ; 44,17 (Huso 2010).
SM : 05/05-20/06 et 21/06-10/08 : 2 fois par semaine tous les deux jours, 11/08-20/10 tous les deux jours. RAC 56 m ; TED + correction surfacique.	42 cadavres (9 Ppip, 8 Pkuh, 7 Pspp., 6 Hsav, 5 Nlei, 1 Nnoc, 2 Pnat, 1 Ppyg, 1 Msch, 1 Eser, 1 n/i). EM cs/éol/an : 130.49 (Winkelmann 1989) ; 59.68 (Erickson 2000) ; 86.94 (Jones 2009) ; 79.17 (Huso 2010).
SM : RAC 50 m, tests d'efficacité du contrôleur et de calcul de la prédation. Caméra infrarouge pour enregistrer l'activité des chauves-souris. SA : enregistrements automatiques des ultrasons.	10 cadavres trouvés sous 5 éoliennes. EM 8 cs/éol/an, en tenant compte de la prédation et de l'efficacité du contrôleur.
SM : Efficacité, prédation et surface contrôlée.	EM 0,63 cs/éol/an.
SM : tous les 3 jours. Aire contrôlée : carrés permanents de 120 m de côté, centrés sur l'éolienne (30-60 min par éol.)	7 cadavres découverts (6 Hsav, 1 Ppip).
SM : 26 jours de contrôle, tous les 3 jours matin 20 min par éol.) sous 18 éol., RAC 50m (sauf dans les zones de végétation dense), TED. SA : 217 nuits sur 3 éol. avec 2 AnaBat-SD1 par éol. (4 m du sol et hauteur du rotor).	1 cadavre (Pnat). EM : probablement 0.2 cs/éol/ période d'étude. SA : Nnoc, Eser, Ppip, Pnat, Ppyg, Mspp.
SM : 5-6 jours par semaine autour de toutes les éoliennes sauf du 24 décembre 2009 au 11 mars 2010 : 20 jours seulement. RAC 50 m, 2 contrôleurs. La plateforme de l'éol. était contrôlée en voiture se déplaçant en cercles. Pour le reste de la zone, contrôle à pied. Chaque éolienne contrôlée alternativement le matin et de midi à l'après-midi. Quand une cs était repérée, les contrôleurs notaient le code de l'éol., sa distance à la base du mât de l'éol. la plus proche (n = 108 cadavres), la position exacte de la carcasse par GPS et la date.	SM: 181 cs mortes et 2 blessées. 56 Nlei (31%), 53 Ppip/Ppyg (29%), 35 Pnat (19%), 23 Hsav (13%), 10 Nnoc (5%), 1 Eser, 1 Nlas, 1 Vmur. La plupart des cs tuées étaient des mâles (123 ou 67%); la plupart des victimes étaient adultes (167 ou 91%). la majorité des cadavres trouvés de mai à septembre. Nombre moyen de victimes : 2,08 cs/eol/an.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Gottfried <i>et al.</i> (2011) , littoral de Szczecin, littoral de Gdańsk, région des lacs de Chełmsk-Dobrzyń, Sud de la plaine de Wielkopolska, piémont des Sudètes, Pologne	2007 - 2011	Terres agricoles et prairies dans 5 régions	mâts 80m (un mât, région des lacs de Chełmsk-Dobrzyń 45m)
Gottfried & Gottfried (2012) , piémont des Sudètes, S-O Pologne	mai - octobre 2012	Terres agricoles	6 éol.: REpower MM92, 2 MW (mât 80m, rotor ø 92.5m)
Hortêncio <i>et al.</i> (2007) , Caramulo, Portugal	avril - octobre 2006	Arbustes, pins	13 éol. en avril-juin, 17 en juillet, 23 en août, 25 en septembre et octobre
Hortêncio <i>et al.</i> (2008) , Chão Falcão I, Portugal	mars - octobre 2007	Arbustes, eucalyptus	15 éol.
Hötker (2006)	60 publications (1989-2006)	Nombreux habitats différents	34 éol.; mât: 22m à 114m; rotor ø 14m à 80m
Korner-Nievergelt <i>et al.</i> (2011) , Allemagne		non applicable	non applicable
LEA (2009a) , Sobrado, Portugal	printemps 2009	Crête N-S, altitude 1240-1290m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; zones arbustives.	4 éol.
LEA (2009b) , Sobrado, Portugal	été 2009	Comme ci-dessus	4 éol.
LEA (2010a) , Sobrado, Portugal	automne 2009	Comme ci-dessus	4 éol.
LEA (com. pers.) , Sobrado, Portugal	toutes saisons 2009	Comme ci-dessus	4 éol.
LEA (2010b) , Negrelo et Guilhado, Portugal	été 2009	Crête N-S, altitude 1000-1100m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; garrigue, arbustes, bouleaux.	10 éol.
LEA (2010c) , Negrelo et Guilhado, Portugal	automne 2009	Comme ci-dessus	10 éol.
LEA (com. pers.) , Negrelo et Guilhado, Portugal	été & automne 2009	Comme ci-dessus	10 éol.
LEA (2010d) , Mafo-medes, Portugal	2009	Crête NE-SW, altitude 1075-1110 m ; totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; garrigue, arbustes, pins.	2 éol.

Méthodes	Résultats
Revue de toutes les données accessibles de 2007 à 2011	26 cadavres : 5 Nnoc, 12 Pnat, 1 Ppip, 1 Ppyg, 3 Eser, 3 Vmur, 1 Enil
SM : des 6 éol., 7 contrôles, un par mois, seulement sur la plate-forme technique, environ 1 350m².	27 cadavres : 11 Nnoc, 5 Nlei, 4 Pnat, 2 Ppip, 2 Psp., 2 Vmur, 1 n/i. La plupart des cadavres trouvés en août et septembre (93%)
SM : hebdomadaire, RAC 46 m, TED (printemps, été, automne).	47 cadavres : 5 Ppip, 13 Psp., 16 Nlei, 1 Nnoc, 12 n/i. ; EM 15,1 cs/éol/an (7 mois)
SM : hebdomadaire, RAC 46 m ; TED (printemps, été, automne).	3 cadavres (Ppip/Pkuh, Pkuh, Nlei) ; EM 1,3 cs/éol/an (8 mois)
«Méta-analyse» de 45 études dans 60 publications (Belgique, Allemagne, Danemark, France, Pays-Bas, Royaume-Uni, Autriche, Espagne, Etats-Unis, Australie)	EM calculée par éol. et par an : entre 0 et 103 cs (Freiamt Schillinger Berg 1, Allemagne). Médiane 6,4 ; moyenne 13,3 ; déviation standard 13,3.
Simulation sur un jeu de données allemandes	Formule pour déterminer, dans le suivi d'activité, la probabilité de la mort par éoliennes des oiseaux et des cs (basée sur le taux de persistance des cadavres, l'efficacité du contrôleur et la probabilité qu'un animal tué tombe dans la zone prospectée).
SM : contrôle hebdomadaire de toutes les éoliennes. RAC : 60 m ; TED.	Aucune découverte de cadavre.
Comme ci-dessus	Aucune découverte de cadavre.
Comme ci-dessus	Aucune découverte de cadavre.
Comme ci-dessus	Aucune découverte de cadavre.
Comme ci-dessus	EM 0,94 cs/éol.
Comme ci-dessus	EM 0,46 cs/éol.
Comme ci-dessus	EM 1,40 cs/éol/2 saisons.
SM : contrôle hebdomadaire de toutes les éoliennes pendant 15 jours RAC 60 m.	Aucune découverte de cadavre.



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
LEA (2010e) , Penedo Ruivo, Portugal	2009	Crête SW-NE, altitude 1120-1 220 m; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité; garrigue, arbustes, pins.	10 éol.
LEA (2010e) , Seixinhos, Portugal	2009	Crête NE-SW, altitude 1197-1 260m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; garrigue.	8 éol.
LEA (2011) , Sobrado, Portugal	mars - octobre 2011	Alt. moyenne 1 280m; arbustes	4 éol. (de 2,0 MW)
LEA (2012a) , Alto do Marco, Portugal	juillet 2011 - juin 2012	Alt. moyenne 1 250m ; arbustes	6 éol. (de 2,0 MW)
LEA (2012b) , Negrelo et Guilhado, Portugal	Mi-mars - mi-octobre	Alt. moyenne 1 100m ; arbustes	10 éol. (de 2,0 MW)
LEA (2012c) , Mafômedes. Portugal	mars - octobre 2011	Alt. moyenne 1 100m ; arbustes	2 éol. (de 2,0 MW)
LEA (2012d) , Penedo Ruivo et Seixinhos, Portugal	mars - octobre 2011	Alt. moyenne 1 270m ; arbustes	18 éol. (de 1,8 MW)
LEA (2013) , Alto do Marco, Portugal	juillet 2012 - juin 2013	Alt. moyenne 1250m; arbustes	6 éol. (de 2,0 MW)
Lelong (2012) , St Genou (Indre), France	6 mois 2012	Champs de céréales	6 x Vestas V80
Long et al. (2009) , R.-U.			Eoliennes domestiques
Lopes et al. (2008) , Pinal Interior (Proença I)	avril - octobre 2006	Arbustes, pins	18 éol.
Lopes et al. (2009) , Pinal Interior (Moradal), Portugal	juin - octobre 2007	Arbustes, pins	5 éol.

Méthodes	Résultats
comme ci-dessus.	Aucune découverte de cadavre.
comme ci-dessus.	Aucune découverte de cadavre.
SM : hebdomadaire de mars à octobre autour des 4 éol. SA : présence/absence de cs, identification des espèces détectées, mise en évidence d'un comportement de chasse et de cris sociaux. 10 min de relevé à chaque point fixe (N=12), avec détecteur D240x (Pettersson Elektronik). Le nombre de contacts de cs détectées lors de chaque écoute a été enregistré. Les espèces dont les émissions sont difficiles à différencier ont été associées en groupes de deux ou trois espèces.	SA : Rfer, Mesc, Ppip, Hsav, Nlei, Tten, Esp., Plspp. and Nspp./Esp. SM : aucune découverte de cadavre.
SM : contrôles mensuels des 6 éol. de novembre à février et hebdomadaires de mars à octobre. SA : comme ci-dessus, 12 points de relevés	SA : Rfer, Ppip, Ppyg, Pkuh, Hsav, Bbar, Tten, Esp., Psp. et Nlei /Esp. SM : 8 cadavres trouvés pendant le suivi (3 Ppip ; 2 Nlei ; 1 Tten ; 1 Hsav); EM : 6,35 cs/éol/an.
SM : contrôles hebdomadaires du 15 mars au 15 octobre pour les 10 éol. SA : comme ci-dessus, 14 points d'échantillonnage.	SA : Ppip, Pkuh, Hsav, Bbar, Tten, Mspp, Esp., Plspp. et Ppip/Ppyg. SM : 2 cadavres (1 Ppip; 1 Hsav); EM : 0,47 cs/éol/an.
SM : contrôles mensuels des 2 éol. de novembre à février et 2 fois par mois de mars à octobre. SA : comme ci-dessus, 3 points d'échantillonnage.	SA : Ppip, Tten, Esp., Plspp., Ppip/Ppyg, Esp./Nlei. SM : pas trouvé de cadavre
SM : contrôles des 18 éol., mensuels de novembre à février et bimensuels de mars à octobre. SA : comme ci-dessus, 22 points d'échantillonnage.	SA : Rhip, Mesc, Pkuh, Ppip, Hsav, Nlei, Bbar, Tten, Esp., Psp., Ppip/Ppyg, Ppip/Msch/Ppyg, Nspp./Esp., Nlas/Nnoc/Esp. SM : pas trouvé de cadavre
SM : contrôles mensuels des 6 éol., mensuels de novembre à février et bimensuels de mars à octobre. SA : comme ci-dessus, 12 points d'échantillonnage.	
SM : 2 fois par semaine	SM : 2 Ppip, 1 Eser, 1 Pnat. EM : 64 cs/6éol/6 mois en 2012; correction pour l'efficacité du contrôleur, la prédation et la surface contrôlée.
Etude en laboratoire avec des signaux de pipistrelles.	La propriété de dispersion des ultrasons d'une éol. en fonctionnement augmente avec la distance; à une distance >0,5m, les pales, même arrêtées, peuvent absolument ne pas être détectées par une cs.
SM : contrôles hebdomadaires, RAC 46 m, TED (printemps, été, automne).	5 cadavres: 3 Psp., 1 Hsav, 1 n/i. EM : 2,8 cs/an (période de 7 mois).
comme ci-dessus.	Aucun cadavre.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Mãe d'Água (2007) , Lameira, Portugal	2006 - 2007	Crête S-N, altitude moyenne 1332m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; formations arbustives.	8 éol.
Minderman <i>et al.</i> (2012) , Centre de l'Ecosse et Nord de l'Angleterre, R.-U.	mai - septembre 2010 (67 nuits)		Microturbines en Ecosse centrale (N = 7) et Nord de l'Angleterre (N = 13) : 5 bâtiments équipés, 15 éol. Isolées (mât 6-18m, rotor ø 1.5-13m). 18 modèles tripales et deux modèles bipales.
NOCTULA (2012a) , Safra-Coentral (Serra da Lousã), Portugal	février 2011 - février 2012	Forêt mixte de feuillus mélangés et de pins ; buissons hauts et forêt caducifoliée ; forêt de pins et buissons bas.	Ecotecnia: ECO74
NOCTULA (2012b) , Sobrado (Serra de Montemuro), Portugal	mars - juin 2012	Buissons, affleurements rocheux	Repower: MM82evo
NOCTULA (2013) , Testos II (Serra de Montemuro), Portugal	septembre 2011 - août 2012		ENERCON: E-82
Oikon Ltd. (2014) , Njivice, Split-Dalmatie, Croatie	mars - octobre 2013	Prairies sèches et arbustes	20 éol., mât 76.9m ; rotor ø 82m.
Park <i>et al.</i> (2013) , R.-U.			microturbines
ProcesI (2009) , Alto Minho, Portugal	avril - octobre 2008	Alt. moyenne 1200m ; arbustes ; plantations de pins ; herbages	75 éol. (de 2,0 MW)
ProcesI/Bio3 (2010) , Alto Minho I (sub-WFs Picos, Alto do Corisco et Santo António), Portugal	avril - octobre 2009	Altitude moyenne 1200m ; arbustes, forêt de pins, plantations, herbages.	75 éol. (de 2,0 MW)

Méthodes	Résultats
SM : contrôle des 8 éoliennes 2 jours consécutifs pendant 15 jours. RAC 50 m.	EM : 0,63 cs/éol/an.
SA : sur chaque site pendant 4 jours et nuits consécutifs (limité à 3 jours et nuits pour deux sites, et à 2 jours et nuits sur un site en raison de restrictions d'accès) ; pendant la saison collecte de données réitérée une fois sur 3 des 20 sites. Activité comparée entre les procédures expérimentales : aérogénérateurs en fonctionnement ou cassés. Enregistrements automatiques de l'activité des cs avec 2 détecteurs Anabat SD2 (Titely Scientific ; un à 0-5 m et l'autre à 20-25 m de l'éol.), toutes les nuits de la période d'observation, sur tous les sites (panne de détecteur sur 2 sites) ; entre 19 et 244 heures de relevé par site, pendant lesquelles les turbines furent freinées entre 6 et 102 heures. Les conditions météorologiques et les caractéristiques paysagères furent enregistrées.	8221 contacts de cs pour les 18 sites: 87.6% Pspp., 12.4% Mspp., Nnoc, Plaur. Activité des cs plus faible quand les éol. fonctionnaient et cet effet dépendait de la proximité de l'éol.
SM : hebdomadaire entre mars et juin 2012 pour toutes les éol., avec RAC 60 m. Données suivantes notées pour les cadavres: espèce, sexe, coord. GPS, distance de l'éol. la plus proche, présence de traumatisme, présence ou preuve de prédation, photographie numérique, conditions météo. SA : trois types d'information notés: (a) présence/absence de cs dans un secteur particulier, (b) identification des espèces détectées, (c) activité de chasse avérée (détection d'une série de signaux à récurrence élevée, très rapide en fin de séquence dans une tentative de capture de proie). Relevés de 10 min à chaque point échantillonné (détails dans AMORIM <i>et al.</i> 2012 ci-dessus. Suivi des gîtes: 83 en février, avril et juillet.	SA : Ppip/ Ppyg; Mmyo/Mbly; Pkuh; Ppip; Eser/Eisa; Nlei/ Eser/Eisa; Tten; Mspp. de petite taille; Nspp. Gîtes : 8 Rhip, 9 adultes et 3 jeunes Plaur/Plaus, 34 adultes et 6 jeunes de Reur, 1 Hsav, 1 Rfer. SM : pas trouvé de cadavre.
Voir ci-dessus (NOCTULA 2012a). SM entre mars et juin 2012.	SA: Ppip/ Ppyg (2 contacts) Pspp. (Ppip/Ppyg) SM: pas trouvé de cadavre.
Voir ci-dessus (NOCTULA 2012a). SM en septembre et octobre 2011 et entre mars et août 2012. Suivi des gîtes: 34 en février, avril et juillet	SA (contacts) 1 Bbar, 42 Ppip/ Ppyg, 1 Mmyo/Mbly, 15 Pkuh, 41 Ppip, 54 Nlei/Eser/Eisa, 32 Tten, 3 Mspp. de petite taille; 1 Rfer
SM : contrôles 2 fois/mois pendant 2-3 jours consécutifs. RAC : 70 m autour des éol. dans la zone de visibilité maximale (plateaux, routes et pentes) en raison de la mauvaise visibilité dans les hautes herbes et les buissons. SA : suivi mensuel de l'activité des cs au détecteur d'ultrasons.	148 cadavres : 35 Hsav , 50 Pkuh , 3 Pnat , 1 Tten , 7 Vmur , 15 n/i, 22 Pspp., 15 Pspp./Hsav.
examen des politiques.	Recommandations pour la recherche.
SM : contrôles mensuels sous 70% des éol., RAC 50 m, TED.	9 cadavres (2 Nlei, 5 Ppip, 2 Pspp.) : 7 en septembre, 2 en octobre ; EM 1,92 cs/éol/ 7 mois.
SM : contrôles mensuels sous 70% des éol. ; RAC 50 m, TED.	9 cadavres (3 Ppip, 1 Pkuh, 1 Ppyg, 1 Eser, 1 Nlas et 2 Pspp.) : 2 en juillet, 3 en août et 4 en septembre). EM : 2,89 cs/éol/7 mois (St.António) ; 1,45 cs/éol/7 mois (Alto do Corisco) et 1,89 cs/éol/7mois (Picos).



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Procesl (2012a) , Serra de Alvaiázere, Portugal	janvier - décembre 2011	Altitude moyenne 600 m ; formations arbustives.	7 éol. (de 2,0 MW)
Procesl (2012b) , Serra de Aire, Portugal	janvier - décembre 2011	Altitude moyenne : 300 m ; formations arbustives, oliveraies, aéroport	11 éol. (de 2,0 MW)
Procesl (2013a) , Sabugal, Portugal	janvier - décembre 2012	Altitude moyenne : 850 m ; formations arbustives, affleurements rocheux.	48 éol. (de 2,0 MW)
Procesl (2013b) , Serra de Alvaiázere, Portugal	janvier - décembre 2012	Altitude moyenne 600 m ; formations arbustives.	7 éol. (de 2,0 MW)
Procesl (2013c) , Lourinhã II, Portugal	août 2011 - juillet 2012	Altitude moyenne : 170 m ; plantation d'eucalyptus ; vigne ; agriculture	9 éol. (de 2,0 MW)
Profico Ambiente (2007a) , Outeiro, Portugal	printemps 2006	Crête NE-SW, altitude 1186-1311 m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; buissons.	15 éol.
Profico Ambiente (2007b) , Outeiro, Portugal	été 2006	Comme ci-dessus	15 éol.
Profico Ambiente (2007c) , Outeiro, Portugal	automne 2006	Comme ci-dessus	15 éol.
Profico Ambiente (2007d) , Outeiro, Portugal	toutes saisons 2006	Comme ci-dessus	15 éol.
Profico Ambiente/Bio3 (2009) , Guarda, Portugal	mai - mi-juin 2008 ; fin août - début octobre 2008	Altitude moyenne 990 m ; formations arbustives et herbages	4 éol.

Méthodes	Résultats
SM : contrôles mensuels sous 7 éol., RAC 50m, TED.	SA : 8 Rfer, 3 Rmeh/Rhip, 2 Mesc, 2 Mmyo/Mbly, 5 Mspp., 14 Ppip, 30 Pkuh, 5 Ppyg/Msch, 4 Pkuh/Ppip, 7 Ppip/Ppyg/Msch, 8 Nlei, 5 Nlas/Nnoc, 2 Nssp., 10 Nssp./Espp., 1 Eser/Eisa, 1 Bbar, 1 Pspp., 6 Tten. Gîtes : (15 en période d'hibernation) : 112 Rfer, 3 Rhip, 13 Rspec, 19 Mmyo/Mbly, 9 Mmyo, 2 Mbly, 1 Mdau, 2500 Msch. SM 12 cadavres (3 Nlei, 1 Tten, 1 Ppyg, 1 Pkuh, 1 Msch, 2 Pspp., 3 n/i) : 2 en avril, 3 en mai, 3 en août, 3 n/i en septembre et 1 en novembre. EM : non disponible.
SM : comme ci-dessus autour des 11 éol. SA : présence/absence des cs, identification des espèces détectées, relevés de 10 min à chaque point d'échantillonnage (n=15), avec détecteur D240x, Pettersson Elektronik. Enregistrement du nombre de passages de cs détectés lors de chaque écoute. Les espèces dont les vocalisations sont difficiles à différencier ont été classées en groupes de deux espèces ou plus. Suivi des gîtes : 5 gîtes découverts et inspectés.	SA : 1 Rfer, 1 Rhip, 1 Rmeh/Reur, 1 Mspp., 31 Ppip, 16 Pkuh, 1 Pkuh/Ppip, 9 Ppip/Ppyg/Msch, 6 Ppyg/Msch, 1 Pspp., 2 Nlei, 2 Nlas/Nnoc, 1 Nssp., 1 Nssp./Espp., 4 Eser/Eisa, 2 Pspp. Gîtes (5 en période d'hibernation) : 18 Rfer, 2 Rhip, 26 Rspec, 300 Mmyo, 3 Mbly, 100 Msch. SM : 3 cadavres (1 Nlei; 2 Pspp.) : 2 en avril, 1 en septembre. EM : 11,3 cs/éol/an.
SM : hebdomadaire (7 contrôles en juin et juillet 2012; 5 contrôles en septembre et octobre 2012) sous 80% des éol. en moyenne, TED. Valeurs de prédation basées sur la bibliographie. SA : comme ci-dessus (n=28). Suivi des gîtes : 2 gîtes découverts et inspectés.	SA : 1 Rfer, 1 Reur, 1 Mesc, 4 Mspp., 2 Ppip, 107 Pkuh, 14 Ppyg/Msch, 41 Pkuh/Ppip, 52 Ppip/Ppyg, 23 Pspp., 3 Hsav, 16 Nlei, 3 Nlas/Nnoc, 4 Nssp., 8 Espp., 7 Pspp., 4 Bbar, 21 Tten. Gîtes : (2 en août), 710 Rfer avec jeunes, 500 Reur/Rmeh avec jeunes; 1 Mema. SM : 6 cadavres - 3 Ppip, 1 Pspp., 2 Nlei, EM : 21,9/éol en 2012
SM : hebdomadaire pour les 7 éol., RAC 50 m; TED.	SA : 1 Mesc, 1 Mspp., 4 Ppip, 9 Pkuh, 2 Ppyg/Msch, 1 Pkuh/Ppip, 5 Ppip/Ppyg, 3 Ppyg, 1 Pspp., 3 Nlei, 1 Nlas/Nnoc, 2 Nssp., 4 Bbar, 4 Tten. Gîtes (8 en période d'hibernation) : 223 Rfer, 6 Rhip, 50 Rspec, 32 Mmyo/Mbly, 10 Mmyo, 1 Mdau, 2 Mspp., 1963 Msch, 1 n/i. SM : aucun cadavre, EM : 0.
SM : contrôles hebdomadaires (6 contrôles du 28 septembre au 3 novembre 2011; 8 contrôles du 23 mai au 13 juillet 2012 autour des 9 éol., RAC 50m, TED. Valeurs de la prédation basées sur la bibliographie.	SA : 3 Mmyo/Mbly, 2 Mspp., 24 Ppip, 2 Ppyg/Msch, 28 Ppip/Ppyg/Msch, 1 Nssp., 1 Nssp./Espp., 1 Eser/Eisa. Gîtes : (5 confirmés) : 15 Rfer, 1 Mmyo/Mbly, 120 Msch. SM : 6 cadavres (1 Msch ; 2 Pspp. ; 3 n/i) : 1 en mai, 1 en juin, 1 en septembre et 3 en octobre. EM : 10,91 cs/éol/an (2011/2012).
SM : contrôle hebdomadaire des 15 éol. pendant 15 jours. RAC 60 m; TED.	EM 2,52 cs/éol.
Comme ci-dessus	EM 1,86 cs/éol.
Comme ci-dessus	1,60 cs/éol.
Comme ci-dessus	EM 5,98 cs/éol/an.
SM : hebdomadaire, RAC 50 m, TED.	1 cadavre (Nlei), EM : 0,67 cs/éol/12 semaines.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Profico Ambiente/Bio3 (2010) , Guarda, Portugal	mai - mi-juin 2009; septembre - mi-octobre 2009	Comme ci-dessus	4 éol.
Rapport confidentiel (2010) , Loire Atlantique 1, France	4 mois	Champs avec haies	5 éol.
Rapport confidentiel (2010) , Loire Atlantique 2, France	4 mois	Comme ci-dessus	3 éol.
Rapport confidentiel (2011) , Loire Atlantique 1, France	7 mois	Comme ci-dessus	5 éol.
Rapport confidentiel (2011) , Loire Atlantique 2, France	7 mois	Comme ci-dessus	3 éol.
Rapport confidentiel (2011) , Morbihan 1, France		Très près des boisements ou dans des champs reliés aux boisements par des haies.	6 éol.
Rapport confidentiel (2012) , Morbihan 1, France	8 semaines	Comme ci-dessus	6 éol.
Rochereau (2008) , Vienne, France	15 semaines	Altitude : 135-140 m, terres arables	4 x Ecotecnia 80-1.6
Rochereau (2009) , Vienne, France	33 semaines	Comme ci-dessus	4 x Ecotecnia 80-1.6
Rochereau (2010) , Vienne, France	33 semaines	Comme ci-dessus	4 x Ecotecnia 80-1.6
Santos <i>et al.</i> (2013) , Portugal	2003 - 2011		
Seiche <i>et al.</i> (2008) , Saxe, Allemagne	15 mai - 30 septembre 2006	Certains parcs éoliens en milieu agricole au niveau de la mer, d'autres sur des collines (alt. max. 800 m).	145 éol. dans 26 parcs
Silva <i>et al.</i> (2007) , Chão Falcão I, Portugal	mars - octobre 2006	Arbustes, eucalyptus	15 éol.

Méthodes	Résultats
Comme ci-dessus	Pas trouvé de cadavre.
SM: contrôles hebdomadaires.	48 cadavres, surtout Pspp., EM 51,1 cs/éol/an (WINKELMAN).
Comme ci-dessus	28 cadavres, Pspp., EM 54,1 cs/éol/an (WINKELMAN).
Comme ci-dessus	15 cadavres, Pspp., EM 8,3 cs/éol/an (WINKELMAN).
Comme ci-dessus	25 cadavres, principalement Pspp., EM 23,9 cs/éol/an (WINKELMAN).
Comme ci-dessus	13 cadavres, principalement Pspp., EM 9,87 cs/éol/an (WINKELMAN).
Comme ci-dessus	Pas trouvé de cadavre.
Comme ci-dessus	1 cadavre, EM 0,65 cs/éol/an (LPO d'après WINKELMAN).
Comme ci-dessus	4 cadavres, EM : 3,12 cs/éol/an (LPO d'après WINKELMAN).
Comme ci-dessus	1 cadavre, EM : 0,22 cs/éol/an (LPO d'après WINKELMAN).
Cette étude combine la modélisation de la distribution des espèces avec les données de mortalité et les conditions écologiques près des éol. au Portugal. Des modèles prédictifs ont été créés pour déterminer des zones de mortalité probable et les facteurs environnementaux qui y contribuent. Les données de mortalité de quatre espèces de chauves-souris: Hsav, Nlei, Pkuh et Ppip ont été utilisées. Ce sont celles qui ont subi la plus forte mortalité par éoliennes au Portugal avec 290 victimes sur les 466 enregistrées de 2003 à 2011.	Performances robustes des modèles de risque de mortalité. Des éol. situées dans des zones humides avec des températures douces, à moins de 5 km des zones boisées et dans un rayon de 600m de versants escarpés ont montré de fortes probabilités de mortalité de cs. Des zones présentant un risque fort de mortalité chevauchaient largement l'aire potentielle de distribution de Nlei au Portugal, suggérant que les populations de cette espèce pouvaient être en danger en raison de la mortalité par éoliennes. En outre, une grande partie du secteur qui serait un point chaud pour la mortalité (c.-à-d. des zones qui présenteraient un risque de mortalité élevé pour 4 espèces) débordent sur des sites très favorables pour l'implantation d'éoliennes.
SM : deux fois par semaine (matin, 30 min par éol.) Aire contrôlée autour de l'éol. : égale au diamètre du rotor + 25% (sauf pour les zones à végétation dense), TED. SA : acoustique et avec lunette de vision nocturne pour 11 éol. (Pettersson D240x and Laar TDM 07C).	114 cadavres trouvés (59 Nnoc, 24 Pnat, 15 Ppip, 4 Vmur, 4 Eser, 3 Ppyg, 1Mmyo, 1Enil, 1 Nlei, 2 n/i ; 63 % de juvéniles et 34% d'adultes). Davantage d'espèces contactées lors du SA.
SM : mensuel, RAC 46 m, TED (printemps, été, automne).	Pas trouvé de cadavre



Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Silva <i>et al.</i> (2008) , Caramulo, Portugal	mars - octobre 2007	Arbustes, pins	45 éol.
Strix (2006a) , Alagoa de Cima, Portugal	février 2006	Bois de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2006b) , Portal da Freita, Portugal	hiver 2006	Altitude 1344 m - Arbustes (<i>Erica sp.</i> et <i>Chamaespartium tridentatum</i>) et herbages.	2 éol.
Strix (2006c) , Portal da Freita, Portugal	printemps 2006	Comme ci-dessus	2 éol.
Strix (2006d) , Portal da Freita, Portugal	été 2006	Comme ci-dessus	2 éol.
Strix (2006e) , Portal da Freita, Portugal	automne 2006	Comme ci-dessus	2 éol.
Strix (2007a) , Penedo Ruivo, Portugal	2006	Crête SW-NE, altitude 1120-1220 m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; buissons, formations arbustives et bosquet de pins.	10 éol.
Strix (2007a) , Seixinhos, Portugal	2006	Crête NE-SW, altitude 1197-1260 m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; buissons.	8 éol.
Strix (2007b) , Penedo Ruivo, Portugal	2007	Comme ci-dessus pour Penedo Ruivo	10 éol.
Strix (2007b) , Seixinhos, Portugal	2007	Comme ci-dessus pour Seixinhos	8 éol.
Strix (2007c) , Videira, Portugal	mars - octobre 2006	Altitude 507-522 m ; formations arbustives et herbages.	3 éol.
Strix (2007d) , Alagoa de Cima, Portugal	printemps 2006	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2007e) , Alagoa de Cima, Portugal	été 2006	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2007f) , Alagoa de Cima, Portugal	automne 2006	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2007g) , Alagoa de Cima, Portugal	hiver 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2007h) , Seixinhos Portugal	2006	Comme ci-dessus pour Seixinhos	8 éol.
Strix (2008a) Videira, Portugal	mars - octobre 2007	Altitude 507-522 m ; formations arbustives et herbages.	3 éol.
Strix (2008b) , Alagoa de Cima, Portugal	printemps 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.

Méthodes	Résultats
comme ci-dessus.	79 cadavres, 2 cs vivantes : 37 Ppip, 3 Ppip/Ppyg, 3 Pip sp., 1 Ppip/Pkuh, 5 Ppyg, 9 Pkuh, 4 Hsav, 11 Nlei, 1 Nlas, 1 Eser, 6 n/i ; EM 13,3 cs /éol/an (8 mois).
SM : contrôles mensuels, RAC 50 m, TED.	Pas trouvé de cadavre
SM : contrôles hebdomadaires, RAC 50 m, TED.	Pas trouvé de cadavre
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre
comme ci-dessus.	1 cadavre (Nsp.). EM 0,5 / éol./3 mois
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre
SM : recherche de cadavres, TED.	Pas trouvé de cadavre
SM : recherche de cadavres, TED.	EM 0,5 cs/éol/an (mortalité en été).
SM : RAC 60 m, contrôle hebdomadaire de toutes les éoliennes pendant 15 jours	Pas trouvé de cadavre
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre
SM : contrôle mensuel, RAC 60 m, TED.	Pas trouvé de cadavre
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
SM : mensuel, RAC 50 m, TED.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
Efficacité, prédation et surface contrôlée.	EM 1,86 cs/éol/an.
SM : mensuel, RAC 60 m, TED.	Pas trouvé de cadavre.
SM : mensuel, RAC 60 m, TED.	Pas trouvé de cadavre.

Etude (auteur, année, lieu)	Période	Type d'habitat	Eoliennes
Strix (2008c) , Alagoa de Cima, Portugal	été 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2008d) , Alagoa de Cima, Portugal	automne 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2008e) , Alagoa de Cima, Portugal	hiver 2008	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2008f) , Caravelas, Portugal	hiver 2006	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2008g) , Caravelas, Portugal	printemps 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2008h) , Caravelas, Portugal	été 2007	Boisement de chênes et de pins	9 éol.
Strix (2009a) , Mafômedes, Portugal	2008	Crête NE-SW, altitude 1075-1110 m ; parc totalement intégré dans une zone importante pour la conservation de la biodiversité ; buissons, formations arbustives et boisement de pins.	2 éol.
Strix (2009a) , Penedo Ruivo, Portugal	2008	Comme ci-dessus pour Penedo Ruivo	10 éol.
Strix (2009a) , Seixinhos, Portugal	2008	Comme ci-dessus pour Seixinhos	8 éol.
Strix (2009b) , Videira, Portugal	mars - octobre 2008	Altitude 507-522 m ; formations arbustives et herbages.	3 éol.
Traxler et al. (2004) , Prellenkirchen (Pr), Obersdorf (Ob), Steinberg/Prinzendorf (St/Prinz), NÖ, Autriche	septembre 2003 - septembre 2004	St/Prinz : site Natura 2000 March-Thaya-Auen 12 km à l'est du PE. Zone agricole près d'une chênaie-charmaie (aussi en Natura 2000). Ob : zone agricole, en partie avec haies/brise-vent et des bois de pins. Pr : zone agricole de collines, avec le Danube et le Hundsheimer Berg au nord. Quelques vignes ; près d'un site Natura 2000.	St/Prinz : 9 éol., Vestas V80 ; 2000 kW ; mât 100m, rotor ø 80m. Ob : 5 éol., E-66 18.70, 1.800 kW, mât 98m, rotor ø 70m. Pr : 8 éol., E-66 18.70, 1800 kW, mât 98m, rotor ø 70m.
Trille et al. (2008) , Castelnau-Pegayrols, Aveyron, France	2008 (LPO12)	Pâturages, prairies de fauche, cultures, en bordure d'une forêt de résineux.	13 éol. x 2500 kW
Zagmajster et al. (2007) , Ravna (île de Pag, Sud du golfe de Kvarner) et Trtar Krtolin, Šibenik, Dalmatie centrale, Croatie	Ravne: 28 avril, 01 mai, 29 juillet 2007; Trtar Krtolin: 01 novembre 2006	Ravne : centre de l'île, altitude 200 m. Trtar Krtolin : sur un plateau, altitude 400 m.	Ravne : 7 éol., mât 49m, rotor ø 52m. Trtar Krtolin : 14 éol., mât 50m, rotor ø 48m.
Zieliński et al. (2011) , Gniezdżewo gm. Puck, Pologne	15 mars - 15 novembre 2011	Zone agricole, près d'une ville.	11 éol.

Méthodes	Résultats
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	1 cadavre (Ppip), EM 0,11 cs/éol/3 mois.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
SM : mensuel, RAC 60 m, TED.	Pas trouvé de cadavre.
SM : contrôle hebdomadaire de toutes les éoliennes pendant 15 jours, RAC 60 m.	Pas trouvé de cadavre.
comme ci-dessus.	Pas trouvé de cadavre.
SM: mensuel, RAC 60 m, TED.	Pas trouvé de cadavre.
SM : quotidien (matin) sous 5 éol. (1 éol. à Ob, 2 éol. à Pr, 2 éol. à St/Prinz). RAC 100m (végétation maintenue courte). Observation pendant 15 min d'oiseaux et de cs (en migration) dans un périmètre de 500 m de diamètre autour de l'éolienne. Transects linéaires (à pied et en voiture), TED.	St/Prinz : trouvé 4 cadavres (Pnat, Plaus, 2 Nnoc). Pas observé de cs en vol. Ob: Pas trouvé de cadavre. Peu d'observations de cs isolées (Nnoc) Pr: 3 Nnoc mortes (en dehors de la période d'observation) et trouvé 10 Nnoc mortes supplémentaires. Migration automnale de Nnoc observée sur plusieurs jours (3.14 cs/heure au-dessus du PE, 8,73 cs/heure dans la zone contrôlée). Pas noté de comportement d'évitement des éol. par les cs. Autre secteur - Deutsch Haslau : 1 Nnoc morte. Taux de collision calculé pour les 3 parcs : 5.33 cs/éol/an.
SM 2008 : 09/06-01/07 sans protocole, 03/07-19/10 avec TED.	SM 2008 : 73 cs (49 Ppip, 6 Pkuh, 13 Psp., 2 Eser, 1 Nlei, 2 n/i). Pas d'estimation de la mortalité réelle.
SM : contrôle le matin.	6 cadavres découverts (Ravne: 2 Hsav, 4 Pkuh. Trtar Krtolin : 1 Hsav).
SM : contrôles, aussi avec un chien de chasse dressé (végétation de grandes graminées sous la plupart des éol.), RAC 70m. TED pour le chien.	6 cadavres trouvés pendant le suivi (3 Pnat, 1 Enil, 1 Vmur, 1 n/i). 17 cadavres pendant la période 2007-2011 (8 Pnat, 2 Vmur, 1 Enil, 1 Ppip, 1 Ppyg, 3 n/i).



Liste des abréviations

cs = chauve-souris

DU = détecteur d'ultrasons

EM = estimation de la mortalité

Eol. = éolienne

n/i = espèce non identifiée

PE = parc éolien

RAC = rayon de l'aire de contrôle

SA = suivi de l'activité

SM = suivi de la mortalité

TED = tests d'efficacité du contrôleur et

de disparition des cadavres (= prédation)

Bbar = *Barbastella barbastellus*, Barbastelle d'Europe

Eisa = *Eptesicus isabellinus*, Sérotine isabelle

Enils = *Eptesicus nilssonii*, Sérotine de Nilsson

Eser = *Eptesicus serotinus*, Sérotine commune

Espp. = espèces du genre *Eptesicus*

Hsav = *Hypsugo savii*, Vespère de Savi

Mbech = *Myotis bechsteini*, Murin de Bechstein

Mbly = *Myotis blythii*, Petit murin

Mbra = *Myotis brandtii*, Murin de Brandt

Mdas = *Myotis dasycneme*, Murin des marais

Mdaub = *Myotis daubentonii*, Murin de Daubenton

Mema = *Myotis emarginatus*, Murin à oreilles échancrées

Mesc = *Myotis escaleraei*, Murin d'Escalera

Mmyo = *Myotis myotis*, Grand murin

Mmys = *Myotis mystacinus*, Murin à moustaches

Mmysbra = *Myotis mystacinus/brandtii*, Murin à

moustaches/M. de Brandt

Mnat = *Myotis nattereri*, Murin de Natterer

Msch = *Miniopterus schreibersii*, Minioptère de Schreibers

Mssp = espèces du genre *Myotis*

n/i = espèce non identifiée

Nlas = *Nyctalus lasiopterus*, Grande noctule

Nleis = *Nyctalus leisleri*, Noctule de Leisler

Nnoc = *Nyctalus noctula*, Noctule commune

Nspp = espèces du genre *Nyctalus*

Pkuh = *Pipistrellus kuhlii*, Pipistrelle de Kuhl

Plaur = *Plecotus auritus*, Oreillard roux

Plaus = *Plecotus austriacus*, Oreillard gris

Plspp = espèces du genre *Plecotus*

Pnat = *Pipistrellus nathusii*, Pipistrelle de Nathusius

Ppip = *Pipistrellus pipistrellus*, Pipistrelle commune

Ppyg = *Pipistrellus pygmaeus*, Pipistrelle pygmée

Pssp = espèces du genre *Pipistrellus*

Reur = *Rhinolophus euryale*, Rhinolophe euryale

Rfer = *Rhinolophus ferrumequinum*, Grand rhinolophe

Rhip = *Rhinolophus hipposideros*, Petit rhinolophe

Rmeh = *Rhinolophus mehelyi*, Rhinolophe de Mehely

Rssp. = espèces du genre *Rhinolophus*

Tten = *Tadarida teniotis*, Molosse de Cestoni

Vmur = *Vespertilio murinus*, Vespertilion bicolore ou

Sérotine bicolore

References

ALBOUY, S. (2010): Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères, exemples de parcs aéroliers (11).

ABIES, présentation au Séminaire National LPO Eolien et Biodiversité, Reims, 16 septembre 2010.

ALBRECHT, K. & C. GRÜNFELDER (2011): Fledermäuse für die Standortplanung von Windenergieanlagen erfassen; Erhebungen in kollisionsrelevanten Höhen mit einem Heliumballon. Standortplanung von Windenergieanlagen. NuL 43 (1): 5-14.

ALEPE (2012): Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères: Bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010), Communes de Chastel-Nouvel, Rieutort de Randon et Servières (Lozère 48). Expertise pour EDF Energies Nouvelles, 111 pages

ALLOUCHE, L. (2011): Parc éolien du Mas de Leuze, Saint-Martin-de-Crau (13), suivi de la mortalité des Chiroptères, 12 juillet-1er octobre 2011 dans le cadre des tests de régulation du fonctionnement des éoliennes réalisés par Biotope. AVES Environnement pour BIOTOPE, rapport inédit, 9 pages

ALVES, P., B. SILVA & S. BARREIRO (2006a): Parque Eólico de Chão Falcão I. Monitorização de Quirópteros: Relatório 2 (Ano 2005). Plecotus, Lda e Prosistemas, SA.

ALVES, P., B. SILVA & S. BARREIRO (2006b): Parques Eólicos na Serra dos Candeeiros. Monitorização de Quirópteros: Relatório 2 (Ano 2005). Plecotus, Lda e Prosistemas, SA

ALVES, P., P. GERALDES, C. FERRAZ, M. HORTÊNCIO & B. SILVA (2007a): Parques Eólicos da Serra da Freita (Freita I e Freita II). Monitorização de Quirópteros: Relatório 2 – Ano 2006. Plecotus, Lda

ALVES, P., P. GERALDES, C. FERRAZ, B. SILVA, M. HORTÊNCIO, F. AMORIM & S. BARREIRO (2007b): Parque Eólico de Arada/Montemuro. Monitorização de Quirópteros: Relatório 2 – Ano 2006. Plecotus, Lda e Prosistemas, SA.

ALVES, P., E. LOPES, BARREIRO, S. & B. SILVA (2009a): Sub-parques Eólicos de Mata-Álvaro, Furnas e Seladolino. Monitorização de Quirópteros. Relatório 3 – Ano 2007 (relatório final). Plecotus, Lda

ALVES, P., B. SILVA & S. BARREIRO (2009b): Parque Eólico da Gardunha: Monitorização de Quirópteros. Relatório 2 – Ano 2007. Plecotus, Lda

ALVES, P., E. LOPES, S. BARREIRO & B. SILVA (2010): Sub-parques Eólicos de Proença I e II. Monitorização de Quirópteros. Relatório 2 – Ano 2007. Plecotus, Lda

AMINOFF, S., N. HAGNER-WAHLSTEN, E.-M. KYHERÖINEN, A. LINDÉN, J. BRÖMMER, A. BRUTEMARK & M. FRED (2014): Methods for studying post-construction effects of wind power on bats in central Europe cannot be directly applied in southern Finland. Book of abstracts, XIIIth European Bat Research Symposium, 1-5 September 2014, Šibenik, Croatia: 25.

AMORIM, F. (2009): Morcegos e Parques Eólicos - Relação entre o uso do espaço e a mortalidade, avaliação de metodologias, e influência de factores ambientais e ecológicos sobre a mortalidade. Tese de Mestrado, Universidade de Évora.

AMORIM, F., H. REBELO & L. RODRIGUES (2012): Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. Acta Chiropterologica, 14(2): 439-457

ANDRÉ, Y. (2004): Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, 20 pages.

AVES ENVIRONNEMENT & GROUPE CHIROPTÈRES DE PROVENCE (2009): Parc éolien du Mas de Leuze (St Martin de Crau, 13) : Evaluation de la mortalité des Chiroptères : 15 mars 30 septembre 2009. Unpublished intermediate report, 12 pages

BACH, L. & P. BACH (2008): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Cappel.-Neufeld – Zwischenbericht 2008. unpubl. Report to WWK: 1-29.

BACH, L. & P. BACH (2010): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Cappel.-Neufeld – Endbericht 2009. unpubl. Report to WWK: 1-50.

BACH, L. & P. BACH (2012): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Ellenserdammersiel, Zwischenbericht 2012 - unpubl. report to MAIBARA GmbH & Co. KG: 34 pages

BACH, L. & P. BACH (2013a): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Wiesmoor, Zwischenbericht 2013. - unpubl. Report to Carpe Ventos GmbH: 38 pages

BACH, L. & P. BACH (2013b): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Friesland, Endbericht 2013 - unpubl. report to MAIBARA GmbH & Co. KG: 44 pages

BACH, L. & P. BACH (2013c): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Friesland II, Zwischenbericht 2013. - unpubl. Report to Diekmann & Mosebach: 34 pages

BACH, P. & L. BACH (2013d): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Wiesmoor, Endbericht 2012. - unpubl. report to Carpe Ventos GmbH: 64 pages



- BACH, L., P. BACH & K. FREY (2011a): Fledermausmonitoring Windpark Timmeler Kampen, Zwischenbericht 2011. For Landkreis Aurich.
- BACH, L., P. BACH & U. GERHARDT (2011b): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Wiesmoor, Zwischenbericht 2011. For Carpe Ventos Energie GmbH.
- BACH, P., L. BACH & F. SINNING (2014): Fledermausmonitoring im Windpark Walsrode - Gondelmonitoring und Schlagofersuche, Endbericht 2013 - unpubl. report to Munira GmbH & Co. KG, 46 pp
- BACH, L. & I. NIEMANN (2010a): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Zwischenbericht 2009. unpubl. Report to PNE Wind AG: 1-30.
- BACH, L. & I. NIEMANN (2010b): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel, Endbericht 2010 For PNE Wind AG.
- BACH, L. & M. TILLMANN (2012): Fachstellungnahme Fledermäuse zum potentiellen Windparkstandort Belum. – unpubl. report to e3 Projekt 46 GmbH & Co. KG: 59 pages.
- BARREIRO, S., B. SILVA & P. ALVES (2007): Parque Eólico da Serra dos Candeeiros (Candeeiros I e II): Monitorização de Quirópteros. Relatório 3 – Ano 2006. Plecotus, Lda e ProSistemas, SA
- BARREIRO, S., B. SILVA & P. ALVES (2009): Parque Eólico de Mosqueiros I: Monitorização de Quirópteros. Relatório 2 – Ano 2008. Plecotus, Lda
- BEUCHER, Y., V. KELM, F. ALBESPY, M. GEYELIN, L. NAZON & D. PICK (2013): Parc éolien de Castelnu-Pégayrols (12): Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011).
- BEUCHER, Y. & V. LECOQ (2009): Parc éolien de Canet-de-Salars - Suivi évaluation post-implantation de l'impact du parc éolien sur les chauves-souris. Bilan de la campagne 2008, première année d'exploitation. Rapport inédit.
- BFL (2011a): Fachgutachten zum geplanten Repowering in einem Windfeld westlich von Ober-Flörsheim (Landkreis Alzey-Worms). Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Wind GmbH, Wörrstadt. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2011b): Fledermausmonitoring am WEA-Standort Naurath (Landkreis Trier-Saarburg) - Zwischenbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Wind GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2011c): Fledermausmonitoring im Windpark Lingerhahn (Rhein-Hunsrück-Kreis)- Zwischenbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Wind GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2011d): Fledermausmonitoring im Windpark Uhler (Rhein-Hunsrück-Kreis). Endbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Wind GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2011e): Fledermausmonitoring im Windpark Wörrstadt-Ost (Landkreis Alzey-Worms) – Zwischenbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der New Breeze GmbH & Co. Wind Wörrstadt-Ost KG. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2012a): Fledermausmonitoring am WEA-Standort Beltheim (Landkreis Rhein-Hunsrück) – Zwischenbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Wind GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2012b): Fledermausmonitoring an einer Windenergieanlage auf dem Elmersberg. Fachgutachten zur Entwicklung eines fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmus. Endbericht 2011. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Windkraft Großer Elmersberg KG. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Illingen, Schöneberg.
- BFL (2012c): Fledermausmonitoring im Windpark Mainstockheim 2011 (Landkreis Kitzingen) – Endbericht. Unveröff. Gutachten im Auftrag der VOLTA Windkraft GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Ochsenfurt.
- BFL (2012d): Fledermausmonitoring im Windpark Repperndorf 2009-2011 (Landkreis Kitzingen) - Endbericht. Unveröff. Gutachten im Auftrag der ABO Wind Betriebs GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Heidesheim.
- BFL (2013a): Endbericht zum Fledermausmonitoring am WEA-Standort Naurath (Landkreis Trier-Saarburg). Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2013b): Fachgutachten zum Konfliktpotenzial Fledermäuse und Windenergie im Rahmen einer Windparkerweiterung am WEA-Standort Bedesbach/Welchweiler (WEA4). (Landkreis Kusel). Im Auftrag der Windenergie Christian Zaharanski. Büro für Faunistik für Landschaftsökologie, Schöneberg, Bedesbach.
- BFL (2013c): Fledermausmonitoring im Windpark am Kleeberg. Bericht 2012 (Landkreis Neuenkirchen). Unveröff. Gutachten im Auftrag der Windpark am Kleeberg KG. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Illingen.
- BFL (2013d): Fledermausmonitoring im Windpark Beltheim (Landkreis Rhein-Hunsrück) – Endbericht 2013. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2013e): Fledermausmonitoring im Windpark Gabsheim (Landkreis Alzey-Worms) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013f): Fledermausmonitoring im Windpark Heimerheim (Landkreis Alzey-Worms) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013g): Fledermausmonitoring im Windpark Lingerhahn (Rhein-Hunsrück-Kreis) – Endbericht 2013. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2013h): Fledermausmonitoring im Windpark Mainstockheim (Anlage A3) (Landkreis Kitzingen) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der VOLTA Windkraft GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Ochsenfurt.
- BFL (2013i): Fledermausmonitoring im Windpark Neuerkirch (Landkreis Rhein-Hunsrück) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013j): Fledermausmonitoring im Windpark Schornheim (Landkreis Alzey-Worms) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013k): Fledermausmonitoring im Windpark Unzenberg (Landkreis Rhein-Hunsrück) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013l): Fledermausmonitoring im Windpark Waldgesheim 2012 (Landkreis Mainz-Bingen) – Endbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013m): Fledermausmonitoring im Windpark Worms (Landkreis Alzey-Worms) – Zwischenbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg.
- BFL (2013n): Fledermausmonitoring im Windpark Wörrstadt-Ost (Landkreis Alzey-Worms) – Endbericht 2012. Unveröff. Gutachten im Auftrag der New Breeze GmbH & Co. Wind Wörrstadt-Ost KG. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie, Schöneberg, Wörrstadt.
- BFL (2014a): Fledermausmonitoring im Windpark Kirchberg 2012-2013 (Rhein-Hunsrück-Kreis) - Endbericht 2013-2014. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014b): Fledermausmonitoring im Windpark Gau-Bickelheim 2013 (Landkreis Alzey-Worms) - Zwischenbericht 2013. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014c): Fledermausmonitoring im Windpark Riegenroth 2013 (Rhein-Hunsrück-Kreis) - Zwischenbericht 2013. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014d): Fledermausmonitoring im Windpark Hangen-Weisheim 2013 (Landkreis Alzey-Worms) - Zwischenbericht 2013. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014e): Fledermausmonitoring im Windpark Laubach 2013 (Rhein-Hunsrück-Kreis) - Zwischenbericht 2012. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014f): Fledermausmonitoring im Windpark Hochstätten 2012-2013 (Landkreis Bad Kreuznach) - Endbericht 2012-2013. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- BFL (2014g): Fledermausmonitoring im Windpark Schopfloch 2012-2013 (Landkreis Freudenstadt) - Endbericht 2012-2013. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der juwi Energieprojekte GmbH. Büro für Faunistik und Landschaftsökologie - Bingen am Rhein.
- Bio3 (2010): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Serra do Mú. Relatório III



- (Fase de exploração - Ano 2009). Relatório elaborado para EDP renováveis - enernova. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011a): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Cabeço Rainha 2. Relatório III (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para EDP Renováveis. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011b): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão Falcão II. Relatório II (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para Parque Eólico de Chão Falcão. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011c): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão Falcão III. Relatório II (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para Parque Eólico de Chão Falcão. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011d): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Lousã II. Relatório II (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para Parque Eólico de Trevim Lda. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011e): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Serra de Bornes. Relatório II (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para Parque Eólico da Serra de Bornes, SA. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011f): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Serra do Mú. Relatório Final (Fase de pré-construção, construção e exploração - Ano 2007-2010). Relatório elaborado para EDP renováveis - enernova. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011g): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Sub-Parque Eólico de Contim (Parque Eólico da Terra Fria). Relatório II (Fase de exploração - Ano 2010/2011). Relatório elaborado para ENEOP2, exploração de parques eólicos. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011h): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Sub-Parque Eólico de Facho-Colmeia (Parque Eólico da Terra Fria). Relatório III (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para ENEOP2, exploração de parques eólicos. Bio3, Almada.
- Bio3 (2011i): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Sub-Parque Eólico de Montalegre (Parque Eólico da Terra Fria). Relatório III (Fase de exploração - Ano 1). Relatório elaborado para ENEOP2, exploração de parques eólicos. Bio3, Almada.
- Bio3 (2012a): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Lousã II. Relatório III (Fase II - ano II de exploração), 81 pages
- Bio3 (2012b): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão-Falcao II. Relatório 3 (Fase de exploração), 80 pages
- Bio3 (2012c): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão-Falcão III. Relatório II (Fase de exploração), 102 pages
- Bio3 (2012d): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros do Parque Eólico da Nave. Relatório II (Fase III - 1º ano de exploração), 140 pages
- Bio3 (2012e): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros do Parque Eólico de Carreço-Outeiro. Relatório III (Fase III - exploração), 127 pages
- Bio3 (2012f): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros do Parque Eólico da Terra Fria. Relatório IV (Fase de exploração Montalegre; Relatório Final Facho-Colmeia; Relatório III (Fase de exploração Contim), 230 pages
- Bio3 (2012g): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Cabeço Rainha 2. Relatório Final (Fase de pré-construção, construção e exploração - Ano 2007-2011). Relatório elaborado para EDP Renováveis. Bio3, Almada.
- Bio3 (2013a): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Bornes. Relatório 3 (2º ano de exploração), 111 pages
- Bio3 (2013b): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Mosqueiros II. Relatório final (Fase de exploração - Ano III), 105 pages
- Bio3 (2013c): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico da Lousã II e Sobre-equipamento. Relatório IV - Relatório Final (3º de exploração - Ano 2012). Relatório II (ano anterior à construção) do Sobre-equipamento.
- Bio3 (2013d): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Meroicinha II. Relatório II (Fase de exploração), 91 pages
- Bio3 (2013e): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros do Parque Eólico da Nave. Relatório III - Relatório Final (Fase III - 2º ano de exploração), 146 pages
- Bio3 (2013f): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão-Falcão III. Relatório Final (Fase de exploração), 112 pages
- Bio3 (2013g): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Chão-Falcao II. Relatório 4 (Fase de exploração), 121 pages
- Bio3 (2013h): Monitorização da Comunidade de Quirópteros do Parque Eólico de Bornes. Relatório Final (3º ano de exploração), 118 pages
- BLG (2009): Monitoring potenzieller betriebsbedingter Beeinträchtigungen von Fledermäusen an Windnergieanlagen im Windpark Nordschwarzwald – Endbericht. Unveröff. Gutachten im Auftrag der MFG Management & Finanzberatung AG, Karlsruhe. Büro für Landschaftsökologie und Geoinformation, Schöneberg.
- BRINKMANN, R. & F. BONTADINA (2006): Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. For Regierungspräsidium Freiburg - Referat 56 Naturschutz und Landschaftspflege.
- BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIEMANN & M. REICH (Eds.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windnergieanlagen. Schriftenreihe Institut für Umweltplanung Leibniz Universität Hannover. Umwelt und Raum Bd. 4. Cuviller Verlag, Göttingen
- CABRAL, J.A., P. SILVA-SANTOS, P. BARROS, ; C. SILVA, J. CORREIA & R. GONÇALVES (2008a): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros – Parque Eólico do Outeiro (Fase de Exploração). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a FINERGE. Vila Real., 44 pages
- CABRAL, J.A., SILVA-SANTOS, P., BARROS, P., SILVA, C., CORREIA, J., GONÇALVES, R. e BRAZ, L. (2008b). Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros – Parque Eólico do Outeiro (Verão de 2008 - Fase de Exploração). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a FINERGE. Vila Real. 41pages
- CABRAL, J.A., P. SILVA-SANTOS, P. BARROS, C. SILVA, J. CORREIA, R. GONÇALVES & L. BRAZ (2008c): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros – Parque Eólico do Outeiro (Outono de 2008 - Fase de Exploração). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a FINERGE. Vila Real. 48 pages
- CABRAL, J.A., P. SILVA-SANTOS, P. BARROS, C. SILVA, J. CORREIA, R. GONÇALVES L. BRAZ (2008d): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros – Parque Eólico do Outeiro (Inverno e Primavera - Fase de Exploração). Estudo do Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a FINERGE. Relatório de Progresso (Progress Report).
- CABRAL, J.A., P. SILVA-SANTOS, P. BARROS, C. SILVA, J. CORREIA, R. GONÇALVES & L. BRAZ (2009): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros – Parque Eólico do Outeiro (Relatório Final - Fase de Exploração). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a FINERGE. Vila Real., 90 pages
- CAMINA, A. (2012): Bat Fatalities at Wind Farms in Northern Spain – Lessons to be Learned. Acta Chiropterologica 14(1): 205-212.
- CHATTON, T. (2011): Suivi de la mortalité sur le parc éolien de Saint-Genou (36) - Suivi 2011. Indre Nature, rapport inédit, 14 pages
- CONDUCHÉ, N., T. DAUMAL, C. LOUVET, S. TOURTE & F. SPINELLI-DHUIQ (2012): Suivis des impacts sur les chiroptères du parc éolien de "La Picoterie", commune de Charly-sur-Marne (02). Ecothème pour La Compagnie du Vent, 43 pages
- CORNUT, J. & S. VINCENT (2011): Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme et CN'Air, rapport inédit, 39 pages
- CSD INGENIEURS CONSEILS (2013): Suivi de mortalité ces chauves-souris et batmonitoring sur le parc éolien de Perwez. – Rapport final. NA00932, 50 pages
- ECOSISTEMA (2007): Monitorização da mortalidade de aves e quirópteros no Parque Eólico da Lameira. Relatório final. (Final Report)
- FERRI, V., O. LOCASCILLI, C. SOCCINI & E. FORLIZZI (2011): Post construction monitoring of wind farms: first records of direct impact on bats in Italy. Hystrix It. J. Mamm. (n.s.) 22(1): 199-203.
- FREY, K., L. BACH & P. BACH (2013): Fledermausmonitoring Windpark Timmeler Kampen – Endbericht 2012 - unpubl. report to LK Aurich, 64 pages
- GEORGIAKAKIS, P., E. KRET, B. CÁRCAMO, B. DOUTAU, A. KAFKALÉTOU-DIEZ, D. VASILAKIS & E. PAPADATOU (2012): Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. Acta Chiropterologica, 14(2): 459-468.
- GOTTFRIED, I., T. GOTTFRIED, M. IGNACZA & B. WOJCIOWICZ (2011): Five regions in Poland: Szczecin Coast, Gdańsk Coast, Chełmsk-Dobrzyń Lakeland, South Wielkopol-



- ska Lowland, Sudetes Foothills. Wstępne dane o śmiertelności nietoperzy na farmach wiatrowych w Polsce. Nietoperze 12 (1-2): 29-34.
- GOTTFRIED, T. & I. GOTTFRIED (2012): Śmiertelność nietoperzy na farmach wiatrowych w Polsce. Konferencja chiropterologiczna z okazji międzynarodowego roku nietoperza - Warsaw, 15-16 Novemver 2012. Ministerstwo Środowiska. http://www.mos.gov.pl/g2/big/2012_11/894965bc63a8266fada075aee4c87b7.pdf
- HORTÊNCIO, M., S. BARREIRO, B. SILVA & P. ALVES (2007): Parque Eólico do Caramulo: Monitorização de Quirópteros. Relatório 2 - Ano 2006. Plecotus, Lda.
- HORTÊNCIO, M., B. SILVA, P. ALVES & S. BARREIRO (2008): Monitorização de Morcegos no Parque Eólico de Chão Falcão. Relatório 4 - Ano 2007. Plecotus, Lda e Prosistemas, SA.
- HÖTKER, H. (2006): Auswirkungen des "Repowering" von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse. For Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein.
- KÖRNER-NIEVERGELT, F., P. KÖRNER-NIEVERGELT, O. BEHR, I. NIERMANN, R. BRINKMANN & B. HELLRIGEL (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Journal of Wildlife Biology 17: 350-363.
- LEA (2009a): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Sobrado. Relatório de progresso - Primavera (Fase de construção e exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Junho de 2009, 50 pages
- LEA (2009b): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Sobrado. Relatório de progresso - Verão (Fase de Exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Setembro de 2009, 36 pages
- LEA (2010a): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Sobrado. Relatório Final (Fase de construção e exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Janeiro de 2010, 56 pages
- LEA (2010b): Programa de estudos e monitorização da conservação da natureza do parque eólico de Negrelo e Guilhado. Monitorização de Quirópteros - Actividade e Mortalidade na Área do Parque Eólico de Negrelo e Guilhado. Fase de exploração - ano de 2009. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 49 pages
- LEA (2010c): Programa de estudos e monitorização da conservação da natureza do parque eólico de Negrelo e Guilhado. Monitorização de Quirópteros - Actividade e Mortalidade na Área do Parque Eólico de Negrelo e Guilhado. Fase de exploração - ano de 2009. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 49 pages
- LEA (2010d): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico de Mafômedes. Relatório Final (Fase de Exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Outubro.
- LEA (2010e): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros nos Parques Eólicos de Penedo Ruivo e Seixinhos. Relatório Final (Fase de Exploração - Ano IV) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Junho de 2010.
- LEA (2011) Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Sobrado. Relatório Final (Ano 3. Fase de exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 50 pages
- LEA (2012a): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Alto do Marco. Relatório Anual (Ano 1 - Fase de exploração) elaborado para a empresa Parque Eólico de Gevancas. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 62 pages
- LEA (2012b): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico de Negrelo e Guilhado. Relatório Anual do 4º ano da fase de exploração - 2012. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Estudo coordenado por Ecosfera, consultoria ambiental Lda. para EDP Renováveis Portugal, S.A. Porto, 69 pages
- LEA (2012c): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico de Mafômedes. Relatório final (Ano 4. Fase de exploração) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 52 pages
- LEA (2012d): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros nos Parques Eólicos de Penedo Ruivo e Seixinhos. Relatório Final (Ano 6. Fase de exploração - ano 2011) elaborado para a EnergieKontor. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 84 pages
- LEA (2013): Relatório de Monitorização da Actividade e Mortalidade de Quirópteros no Parque Eólico do Alto do Marco. Relatório Final (Ano 2- Fase de exploração) elaborado para a empresa Parque Eólico de Gevancas. Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 82 pages
- LELONG, M. (2012): Deuxième programme de suivis avifaunistiques et chiropterologiques des parcs éoliens de la région Centre. Module 5: Suivi de la mortalité sur le parc éolien de Saint-Genou. Indre Nature, unpublished report, 20 pages
- LONG, C.V., J.A. FLINT, P.A. LEPPER & S.A. DIBLE (2009): Wind turbines and bat mortality: interaction of bat echolocation pulses with moving turbine rotot blades. Proceed. Inst. Acoustics, Vol. 31: 185-192.
- LOPES, S., B. SILVA & P. ALVES (2008): Sub-Parques Eólicos de Proença I e II. Monitorização de Quirópteros: Relatório 1 - Ano 2006. Plecotus, Lda
- LOPES, S., B. SILVA & P. ALVES (2009): Sub-Parque Eólico do Moradal. Monitorização de Quirópteros: Relatório 2 - Ano 2007. Plecotus, Lda
- MÃE D'ÁGUA (2007): Relatório de monitorização da mortalidade de aves e quirópteros no parque eólico da Lameira - Relatório final (Fase de Exploração). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 56 pages
- MINDERMAN, J., C.J. PENDLEBURY, J.W. PEARCE-HIGGINS & K.J. PARK (2012): Experimental Evidence for the Effect of Small Wind Turbine Proximity and Operation on Bird and Bat Activity. PLoS ONE 7(7): e41177. doi:10.1371/journal.pone.0041177
- NOCTULA (2012a): Relatório de Monitorização dos Sistemas Ecológicos na área do Parque Eólico de Safracoentral - Fase de Exploração, 160 pages
- NOCTULA (2012b): Relatório de Monitorização de Quirópteros na área do Parque Eólico do Sobrado - Fase de Exploração, 39 pages
- NOCTULA (2013): Relatório de Monitorização dos Sistemas Ecológicos na área do Parque Eólico de Testos II - Fase de Exploração, 133 pages
- OIKON LTD. (2014): Pračenje stradavanja populacija šišmiša tijekom korištenja VE Jelinak (Bat mortality monitoring during operation of Wind farm Jelinak)
- PARK K.J., A. TURNER & J. MINDERMAN (2013): Integrating applied ecology and planning policy: the case of micro-turbines and wildlife conservation. Journal of Applied Ecology 50:199-204
- PROCESL (2009): Relatório de Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico do Alto Minho I (Sub-Parques de Picos, Alto do Corisco e Santo António): Fase de Exploração, 1º Ano, 2008. Alfragide, Amadora.
- PROCESL/Bio3 (2010): Relatório de Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico do Alto Minho I (Sub-Parques de Picos, Alto do Corisco e Santo António): Fase de Exploração, 2º Ano, 2009. Alfragide, Amadora.
- PROCESL (2012a): Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico de Alvaiázere. Relatório Anual (Ano 1 da Fase de Exploração - 2011).
- PROCESL (2012b): Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico do Bairro. Relatório 3 (2º Ano da Fase de Exploração - 2011).
- PROCESL (2013a): Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico da Raia. Relatório 4 (Ano 2 da Fase de Exploração - 2012).
- PROCESL (2013b): Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico de Alvaiázere. Relatório Anual (Ano 2 da Fase de Exploração - 2012).
- PROCESL (2013c): Parque Eólico da Lourinhã II - Monitorização de Quirópteros. Relatório 2 - 2011/2012 (1º Ano da Fase de Exploração).
- PROFICO AMBIENTE (2007a): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros - Parque Eólico do Outeiro (Primavera 2006 - Fase de Exploração, Ano de 2006). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 44 pages
- PROFICO AMBIENTE (2007b): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros - Parque Eólico do Outeiro (Verão 2006 - Fase de Exploração, Ano de 2006). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 43 pages
- PROFICO AMBIENTE (2007c): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros - Parque



- Eólico do Outeiro (Outono 2006 – Fase de Exploração, Ano de 2006). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 45 pages
- PROFICO AMBIENTE (2007d): Programa de monitorização da actividade e mortalidade de quirópteros - Parque Eólico do Outeiro (Relatório Final – Fase de Exploração, Ano de 2006). Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 64bpp.
- PROFICO AMBIENTE/BIO3 (2009): Monitorização da comunidade de aves e quirópteros no Parque Eólico da Guarda. Relatório II (ano 2008). Relatório elaborado para Centrais Eólicas Reunidas - CENTEOL, S.A. PROFICO – Projectos, Fiscalização e Consultadoria, Lda / Bio3 - Estudos e Projectos em Biologia e Valorização de Recursos Naturais, Lda.
- PROFICO AMBIENTE/BIO3 (2010): Monitorização da comunidade de aves e quirópteros no Parque Eólico da Guarda. Relatório III - ano 2009 (Final). Relatório elaborado para Centrais Eólicas Reunidas - CENTEOL, S.A. PROFICO – Projectos, Fiscalização e Consultadoria, Lda / Bio3 - Estudos e Projectos em Biologia e Valorização de Recursos Naturais, Lda.
- REPORT UNAVAILABLE (2010): Loire Atlantique 1, France.
- REPORT UNAVAILABLE (2010): Loire Atlantique 2, France.
- REPORT UNAVAILABLE (2011): Loire Atlantique 1, France.
- REPORT UNAVAILABLE (2011): Loire Atlantique 2, France.
- REPORT UNAVAILABLE (2011): Morbihan 1, France.
- REPORT UNAVAILABLE (2012): Morbihan 1, France.
- ROCHEREAU 2008 (Vienne). France.
- ROCHEREAU 2009 (Vienne). France.
- ROCHEREAU 2010 (Vienne). France.
- SANTOS, H., L. RODRIGUES, G. JONES & H. REBELO (2013): Using species distribution modelling to predict bat fatality risk at wind farms. *Biological Conservation* 157: 178–186
- SEICHE, K., ENDL P. & M. LEIN (2008): Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006. *Sächsisches Landessamt für Umwelt und Geologie*.
- SILVA, B., S. BARREIRO & P. ALVES (2007): Parque Eólico de Chão Falcão I. Monitorização de Quirópteros: Relatório 3 – Ano 2006. Plecotus, Lda e ProSistemas, SA
- SILVA, B., S. BARREIRO, M. HORTÊNCIO & P. ALVES (2008): Parque Eólico do Caramulo: Monitorização de Quirópteros. Relatório 3 – Ano 2007. Plecotus, Lda
- STRIX (2006a): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez), relatório da Inverno de 2005. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2006b): Plano de Monitorização: relatório de Inverno – Parque Eólico do Portal da Freita (Serra do Marão), Ano 0 – Trimestre 1 - 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2006c): Plano de Monitorização: relatório de Primavera – Parque Eólico do Portal da Freita (Serra do Marão), Ano 0 – Trimestre 2 - 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2006d): Plano de Monitorização: relatório de Verão – Parque Eólico do Portal da Freita (Serra do Marão), Ano 0 – Trimestre 3 - 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2006e): Plano de Monitorização: relatório de Outono – Parque Eólico do Portal da Freita (Serra do Marão), Ano 0 – Trimestre 4 - 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2007a): Plano Especial de Monitorização de Quirópteros para a Serra do Marão - Parques eólicos de Penedo Ruivo, Seixinhos e Teixeiraó, Ano 1 - 2006. Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a STRIX. Oeiras. 91pages
- STRIX (2007b): Plano Especial de Monitorização de Quirópteros para a Serra do Marão - Parques eólicos de Penedo Ruivo, Seixinhos e Teixeiraó, Ano 2 - 2007. Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a STRIX. Oeiras. 72pages
- STRIX (2007c): Relatório Anual de Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico da Videira, Ano de 2006. Relatório não publicado, Oeiras
- STRIX (2007d): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez), relatório da Primavera de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2007e): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez), relatório do Verão de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2007f): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez), relatório do Outono de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2007g): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez), relatório do Inverno 2006/2007. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2007h): Especial de Monitorização de Quirópteros para a Serra do Marão – 2006 (Parques Eólicos de Penedo Ruivo, Seixinhos e Teixeiraó). Estudo para a EnergieKontor Portugal Energia Verde. Relatório de Progresso (Progress Report).
- STRIX (2008a): Relatório Anual de Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico da Videira, Ano de 2007. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008b): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez) - Primavera de 2007. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008c): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez) – Verão de 2007. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008d): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez) - Outono de 2007. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008e): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Alagoa de Cima (Arcos de Valdevez) - Inverno de 2008. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008f): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Caravelas (Vila Real) - Inverno de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008g): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Caravelas (Vila Real) - Primavera de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2008h): Monitorização das Comunidades de Aves e Quirópteros no Parque Eólico de Caravelas (Vila Real) – Verão de 2006. Relatório não publicado, Oeiras.
- STRIX (2009a): Plano Especial de Monitorização de Quirópteros para a Serra do Marão - Parques eólicos de Penedo Ruivo, Mafômedes, Seixinhos e Teixeiraó-Sedielos, Ano 3 - 2008. Estudo coordenado pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a STRIX. Oeiras, 82 pages
- STRIX (2009b): Relatório Anual de Monitorização de Quirópteros do Parque Eólico da Videira, Ano de 2008. Relatório não publicado, Oeiras
- TRAXLER, A., S. WEGLEITNER & H.JAKLITSCH (2004): Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen. Prellenkirchen – Obersdorf – Steinberg/Prinzendorf. Endbericht Dezember 2004. For WSS Ökoenergie, evn naturkraft, WEB Windenergie, IG Windkraft & Amt der NÖ Landesregierung.
- TRILLE, M., LIOZON R. & S. TALHOËT (2008): Suivi ornithologique et chiroptérologique du parc éolien de Castelnaud-Pégayrols. Bilan de la première année de suivi. LPO Aveyron, unpublished report, 47 pages
- ZAGMAJSTER, M., JANCAR T. & J. MLAKAR (2007): First records of deer bats (Chiroptera) from wind parks in Croatia. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 234-237.
- ZIELIŃSKI, P., BELA G. & A. MARCHLEWSKI (2011): Monitoring of birds – report from searching of the wind farm near Gniezdźewo (gmina Puck, pomorskie voivodeship) Year 2011. For DIPOL Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Gdansk, 19 pages

Annexe 2 : Mortalité de chauves-souris par éoliennes connue au 17/13/2016

Species	AT	BE	CH	CR	CZ	DE	ES	EE
<i>Nyctalus noctula</i>	46				31	973	1	
<i>Nyctalus lasiopterus</i>							21	
<i>Nyctalus leisleri</i>			1		3	143	15	
<i>Nyctalus spec.</i>							2	
<i>Eptesicus serotinus</i>	1				11	55	2	
<i>Eptesicus isabellinus</i>							117	
<i>Eptesicus serotinus / isabellinus</i>							11	
<i>Eptesicus nilssonii</i>	1				1	3		2
<i>Vespertilio murinus</i>	2			7	6	116		
<i>Myotis myotis</i>						2	2	
<i>Myotis blythii</i>							4	
<i>Myotis dasycneme</i>						3		
<i>Myotis daubentonii</i>						7		
<i>Myotis bechsteinii</i>								
<i>Myotis emarginatus</i>							1	
<i>Myotis brandtii</i>						1		
<i>Myotis mystacinus</i>						2		
<i>Myotis spec.</i>						1	3	
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2	10		2	16	556	73	
<i>Pipistrellus nathusii</i>	13	3		3	7	805		
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	4				2	82		
<i>Pipistrellus pipistrellus / pygmaeus</i>	1		1				483	
<i>Pipistrellus kuhlii</i>				66			44	
<i>Pipistrellus pipistrellus / kuhlii</i>								
<i>Pipistrellus spec.</i>	8			37	9	70	20	
<i>Hypsugo savii</i>	1			57		1	50	
<i>Barbastella barbastellus</i>						1	1	
<i>Plecotus austriacus</i>	1					6		
<i>Plecotus auritus</i>						7		
<i>Tadarida teniotis</i>				2			23	
<i>Miniopterus schreibersii</i>							2	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>							1	
<i>Rhinolophus mehelyi</i>							1	
<i>Chiroptera spec.</i>	1	1		14	1	63	320	1
Total	81	14	2	188	87	2897	1197	3

AT = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = Rep. tchèque., D = Allemagne, ES= Espagne, EE = Estonie, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie NL = Pays-Bas, NO = Norvège, PT = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, SE = Suède, UK = Royaume-Uni

FI	FR	GR	IT	LV	NL	NO	PT	PL	RO	SE	UK	Total
	31	10					1	16	5	1		1115
	6	1					9					37
	63	58	2				253	5				543
	1						17					20
	23	1			1			3				97
							1					118
							16					27
6				13		1		1		8		36
	8	1		1				7	7	1		156
	3											7
	1											5
												3
							2					9
	1											1
	2											3
												1
		1										3
												4
	622		1		15		281	3	3	1		1585
	178	35	2	23	8			16	12	5		1110
	125			1			36	1	2	1	1	255
	29	54					37	1	2			608
	130						44		4			288
							19					19
	134	1		2			97	2	4		3	387
	36	26	12				47					230
	3											5
												7
												7
	1						27					53
	5						4					11
												1
												1
	192	6	1				110	3		30	8	751
6	1594	194	18	40	24	1	1001	58	39	47	12	7503

Annexe 3 : Distances maximales des terrains de chasse par espèce et hauteurs de vol

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement des projets éoliens, il importe de connaître la distance maximale à laquelle les différentes espèces ont été contactées en chasse et l'altitude à laquelle elles peuvent voler. Le tableau suivant présente la mise à jour des informations pour les espèces victimes des éoliennes. Pour la plupart d'entre elles, les données proviennent d'études télémétriques (sauf celles en bleu) et les références sont indiquées sous le tableau.

Espèce	Distance maximale de chasse (km)
<i>Nyctalus noctula</i>	26
<i>Nyctalus leisleri</i>	17
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	90
<i>Pipistrellus nathusii</i>	12
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	1,7 (rayon moyen)
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5,1
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	pas d'information
<i>Hypsugo savii</i>	?
<i>Eptesicus serotinus</i>	5-7,12
<i>Eptesicus isabellinus</i>	?
<i>Eptesicus nilssonii</i>	4-5 (période de reproduction) ; >30 ensuite
<i>Vespertilio murinus</i>	6,2 ♀ ; 20,5 ♂
<i>Myotis myotis</i>	25
<i>Myotis blythii</i>	26
<i>Myotis punicus</i>	moyenne 6, jusqu'à 16,5
<i>Myotis emarginatus</i>	12,5 ; 3
<i>Myotis bechsteinii</i>	2,5
<i>Myotis dasycneme</i>	34 ; 15 de la nurserie, > 25 (printemps et automne)
<i>Myotis daubentonii</i>	10 ♀ ; >15 ♂
<i>Myotis brandtii</i>	10
<i>Myotis mystacinus</i>	2,8
<i>Plecotus auritus</i>	2,2-3,3
<i>Plecotus austriacus</i>	Régulièrement jusqu'à 7, habituellement 1,5
<i>Barbastella barbastellus</i>	25
<i>Miniopterus schreibersii</i>	30 to 40
<i>Tadarida teniotis</i>	>30 (Portugal), 100 (Suisse)

References

- GEBHARD, J. & W. BOGDANOWICZ (2004) : *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) Grosser Abendsegler. In Krapp F. (Ed.) : Handbuch der Säugetiere Europas, Fledertiere (Chiroptera) II. Aula Verlag, Wiebelsheim : 607-694
- POPA-LISSEANU, A.G. (2007) : Roosting behaviour, foraging ecology and enigmatic dietary habits of the aerial-hawking bat *Nyctalus lasiopterus*. PhD Thesis, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain.
- IBAÑEZ, A., A. GUILLEN & W. BOGDANOWICZ (2004) : *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780) - Riesenabendsegler (2004). In Krapp F. (Ed.) : Handbuch der Säugetiere Europas, Fledertiere (Chiroptera) II. Aula Verlag, Wiebelsheim : 695-716.
- POPA-LISSEANU, A.G., C. IBAÑEZ, O. MORA & C. RUIZ (2004) : Roost utilization of an urban park by the greater noctule, *Nyctalus lasiopterus*, in Spain. Abstracts for the 13th International Bat Conference in Poland : 100 ; Museum and Institute of Zoology PAS, Varsovie.
- SCHORCHT, W. (2002) : Zum nächtlichen Verhalten von *Nyctalus leisleri*. Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz 71 : 141-161.

Hauteur de vol (m)	Références	Etudes télémétriques
10 à quelques centaines de mètres	1, 7, 30, 65	Oui, non
Au-dessus de la canopée, >25m, >40-50m (en chasse et en vol direct)	5, 6, 30, 32, 42, 45, 64, 65, 68	Oui, non
1300m (téléscope et radar)	2, 3, 4, 30	Oui
1-20 (en chasse) ; 30-50 (en migration), >25m, en chasse au-dessus de la canopée et >40-50m en vol direct	43, 45, 46, 47, 30, 64, 65, 68	Oui, non
Jusqu'au rotor, parfois >25m, >40-50m en vol direct	20, 30, 64, 65, 68	Oui, non
Jusqu'au rotor, >25m, >40-50m en vol direct	21, 61, 65, 68	Non ; capsules chimoluminescentes, non
1-10 ; jusqu'à quelques centaines de mètres >25m	30, 64, 65	Oui, non
>100	33, 37, 64, 65	Non, non
50 (jusqu'au rotor), >25m, chasse au-dessus de la canopée, >40-50m en vol direct	13, 14, 15, 16, 30, 62, 64, 65, 68	Oui, non
?	?	?
> 50 (en chasse et en vol direct)	51, 52, 64, 65, 68, 72	Oui
20-40, au-dessus de la canopée (en chasse) et >40-50m (en vol direct)	48, 49, 64, 65, 68	Oui, non
1-15m (vol direct en transit en plein ciel) ; >25m ; jusqu'à 40 (50) m en vol direct	26, 27, 28, 29, 30, 64, 68	Oui, non
1-15	22, 23, 24, 25, 26, 30	Oui
< 2m (en chasse), probablement 100m en transit d'une crête à l'autre	69, 70, 71	Oui
pas d'information ?	17, 18, 30, 33, 36, 38, 39	Oui
1-5 et dans la canopée, parfois au-dessus (en vol direct)	12, 30, 31, 38, 39, 68	Oui, non
2-5 jusqu'au rotor	53, 63, 66 ; 73	Oui
1-5, chasse jusqu'à la canopée et parfois au-dessus en vol direct	57, 58, 68	Oui, non
Jusqu'à la canopée (en chasse) et parfois au-dessus en vol direct	49, 54, 55, 68	?, non
Jusqu'à 15m dans la canopée, jusqu'à la canopée (en chasse) et parfois au-dessus en vol direct	55, 56, 68	Oui, non
Jusqu'à la canopée et au-dessus (en chasse et en vol direct)	59, 68	Oui, non
exceptionnellement >25m, jusqu'à la canopée et au-dessus (en chasse et en vol direct)	60, 64, 67, 68	Oui, non
Au-dessus de la canopée, >25m, canopée et au-dessus (en chasse et en vol direct)	11, 12, 30, 34, 35, 64, 68, 71	Oui, non
2-5 (en chasse) et en plein ciel (transit), >25	8, 30, 41, 40, 64	Oui, non
10-300	44, 9, 10, 30	Oui



- 6 WATERS, D., G. JONES & M. FURLONG (1999) : Foraging ecology of Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) at two sites in southern Britain. *J. Zool.* 249 : 173-180.
- 7 KRONWITTER, F. (1988) : Population structure, habitat use and activity patterns of the noctule bat, *Nyctalus noctula*, revealed by radio-tracking. *Myotis* 26 : 23-85.
- 8 NÉMOZ, M., A. BRISORGUEIL *et al.* (2008) : Connaissance et Conservation des gîtes et habitats de chasse de 3 Chiroptères cavernicoles : *Rhinolophe euryale*, Murin de Capaccini et Minioptère de Schreibers. SFEPM, programme LIFE NATURE LIFE04NAT/FR/000080, Paris, 104 pages.
- 9 ARLETTAZ, R. (1990) : Contribution à l'éco-éthologie du Molosse de Cestoni, *Tadarida teniotis*, dans les Alpes valaisannes (sud-ouest de la Suisse). *Z. Säugetierk.* 55 : 28-42.
- 10 ARLETTAZ, R., C. RUCHET, J. AESCHIMANN, E. BRUN, M. GENOUD & P. VOGEL (2000) : Physiological traits affecting the distribution and wintering strategy of the bat *Tadarida teniotis*. *Ecology* 81 : 1004-1014.
- 11 SIERRA, A. (2003) : Habitat use, diet and food availability in a population of *Barbastella barbastellus* in a Swiss alpine valley. *Nyctalus* (N.F.) 8 (6) : 670-673.
- 12 STEINHAUSER, D. (2002) : Untersuchungen zur Ökologie der Mopsfledermaus, *Barbastella barbastellus* und der Bechsteinfledermaus, *Myotis bechsteinii* im Süden des Landes Brandenburg. *Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz* 71 : 81-98.
- 13 HARBUSCH, C. (2003) : Aspects of the ecology of Serotine bats (*Eptesicus serotinus*) in contrasting landscapes in southwest Germany and Luxembourg. PhD-thesis, University of Aberdeen, 217 pages.
- 14 PÉREZ, J.L. & C. IBÁÑEZ (1991) : Preliminary results on activity rhythms and space use obtained by radio-tracking a colony of *Eptesicus serotinus*. *Myotis* 29 : 61-66.
- 15 ROBINSON, M.F. & R.E. STEBBINGS (1997) : Home range and habitat use by the serotine bat, *Eptesicus serotinus*, in England. *J. Zool.* 243 : 117-136.
- 16 CATTO, C.M.C., A.M. HUTSON, P.A. RACEY & P.J. STEPHENSON (1996) : Foraging behaviour and habitat use of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in southern England. *J. Zool.* 238 : 623-633.
- 17 HUET, R., M. LEMAIRE, L. ARTHUR & N. DEL GUIDICE (2002) : First results in radio-tracking Geoffroy's bats *Myotis emarginatus* in Centre region, France. Abstracts of the IXth European Bat Research Symposium, Le Havre 2002 : 25.
- 18 KRULL, D., A. SCHUMM, W. METZNER & G. NEUWEILER (1991) : Foraging areas and foraging behavior in the notch-eared bat, *Myotis emarginatus*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 28 : 247-253.
- 19 ARNOLD, A. & M. BRAUN (2002) : Telemetrische Untersuchungen an Rauhhaufledermäusen (*Pipistrellus nathusii*) in den nordbadischen Rheinauen. *Schriftenr. Landschaftspf. Natursch.* 71 : 177-189.
- 20 DAVIDSON-WATTS, I. & G. JONES (2006) : Differences in foraging behaviour between *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. *J. Zool.* 268 : 55-62.
- 21 FEYERABEND, F. & M. SIMON (2000) : Use of roosts and roost switching in a summer colony of 45 kHz phonic type pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). *Myotis* 38 : 51-59.
- 22 GÜTTINGER, R., M. LUTZ & E. MÜHLETHALER (2006) : Förderung potenzieller Jagdhabitats für das Kleine Mausohr (*Myotis blythii*). Interreg IIIB-Projekt Lebensraumvernetzung, 76 p.
- 23 ROESLI, M., F. BONTADINA, T. MADDALENA, K. MÄRKI, T. HOTZ, A.-S. GENINI, D. TORRIONZ, R. GÜTTINGER & M. MORETTI (2005) : Ambienti di caccia e regime alimentare del Vespertilio maggiore (*Myotis myotis*) e del Vespertilio minore (*Myotis blythii*) (Chiroptera : Vespertilionidae) nel Cantone Ticino. *Boll. Soc. tic. Sci. Nat.* 93 : 63-75.
- 24 ROESLI, M., F. BONTADINA, T. MADDALENA & M. MORETTI (2004) : Studio sulla colonia di riproduzione di *Myotis myotis* e *Myotis blythii* delle Collegiate Sant'Antonio a Locarno. Dipartimento del territorio Cantone Ticino, 44 pages.
- 25 GCP (2003) : Expérience de radio-pistage sur le Petit Murin, *Myotis blythii* - Tomes 1857, en vue de découvrir une colonie majeure de reproduction dans les Bouches-du-Rhône. Bilan sur deux années : été 2002 et été 2003. Rapport final pour la DIREN PACA, 17 pages.
- 26 ARLETTAZ, R. (1995) : Ecology of the sibling mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Horus* Eds. Martigny, Suisse, 206 pages.
- 27 DRESCHER, C. (2004) : Radiotracking of *Myotis myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) in South Tyrol and implications for its conservation. *Mammalia* 68 : 387-395.
- 28 GÜTTINGER, R. (1997) : Jagdhabitate des Großen Mausohrs (*Myotis myotis*) in der modernen Kulturlandschaft. *Schriftenr. Umwelt* 288 : 1-138.
- 29 RUDOLPH, B.-U., A. ZAHN & A. LIEGL (2004) : Mausohr *Myotis myotis*. In : A. Meschede et B.-U. Rudolph (Eds.), *Fledermäuse in Bayern* : 203-231.
- 30 DIETZ, C., O.V. HELVERSEN & D. NILL (2007) : Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwest Afrikas. Kosmos Verlag, 399 pages.
- 31 KERTH, G., M. WAGNER, K. WEISSMANN & B. KÖNIG (2002) : Habitat- und Quartiernutzung bei der Bechsteinfledermaus: Hinweise für den Artenschutz. *Schriftenr. Landschaftspf. Natursch.* 71 : 99-108.
- 32 FUHRMANN, M., C. SCHREIBER & J. TAUCHERT (2002) : Telemetrische Untersuchungen an Bechsteinfledermäusen (*Myotis bechsteinii*) und Kleinen Abendseglern (*Nyctalus leisleri*) im Oberurseler Stadtwald und Umgebung (Hochtaunuskreis). *Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz* 71 : 131-140.
- 33 SCHOBER, W. & E. GRIMMBERGER (1998) : Die Fledermäuse Europas. Kosmos Verlag, Stuttgart, 265 pages.
- 34 RUSSO, D., L. CISTRONE, G. JONES & S. LAZZOLENI (2004) : Roost selection by barbastelles, *Barbastella barbastellus* (Chiroptera : Vespertilionidae) in beech woodlands of Central Italy. *Biol. Cons.* 117 (1) : 73-81
- 35 BILLINGTON, G. (pers. com) : Radiotracking study of Barbastelle bats (unpublished)
- 36 QUEKENBORN, D. (2005) : Porquerolles (2004) recherche d'une colonie de murins à oreilles échancrées par radiotracking (PN Port Cros). Actes des IV^{èmes} rencontres Chiroptères Grand Sud. Bidarray, 18 et 19 mars 2005. SFEPM.
- 37 GEBHARD, J. (1997) : Fledermäuse. Birkhauser Verlag, Basel, 381 pages.
- 38 MESCHEDA, A. & K.-G. HELLER (2000) : Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten. *Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz* 66 : 374 pages.
- 39 ROUÉ, S. Y. & M. BARATAUD (1999) : Habitats et activité nocturne des chiroptères menacés en Europe: synthèse des connaissances en vue d'une gestion conservatrice. *Le Rhinolophe* 2 : 137 pages.
- 40 RODRIGUES, L. & J. M. PALMEIRIM (2007) : Migratory behaviour of the Schreiber's bat: when, where and why do cave bats migrate in the Mediterranean region? *J. Zool.* 274 (2) : 116-125.
- 41 VINCENT, S. (2007) : Etude de l'activité et des terrains de chasse exploités par le Minioptère de Schreibers en vue de sa conservation. Suze-la-Rousse (Drôme), «Sables du Tricastin» FR8201676. LIFE04/NAT/FR/000080. Rapport CORA 26 – SFEPM, 66 pages.
- 42 BOGDANOWICZ, W. & A.L. RUPRECHT (2004) : *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) - Kleinabendsegler. In Krapp F. (Ed.) : *Handbuch der Säugetiere Europas, Fledertiere* (Chiroptera) II. Aula Verlag, Wiebelsheim : 717-756.
- 43 CONSERVATOIRE DU PATRIMOINE NATUREL DE CHAMPAGNE-ARLENNE (2009) : Résultats de radiopistage de colonies de reproduction. *Savart* 71/72.
- 44 MARQUES, J.T., A. RAINHO, M. CARAPUÇO, P. OLIVEIRA & J.M. PALMEIRIM (2004) : Foraging behaviour and habitat use by the European free-tailed bat *Tadarida teniotis*. *Acta Chiropterologica* 6(1) : 99-110.
- 45 HUTTERER, R., T. IVANOVA, C. MEYER-CORDS & L. RODRIGUES (2005) : Bat Migrations in Europe. A review of banding data and literature. Federal Agency for Nature Conservation, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bonn, 176 pages.
- 46 PARISE, C. & C. HERVÉ (2009) : Découverte de colonies de mise bas de Pipistrelle de Nathusius en Champagne-Ardenne. *Naturelle* 3 : 87-94.
- 47 CPEPESC LORRAINE (2009) : Connaître et protéger les Chauves-souris de Lorraine. Ouvrage collectif coo-

- donné par Schwaab F., Knochel A. & Jouan D. Ciconia 33 (N.sp.): 562 pages.
- 48 SAMFI, K., (2006): Die Zweifledermaus in der Schweiz. Status und Grundlagen für den Schutz. Zürich, Bristol-Stiftung, Bern, Stuttgart, Wien, Haupt, 100 pages.
- 49 BAGGØE, H., (1987): The Scandinavian bat fauna: adaptive wing morphology and free flight in the field. Pages 57-74, in Recent advances in the study of bats (M.B. Fenton, P.A. Racey & J.M.V. Rayner, eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 470 pages.
- 50 BOYE, P. (2004): *Eptesicus nilssonii*. Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz 69/2: 389-394 pages.
- 51 RYDELL, J. (1989): *Eptesicus nilssonii*, Nordfledermaus. In F. Krapp (Hrsg.), Handbuch der Säugetiere Europas, Aula Verlag: 561-581 pages.
- 52 GERELL, R. & J. RYDELL (2001): *Eptesicus nilssonii*, Nordfledermaus. In F. Krapp (Hrsg.), Handbuch der Säugetiere Europas 4-I, Aula Verlag: 561-581.
- 53 MOSTERT, K. (1997): Meervleermuis *Myotis dasycneme* (Boie, 1825). In Limpens, H., K. Mostert & W. Bongers (coord.): Atlas van de Nederlandse vleermuizen. Onderzoek naar verspreiding en ecologie. K.N.N.V., Vitgeverij: 124-150 pages.
- 54 DENSE, C. & U. RAHMEL (2002): Untersuchungen zur Habitatnutzung der Großen Bartfledermaus (*Myotis brandtii*) im nordwestlichen Niedersachsen. Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz 71: 51-68 pages.
- 55 SCHRÖDER, T. (1996): Zusammenhänge zwischen dem Jagd- und Echoortungsverhalten der Großen Bartfledermaus (*Myotis brandtii*) im Vergleich mit der Kleinen Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*). Diplomarb. Univ. Oldenburg, 147 pages.
- 56 CORDES, B. (2004): Kleine Bartfledermaus, *Myotis mystacinus*. In A. Meschede & B.-U. Rudolph (Eds.). Fledermäuse in Bayern, Ulmer Verlag: 155-165.
- 57 ARNOLD, A., M. BRAUN, N. BECKER & V. STORCH (1998): Beitrag zur Ökologie der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) in Nordbaden. Carolinea 56: 103-110.
- 58 ENCARNÇÃO, J. A., U. KIERDORF, D. HOLWEG, U. JASNOCH & V. WOLTERS (2005): Sex-related differences in roost-site selection by Daubenton's bats *Myotis daubentonii* during the nursery period. Mammal Rev. 35: 285-294.
- 59 FUHRMANN, M. & A. SEITZ (1992): Nocturnal activity of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus* L.1758): data from radiotracking in the Lenneburg forest near Mainz (Germany). In Wildlife telemetry. Remote Monitoring and Tracking of Animals (I.G. Priede & S.M. Swift, eds.). Ellis Horwood, Chichester: 538-548.
- 60 FLUCKIGER, P.F. & A. BECK (1995): Observations on the habitat used for hunting by *Plecotus austriacus* (Fischer, 1829). *Myotis* 32-33: 121-122.
- 61 RACEY, P.A. & S.M. SWIFT (1985): Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation: 1. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology* 54: 205-215.
- 62 BACH, L. & I. NIERMANN (2010): Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Zwischenbericht 2009. – unpubl. Report to PNE Wind AG: 30pages.
- 63 BOYE, P., C. DENSE & U. RAHMEL (2004): *Myotis dasycneme*. Schriftenr. Landschaftspf. Naturschutz 69(2): 482-489.
- 64 BAS, Y., A. HAQUART, J. TRANCHARD & H. LAGRANGE (2014): Suivi annuel continu de l'activité des Chiroptères sur 10 mâts de mesure : évaluation des facteurs de risque liés à l'éolien. Rencontres nationales «chauves-souris» de la SFEPM, 3 et 4 mars 2012, Bourges. Symbioses N.S. 32: 83-87.
- 65 BEHR, O., R. BRINKMANN, I. NIERMANN & F. KORNER-NIEVERGELT (2011): Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen (Acoustic detection of bat activity at wind turbines). In: BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN ET M. REICH (Eds) : Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen (Development of methods to study reduce the collision risk of bats at on-shore wind turbines. *Umwelt und Raum* 4 : 177-286.
- 66 BACH, L., P. BACH & K. FREY (2011): Fledermausmonitoring Windpark Timmeler Kampen – Zwischenbericht 2011. – unpubl. report to Landkreis Aurich: 39 pages.
- 67 BACH, L., G. MÄSCHER, C. DENSE, U. RAHMEL, P. BACH, A. ZILZ & R. BÖHME (2011): Fachbeitrag Fledermäuse zum Neubau der A39, Abschnitt 6, Wittlingen (B 244) - Ehra (L 289). - unpubl. report to Planungsgruppe Grün: 202 pages.
- 68 BANSE, G. (2010): Ableitung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Windenergieanlagen über biologische Parameter. *Nyctalus* (N.F.) 15 (1): 64-74.
- 69 COURTOIS, J.-Y., D. RIST & G. BEUNEUX (2011): Les chauves-souris de Corse. Groupe Chiroptères Corse, Ed. Albiana, Ajaccio, 167 pages.
- 70 BEUNEUX, G., B. CARRIER, N. CHENAVAL, J-Y. COURTOIS, T. POUPART & D. RIST (2014): Le Murin du Maghreb (*Myotis punicus*) en Corse: un glaneur des prés. *Symbioses* N.S. 32: 1-6.
- 71 GROUPE CHIROPTÈRES CORSE (pers. com.): possible height of commuting flight during radiotracking.
- 72 DE JONG, J. (1994): Habitat use, home-range and activity pattern of the northern bat, *Eptesicus nilsonii*, in a hemiboreal coniferous forest. *Mammalia* 58 (4): 535-548.
- 73 HAARMSMA, A.-J. & D. A. H. TUITERT (2009): An overview and evaluation of methodologies for locating the summer roosts of pond bats (*Myotis dasycneme*) in the Netherlands. *Lutra* 52 (1): 47-64.

Annexe 4: Coefficients de détectabilité pour comparer les indices d'activité

Le tableau ci-dessous (d'après Barataud 2015) est un exemple des indices d'activité pouvant être utilisés. Ces indices (habituellement le nombre de contacts par unité de temps) résultent généralement des diagnostics avant construction et sont demandés par

les développeurs éoliens pour évaluer les risques de leurs projets. Mais le nombre de contacts de chauves-souris par heure ne peut être comparé qu'entre les espèces ayant des cris d'intensité similaire. Les variations de portée d'un signal dépendent aussi de nom-

Milieu ouvert			
Intensité des émissions	Espèces	distance détection (m)	coefficient de détectabilité
très faible à faible	<i>R. hipposideros</i>	5	5,00
	<i>R. ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>M. emarginatus</i>	10	2,50
	<i>M. alcathoe</i>	10	2,50
	<i>M. mystacinus</i>	10	2,50
	<i>M. brandtii</i>	10	2,50
	<i>M. daubentonii</i>	15	1,67
	<i>M. nattereri</i>	15	1,67
	<i>M. bechsteinii</i>	15	1,67
	<i>B. barbastellus</i>	15	1,67
moyenne	<i>M. blythii</i>	20	1,25
	<i>M. myotis</i>	20	1,25
	<i>P. pygmaeus</i>	25	1,00
	<i>P. pipistrellus</i>	30	0,83
	<i>P. kuhlii</i>	30	0,83
	<i>P. nathusii</i>	30	0,83
	<i>M. schreibersii</i>	30	0,83
forte	<i>H. savii</i>	40	0,63
	<i>E. serotinus</i>	40	0,63
	<i>Plecotus spp.</i>	40	0,63
très forte	<i>E. nilssonii</i>	50	0,50
	<i>E. isabellinus</i>	50	0,50
	<i>V. murinus</i>	50	0,50
	<i>N. leisleri</i>	80	0,31
	<i>N. noctula</i>	100	0,25
	<i>T. teniotis</i>	150	0,17
	<i>N. lasiopterus</i>	150	0,17

Milieu ouvert et semi-ouvert			
Intensité des émissions	Espèces	distance détection (m)	coefficient de détectabilité
très faible à faible	<i>R. hipposideros</i>	5	5,00
	<i>R. ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>M. emarginatus</i>	10	2,50
	<i>M. alcathoe</i>	10	2,50
	<i>M. mystacinus</i>	10	2,50
	<i>M. brandtii</i>	10	2,50
	<i>M. daubentonii</i>	15	1,67
	<i>M. nattereri</i>	15	1,67
	<i>M. bechsteinii</i>	15	1,67
	<i>B. barbastellus</i>	15	1,67
moyenne	<i>M. blythii</i>	20	1,25
	<i>M. myotis</i>	20	1,25
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25
	<i>P. pygmaeus</i>	25	1,00
	<i>P. pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>P. kuhlii</i>	25	1,00
	<i>P. nathusii</i>	25	1,00
<i>M. schreibersii</i>	30	0,83	
forte	<i>H. savii</i>	40	0,63
	<i>E. serotinus</i>	40	0,63
très forte	<i>E. nilssonii</i>	50	0,50
	<i>E. isabellinus</i>	50	0,50
	<i>V. murinus</i>	50	0,50
	<i>N. leisleri</i>	80	0,31
	<i>N. noctula</i>	100	0,25
	<i>T. teniotis</i>	150	0,17
	<i>N. lasiopterus</i>	150	0,17

breux paramètres qui rendent la comparaison encore plus difficile. Pour permettre cette comparaison les chauves-souris ont donc été classées en fonction de l'intensité croissante de leurs cris sonar. Un coefficient de détectabilité, basé sur la distance maximale de détection, a été calculé pour trois situations différentes de l'observateur (milieu ouvert, milieu

ouvert et semi-ouvert, et milieu boisé c.-à-d. encombré). L'application de ces coefficients au nombre de contacts ou d'indices par espèce permettra alors de comparer l'activité entre espèces ou groupes d'espèces. Pour plus de détails cf. BARATAUD 2015.

Milieu encombré (sous-bois)			
Intensité des émissions	Espèces	distance détection (m)	coefficient de détectabilité
très faible à faible	<i>R. hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Plecotus spp.</i>	5	5,00
	<i>M. emarginatus</i>	8	3,13
	<i>M. nattereri</i>	8	3,13
	<i>R. ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>M. alcathoe</i>	10	2,50
	<i>M. mystacinus</i>	10	2,50
	<i>M. brandtii</i>	10	2,50
	<i>M. daubentonii</i>	10	2,50
	<i>M. bechsteinii</i>	10	2,50
moyenne	<i>B. barbastellus</i>	15	1,67
	<i>M. oxygnathus</i>	15	1,67
	<i>M. myotis</i>	15	1,67
	<i>P. pygmaeus</i>	25	1,00
forte	<i>M. schreibersii</i>	25	1,00
	<i>P. pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>P. kuhlii</i>	25	1,00
	<i>P. nathusii</i>	25	1,00
très forte	<i>H. savii</i>	30	0,63
	<i>E. serotinus</i>	30	0,63
très forte	<i>E. nilssonii</i>	50	0,50
	<i>E. isabellinus</i>	50	0,50
	<i>V. murinus</i>	50	0,50
	<i>N. leisleri</i>	80	0,31
	<i>N. noctula</i>	100	0,25
	<i>T. teniotis</i>	150	0,17
	<i>N. lasiopterus</i>	150	0,17

Référence

BARATAUD, M. (2015) : *Acoustic ecology of European bats. Species identification, study of their habitats and foraging behaviour.* Collection Inventaires et biodiversité, 7. Biotope, Mèze and Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; 344 pages.

Sujet : [INTERNET] Enquête publique relative au projet éolien de SAINT ANGEL

De : Rioux Colette

Date : 06/07/2018 08:26

Pour : pref-environnement <pref-environnement@correze.gouv.fr>

Bonjour,

Veillez trouver, ci-joint, ma déposition concernant le projet éolien de Saint Angel effectuée dans la cadre de l'enquête publique.

Bonne réception,

Colette RIOUX

— Pièces jointes : —

deposition ST ANGEL.odt

26,1 Ko

Le 6 juillet 2018

Colette RIOUX

29 rue Raymond Rouveyrol
19000 TULLE

à

Monsieur Maurice BAR

Président de la Commission d'Enquête

Projet de Parc Eolien à St ANGEL

Enquête publique : projet d'implantation d'un parc éolien sur la commune de ST ANGEL de 5 éoliennes sur 600 hectares

Veillez trouver ci-dessous ma déposition contre le projet éolien prévu sur la commune de ST ANGEL, déposition contre également tout autre projet éolien en Corrèze, étant très concernée, puisque très impactée par le projet de St Pardoux la Croisille dont l'enquête publique est actuellement en attente, ayant été repoussée à la demande du promoteur.....

C'est donc d'un point de vue général, que je m'oppose à tout projet éolien en Corrèze, sachant qu'à ce jour aucun bilan prouvant l'efficacité et la rentabilité de ces éoliennes industrielles n'a été réalisé. Rien n'est prouvé et prouvable, surtout sur notre territoire corrézien classé en Zone 1, c'est à dire la moins ventée de France.

La situation électrique de notre département et de notre pays, qui disposent d'une électricité peu carbonée abondante à un prix compétitif, ne justifie en aucun cas l'implantation et la multiplication de projets éoliens dans un département peu venté comme le notre et produisant plus d'électricité qu'il n'en consomme grâce à ses barrages.

Actuellement plus d'une vingtaine de projets veulent voir le jour en Corrèze avec et surtout des cas de corruptions, des prises illégales d'intérêts, des abus de faiblesse sur la population exercés par des prédateurs financiers : des recours et le dernier en date même contre le Préfet (Projet de St Priest de Gimel). De plus, la plupart des maires maintiennent dans l'ignorance le plus longtemps possible la population, surtout si elle est « résidente secondaire » (*à titre personnel, plus de 3 trois années maintenue dans l'ignorance*).

Un mitage éolien avec co-visibilité est donc en train de vouloir voir le jour, détruisant la spécificité de notre belle Corrèze. Ces projets vont altérer de manière irréversible nos panoramas corréziens qui constituent l'un de nos meilleurs atouts, caractérisés par un environnement exceptionnel et un habitat dispersé qui fondent l'attractivité de notre Département et en constituent sa base touristique.

Il est inacceptable de couvrir nos paysages qui ne sont pas renouvelables eux, par des machines industrielles gigantesques.

Par ailleurs, il ne peut qu'être constaté que ce tournant énergétique est autrement plus important que la protection de la Nature, du patrimoine corrézien naturel et ancestral et cela sur le dos d'une population corrézienne, victime de ce fléau.

Récupérer de l'argent, sans conscience, pour un projet qui n'a rien d'humain et d'écologique, relève d'une pure utopie par des personnes de bas niveau. Tout cela indique qu'il s'agit d'une opération financière qui fait fi des patrimoines, du ressenti des habitants et de l'écologie locale. Tout cela est pitoyable et dénonce l'entêtement et le despotisme des porteurs de projet sourds à toutes les alarmes **au mépris de l'environnement naturel et de fait humain.**

Ce projet, comme les autres projets naissants en Corrèze, n'apporteront pas les espoirs escomptés par les communes et certaines communautés de communes.

Les éoliennes ne sont que du vent et recouvrent un grand échec, car c'est un :

- Problème quand il n'y pas de vent, (hauteur d'éoliennes passée de 140 m à 180 m, puis + 200 m)
- Problème quand il y a trop de vent, (pas le cas de la Corrèze classée en zone 1)
- Problème quand il fait trop froid, risque de givre, (+ ++ de 50 jours de gel)
- Problème quand il fait trop chaud (problème de refroidissement du générateur)
- Problème d'intermittence du vent (compensé par des centrales thermiques au charbon ou au gaz, re-mise en service avec ses incidences)
- Problème de stockage, (ni le vent, ni l'électricité ne sont stockables à ce jour)
- Problème quant à la production de l'énergie : il n'est donc pas exagéré de dire que les éoliennes sont co-émettrices de gaz à effet de serre. Et l'on comprend mieux, depuis ce point de vue, que GDF-Suez soit l'un des principaux promoteurs de centrales éoliennes.
- Problème écologique par rapport aux oiseaux et aux chauve-souris broyés par les ailes des éoliennes : De nombreux oiseaux meurent hachés par les pales, quand bien même les promoteurs équipent les machines de radars anti-collision !. Les migrations, la nidification et la reproduction sont fortement perturbées.
 - Problème du gigantisme et esthétique
 - Problème du frein au maintien et au développement touristique de notre Pays Vert
 - Problème non négligeable de dépréciation des biens immobiliers
 - Problème sur la dénaturation de l'aspect profondément rural et préservé ancestralement du secteur
 - Problème du ressenti d'une partie de la population riveraine au projet et co-visibilité
 - Problème du souci affirmé de conserver le bien vivre ensemble sur la commune rurale
 - Problèmes d'implantation (au cas présent en Zone Humide)
 - ... etc

Quant à l'annulation du Schéma Régional Eolien du Limousin en premier lieu par le Tribunal Administratif de Limoges, puis suite à appel annulé définitivement par la Cour Administrative d'Appel de Bordeaux dans son audience du 15 Décembre 2016, à savoir :

article 1 : l'ordonnance n° 1301277 en date du 6 octobre 2014 du Tribunal Administratif de Limoges a été annulée

article 2 : l'arrêté du Préfet de la Région Limousin du 23 avril 2013 est annulé dans son ensemble

article 3 : le recours du Ministre de l'écologie du développement durable et de l'énergie est rejeté.

lu en audience publique le 12 janvier 2017

elle n'est pas prise en considération. Il y a de quoi s'interroger.... ?

Je déplore aussi le fait que la création de la Région Aquitaine n'a rien apporté à l'ex-région Limousin. Il suffit de voir la carte où sont recensés les projets éoliens : **les projets se situent en CORREZE, en HAUTE VIENNE et en CREUSE : Il y a aussi de quoi s'interroger.... ?**

Il ne reste donc aux citoyens que le fait d'appliquer la sanction aux Maires pratiquant « le double langage » vis à vis de leurs administrés, lors des prochaines élections municipales de 2020.....

Mais il est choquant que l'Etat et ses administrations cautionnent de telles opérations et baffouent leur mission qui est au contraire de protéger, entre autres, sa population, pour le cas présent de ces projets de mitage éolien en Corrèze.

Tels sont les éléments à annexer au rapport du Président de la Commission d'enquête publique et confirme mon opposition totale à ce projet, comme tous les autres dans notre beau pays vert qu'est la Corrèze.

Colette RIOUX

Sujet : [INTERNET] Contribution à l'Enquête Publique concernant le projet de parc éolien à Saint Angel

De : Philippe LAPORTE

Date : 09/07/2018 11:54

Pour : pref-environnement@correze.gouv.fr

Madame, Monsieur,

Je vous adresse en pièces jointes ma contribution à l'enquête publique concernant le projet de création d'un parc éolien à Saint Angel.

Merci de bien vouloir le transmettre aux commissaires enquêteurs qui en assument la charge.

Avec mes remerciements,

Trés cordialement,

Philippe Laporte

— Pièces jointes : —

Contribution de M. Laporte Philippe à l'enquête publique sur la création d'un parc éolien à Saint Angel.pdf	455 Ko
---	--------

Les réflexions et les remarques qui suivent sont celles d'un habitant de la Haute Corrèze, dans le voisinage de Saint Angel depuis plus de 15 ans, inquiet de voir cette région subir les effets d'une politique énergétique qui favorise de plus en plus la création de parcs éoliens (et de « fermes » solaires) au risque de modifier de manière durable la spécificité de ce territoire, cette profonde harmonie qui se voit et se ressent entre milieu naturel et activités humaines de ce Département Vert qui porte si bien son nom.

Pour ne pas être trop long, après lecture aussi attentive que possible du projet (1519 pages !!) du promoteur (VSB Energies Nouvelles) je voudrais attirer l'attention des commissaires enquêteurs en charge de l'enquête publique en cours sur, seulement, un certain nombre de points qui me paraissent susceptibles d'enrichir leur réflexion et, ce faisant, leurs appréciations, qui seront transmises à M. le Préfet de la Corrèze qui aura à prendre la décision finale d'autorisation. En effet, d'autres points, non traités ici, pourraient également faire l'objet de remarques : nuisances sonores, problèmes d'ombres projetées, syndrome éolien, choix des modèles d'éoliennes etc.

Les références aux pages sont celles du document PDF « étude d'impact », considéré dans sa totalité (354 pages).

Concernant le choix de la zone d'implantation :

1- Le département de la Corrèze est l'un des départements français les plus productifs en énergies renouvelables¹, pour l'essentiel d'origine hydraulique (mais aussi biomasse), avec 20 installations dont les 5 grands barrages sur la Dordogne. La région Limousin est donc très en avance avec en 2009 un taux de 28,5 % de sa consommation totale d'énergie d'origine renouvelable alors que ce taux n'est que de 14 % en France et que l'objectif fixé au plan national est de 23 % pour 2020 et de 32% en 2030. L'apport de la Corrèze est prépondérant dans cet excellent résultat régional et n'oblige donc en rien notre département à prévoir d'autres installations dans l'immédiat.

2- Par ailleurs, la Haute Corrèze n'est pas vraiment reconnue pour être une région de vents, et nos anciens l'avaient bien compris, en couvrant le territoire de moulins hydrauliques et non de moulins à vent ! Les cartes des moyennes de vents de Météo France place la Corrèze dans un vaste ensemble avec des vitesses de vent moyennes de 5 m/s soit 18 km/h alors que les éoliennes du projet VSB ne donnent leur puissance nominale (2400 kW) qu'à partir de 45 Km/h. Le bon sens voudrait que la question du **gisement éolien** apparaisse donc en clair dans le dossier présenté. Or, curieusement, nous ne retrouvons pas dans l'étude d'impact les résultats chiffrés des mesures de vent par le mat unique de mesure à Saint Angel (mis en place en mai 2013, mais pour combien de temps ?), la page 98/354 ne montrant qu'une simple rose des vents et la page 107/354 relevant une vitesse maximale de 34 m/s à 10 m de hauteur soit 122 km/h à Mauriac (le 27 Décembre 1999,....tempête de 1999 qui ne se produit qu'une fois par génération et encore !). Mais, pas un chiffre, pas un graphique ne montre le résultat des mesures obtenues. Pourtant, le promoteur reconnaît page 15/354 que c'est bien « **le gisement éolien, qui détermine la faisabilité économique des projets** » mais sans nous donner d'autres informations. La commune de Saint-Angel, via son site internet, a publié une brève en mai 2014 afin d'informer la population sur le projet éolien. Le communiqué a été le suivant : « *Le projet d'éoliennes suit son cours. Le mât de mesure installé au bois des pères a confirmé le potentiel des collines au Sud-Est de Saint-Angel et ce jusqu'à Valiergues.* ». Mais quelle est, quantitativement, l'importance de ce potentiel, à partir duquel sera calculée sa « rentabilité » éventuelle (ou non), laquelle dépend

1 : https://www.rte-france.com/sites/default/files/2015_04_22_cp_bilan_electrique_limousin.pdf

directement de la force moyenne du vent ? Pour mémoire, le parc éolien situé à Peyrelevade a été plusieurs années en déficit financier avec redressement judiciaire, la productivité prévue initialement n'ayant pas pu être atteinte. Le promoteur cite d'ailleurs le parc éolien de Peyrelevade, mais, bien sûr, sans évoquer ses difficultés : « *Malgré un gisement de vent qui permet l'installation de parcs éoliens dans des conditions de rentabilité acceptables, et malgré de nombreux projets en cours, un seul parc était en exploitation jusqu'en 2011. Sur le plateau de Millevaches, à Peyrelevade, 6 éoliennes de 120 m de haut...etc.* »

3- Le SRE 2013² (Schéma Régional Eolien) du Limousin place la zone du site d'implantation prévu à Saint Angel en « *zone favorable à contraintes modérées* » mais incluant au Nord de l'aire immédiate une « *zone favorable à fortes contraintes (enjeux forts)* ». En l'occurrence, la présence de cette zone devrait logiquement requalifier l'ensemble de la zone projet en « *zone favorable à fortes contraintes (enjeux forts)* » mais ce n'est pas l'avis du promoteur.... On frémit quand on sait que, dans ce SRE 2013, 234 communes de Corrèze (sur 286) sont déclarées « *favorables* » à une implantation d'éoliennes !! Il faut savoir que les critères de vent pour ce SRE ont été revus à la baisse depuis son édition de 2006, une vitesse de vent supérieure à 4,3 m/s soit 15,4 km/h étant suffisante aujourd'hui pour déclarer la zone « favorable » à l'éolien, ce qui ouvre plus des trois-quarts de notre région Limousin à la création de parcs éoliens !!

On ne voit donc pas bien quels éléments déterminants ont plaidé en faveur du choix du site de Saint Angel, si ce n'est une volonté forte des élus d'accroître les ressources de collectivités locales (commune, communauté de communes, département) qui en ont, certes, bien besoin dans un contexte de réduction des dotations de l'état. On peut néanmoins regretter que la recherche de ressources budgétaires supplémentaires devienne l'élément déterminant de ce type de réalisations plus qu'un véritable intérêt écologico-énergétique et ne tienne pas compte d'effets collatéraux néfastes et durables de plusieurs dizaines d'années sur l'environnement.

4- Enfin, beaucoup de réserves sont à faire sur la diffusion et l'information sur ce projet auprès des populations concernées c'est-à-dire, au minimum, celles de la zone dite éloignée correspondant à une distance de 18 km par rapport au site et notamment les habitants d'Ussel et d'Egletons. Quelques rencontres locales confirment que le niveau d'information est qualitativement et quantitativement très faible. Pourtant, les procédures ont été globalement respectées mais sont-elles efficaces ? Enfin, si cette information est donnée, est-elle impartiale présentant les enjeux positifs mais aussi négatifs ?

Concernant l'impact paysager :

1- Le projet comporte 5 éoliennes de 178,4 m de hauteur en bout de pâles soit l'équivalent d'un immeuble de 60 étages. L'impact sur nos paysages, véritable « trésor » local, sera à la mesure de la

2 : Ce SRE a été annulé par la Cour Administrative de Bordeaux en lecture du 12 Janvier 2017, ainsi qu'un recours du ministère de l'écologie. Le débat porte notamment sur le terme « favorable » largement utilisé. Qu'en est-il alors du SRE sur lequel s'appuie le promoteur VSB à plusieurs reprises pour justifier le projet de Saint Angel ? <https://www.legifrance.gouv.fr/affichJuriAdmin.do?oldAction=rechJuriAdmin&idTexte=CETATEXT000033878731&fastReqId=1536906371&fastPos=22>

-Pour le SRE Limousin : http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SRE_Limousin_2013_versionfinale1.pdf

taille de ces ventilateurs géants, blancs, qui seront dressés sur la crête qui borde la vallée de la Triouzoune sur son versant Est. On les apercevra de nombreux endroits, apparaissant au détour d'une route ou d'un sentier (comme sur le circuit de randonnée du Prieuré Saint Michel des Anges), écrasant de leur hauteur tout ce qui les entoure, surprenant le visiteur qui arrive sur un point de vue remarquable ou devant une table d'orientation, perturbant l'horizon des habitants en captant inévitablement le regard par leur lente rotation. L'étude d'impact comporte quelques photos-montages propres à se faire une idée du résultat mais impropres, par définition, à recréer l'impact visuel en situation de terrain.

Citons en vrac les zones impactées : quartiers pavillonnaires entiers du Nord et Nord-Est d'Ussel, bourg de Saint Angel, Valiergues, Chirac-Bellevue, nombreux hameaux à proximité comme Murat, Triouzoux et tant d'autres, ville d'Egletons, points de vue emblématiques comme le Mont Bessou, la D1089, la D108 la D979, etc, etc.

Malgré cela, le promoteur, arguant de la subjectivité de l'impact paysager déclare celui-ci faible à modéré !

Bien plus, page 30/354 de l'étude d'impact, évoquant l'environnement industriel, le promoteur écrit : « *il est à noter que cet aspect [industriel] est déjà bien présent au sein du paysage proche concerné par l'implantation des éoliennes, avec la présence d'une zone d'activités, de deux scieries et de l'autoroute A89. De même, l'exploitation sylvicole est visuellement bien présente : plantation de résineux aux alignements géométriques, présence d'engins de chantier sur les parcelles, coupes rases, immenses tas de bois...* ». Comment comparer ces quelques installations peu nombreuses de quelques mètres de haut (et productrices d'emplois), ou encore nos andins, ces fameux « *tas de bois* » probablement, à ces monstres mobiles de 180 m de haut ? De qui se moque-t-on ?

2- Le prieuré Saint Michel des Anges, classé monument historique par arrêté du 26 mai 2000, donne sa spécificité au village de Saint Angel dans lequel il occupe une position en hauteur, dominant le centre du bourg de son imposant édifice. Ce monument qui existe depuis le VIII^e siècle et comporte une église abbatiale du XI^e et XII^e siècle (base Mérimée référence PA00099838) sera surplombé de l'éolienne E1 qui se dressera en co-visibilité sur son côté Sud, altérant gravement le regard d'un observateur depuis le centre du bourg mais aussi depuis le nord du bourg, en direction d'Ussel. On peut lire à ce propos (page 30/354) « *Concernant la perception du prieuré, celle-ci risque d'être modifiée d'un point de vue **sémantique** par la perception simultanée avec les éoliennes. La mise en place de panneaux pédagogiques traitant à la fois de l'éolien, de l'histoire des paysages, ainsi que de l'exploitation et la mise en valeur des ressources naturelles et patrimoniales du territoire (mesure P-E2), ainsi que la participation à la mise en valeur des abords immédiats du prieuré (mesure P-E3), peuvent favoriser une meilleure acceptation sociale du projet.* ». L'impact résiduel est évalué modéré (p 250/354 de l'étude d'impact), ce qui se passe de commentaires tant cette évaluation est tendancieuse. Il est vrai que tout cela, selon le promoteur, n'est que modification « *sémantique* » de la perception visuelle !! Quant aux mesures proposées pour en atténuer les conséquences, on ne voit vraiment pas ce que quelques panneaux explicatifs ou des travaux sur les abords du Prieuré apporteront comme effets d'atténuation !! L'impact visuel sur le prieuré a d'ailleurs été relevé par la MRAE (Mission Régionale d'Autorité Environnementale) qui rapporte : « *incidences paysagères relativement fortes compte tenu de l'effet de surplomb des éoliennes sur le bourg de Saint-Angel et sur le Prieuré Saint-Michel des Anges.* ». Dans sa réponse à la MRAE, le promoteur n'apporte pas d'éléments supplémentaires sur ce point.

3- La vallée de la Triouzoune, autre zone emblématique de la région, sera aussi fortement impactée sur une longue distance par la présence des éoliennes sur la crête qui la limite à l'Est, effet néfaste reconnu comme enjeu fort à la page 22/354. Un peu plus loin, page 31/354, l'enjeu devient modéré

« Le projet éolien sera visible depuis la majeure partie de la vallée, occupant une portion de la ligne de crête formée par la succession de reliefs aux formes arrondies (impact modéré) », puis page 128/354 il redevient à nouveau fort, pour finalement, après mesures correctives, devenir modéré en impact résiduel (tableau page 250/354). Or, les mesures annoncées sont les mêmes que pour le Prieuré, c'est-à-dire complètement illusoires (panneaux d'information).

4- Enfin, et la remarque est d'importance, l'étude d'impact ne mentionne pas la création en cours d'un parc éolien entre le bourg de Davignac et le bourg de Péret Bel Air, sis au puy Péret, qui comportera 4 éoliennes de 180 m de haut, projet autorisé le 8 Janvier 2018 par arrêté Préfectoral. . Il est écrit page 257/354 de l'étude d'impact : « Une particularité de ce projet est qu'aucun autre parc éolien n'est en exploitation, accordé ou en instruction dans un périmètre d'une vingtaine de kilomètres. Il s'agit donc d'un espace encore vierge d'éolien. Le projet éolien le plus proche, le parc des Piauloux, est situé à plus de 30 km. Aucune covisibilité avec ce projet n'a été identifiée, notamment depuis les principaux panoramas recensés dans l'état initial ».

Ce site du puy Péret se trouve pourtant dans l'aire éloignée, à environ 15 km plein ouest de la zone de Saint Angel. Cette omission est d'autant plus étonnante que l'étude paysagère de ce projet du parc éolien du puy Péret avait été confiée à ENCIS énergies vertes, cette même société qui a réalisé l'étude paysagère de la zone de Saint Angel. Il semble d'ailleurs que ce type d' « oublis » soit récurrent pour ENCIS énergies vertes [(cf projet Lalande à Blanzac (87)]³. Bien plus, l'étude d'impact réalisée par ENCIS pour le parc du puy Peret note en sa page 161 que l'impact visuel existe bel et bien jusqu'au Prieuré de Saint Michel des Anges !!

En termes d'impact visuel, cela pourrait rendre caduque l'étude d'impact présentée dans le cadre de ce dossier, soulevant d'importantes réserves liées à une covisibilité par effets cumulés des deux sites. Pour prendre un autre exemple, depuis le Mont Bessou, le visiteur disposera d'un angle de vue sur les deux parcs, englobant les 9 gigantesques ventilateurs blancs, dont l'effet de masse devient significatif. Je rappelle ici que le SRE Limousin⁴, « dans un souci de cohérence des politiques en faveur de la biodiversité et des énergies renouvelables » recommande en sa page 66 de « respecter une distance de 15 km minimale entre deux périmètres de ZDE/deux projets éoliens ».

Concernant les aspects économiques du projet.

1- Le promoteur annonce une prévision de production annuelle de 28 900 MWh/an pour une puissance totale installée de 12 MWh (5 éoliennes de 2,4 MW). Calculons donc le facteur de charge⁵ espéré : $28900/12 = 2408$ heures de fonctionnement c'est-à-dire un facteur de charge de $2408/8768$ (nombre d'heures d'une année) = 0,27 soit 27 %. Cette prévision paraît très optimiste quand on sait que le facteur de charge national éolien en France en 2017 n'est que de 21,6 % alors même que ce résultat prend en compte des régions très ventées. Notons aussi qu'entre 2016 et 2017, alors que la puissance totale éolienne installée en France a progressé de 25 %, le facteur de charge moyen a diminué de 0,4 % ce qui tend à démontrer que la qualité du gisement de vent n'est plus le principal critère de décision et que les projets se multiplient de manière anarchique et désordonnée. Des groupements d'élus (conseillers départementaux et députés), comme dans l'Allier récemment (cf : article dans La Montagne du 27 Juin 2018) mais aussi dans la Somme, les Hauts de France, la Vienne, se sont émus de ce phénomène, désireux d'éviter une véritable « ruée vers l'or éolien » et le saccage de leurs régions par des projets d'éolien qu'ils ne maîtrisent plus.

3 : <http://www.haute-vienne.gouv.fr/content/download/20801/165349/file/C07.pdf> (page 4)

4 : Avec les réserves faites plus haut (p 2) sur la validité de ce SRE...

5 : le facteur de charge ou facteur d'utilisation d'une éolienne est le rapport entre l'énergie effectivement produite au cours de l'année et l'énergie qu'elle aurait pu générer à sa puissance nominale pendant la même période.

2- Le promoteur propose d'assurer le financement d'un éventuel démantèlement avec remise en l'état initial de la zone pour un budget de 50 000 euros par éolienne. Or, si l'on en croit nombre d'auteurs, ce chiffre est franchement sous-évalué et le coût serait considérablement plus élevé, de l'ordre de 400.000 euros par éolienne...et encore sans retrait des tonnes de béton déversées dans le sol.

3- L'impact sur les prix de l'immobilier est à prendre en considération, notamment sur la ville d'Ussel et certains de ses quartiers. En effet, qui souhaite acquérir un bien dont la vue lointaine est polluée par des éoliennes ? Parmi les 4 études citées par le promoteur sur ce thème, deux sont réalisées à l'étranger (Etats-Unis et Angleterre) et deux en France. L'une concerne le nombre de permis de construire, ce qui est une autre problématique. Une seule étude me paraît donc pouvoir être retenue comme informative : effectuée dans l'Aude en 2002, elle concerne 33 agences immobilières, et retrouve 24 % d'avis négatifs avec influence néfaste sur le marché de la vente et de la location, ce qui n'est pas négligeable. Malgré cette donnée, le promoteur qualifie l'impact immobilier des éoliennes de « faible à modéré ». (Tableau Page 249/354). Je ne suis pas sûr que les propriétaires concernés à Ussel et en d'autres lieux soient du même avis...

4- Seules retombées économiques positives, les revenus procurés aux collectivités locales par le biais des taxes diverses (qui peuvent pourtant, au gré du bon vouloir des politiques successives, se modifier en défaveur de ces collectivités) et la perception de loyers par les propriétaires de parcelles. Par ailleurs, mis à part une sollicitation transitoire des entreprises locales en phase de construction et de défrichage, l'emploi local ne sera que très peu impacté sur le long terme.

Concernant l'impact sur la faune aviaire et les chiroptères

1- En phase d'exploitation, l'étude d'impact rend compte de la situation pour la faune aviaire. L'essentiel des inquiétudes concerne le Milan Royal, le Milan Noir et les Grues Cendrées en migrations. Un nid de Milan Royal est relevé, proche de Valiergues (à 2 km du site), et ce rapace a été observé de nombreuses fois dans le site de Saint Angel. Le Milan Royal qui est bien connu dans les Pyrénées et le Massif Central, fait l'objet d'un PNA (Plan National d'Action) pour la période 2018-2027 validé par le Ministère de la Transition écologique et Solidaire et la DREAL Grand Est qui se décline en 19 mesures visant à préserver des conditions environnementales favorables à son maintien. Parmi de nombreuses menaces qui pèsent sur ces rapaces, l'éolien représente un risque important et c'est même l'espèce la plus touchée par le risque de collision avec les pales des éoliennes. D'autre part les gorges de la Dordogne (à 8,9 km du site de Saint Angel) sont connues comme un site important au plan national de reproduction du Milan Royal. De fait, l'étude d'impact précise : « *l'enjeu avifaunistique du site est jugé modéré à fort pendant la période de reproduction* ».

2- Concernant les chiroptères, notamment la Pipistrelle Commune, l'enjeu est considéré comme fort, avec risques de collision, de barotraumatismes, et on relève la présence d'une ZSC (Zone spéciale de Conservation) à 7,1 km. Le rôle des lisières forestières est reconnu dans le SRE⁶ page 65 : « *En règle générale, les éoliennes ne doivent pas être installées dans les forêts, ni à une distance inférieure à 200 m, compte tenu du risque qu'implique ce type d'emplacement pour toutes les chauves-souris. A proximité des bois, la question de la hauteur doit être soulignée. L'activité des chauves-souris au-dessus de la canopée est d'un intérêt particulier.* » Or, les éoliennes du site de Saint Angel seront implantées à

6 : avec les réserves sur la validité de ce SRE...

une distance nettement plus faible (autour de 50 m) mais, malgré cela, l'impact résiduel pour les chiroptères est jugé par le promoteur (tableau page 251/354) faible à modéré et non significatif, après mesures de corrections telles que l'arrêt programmé des éoliennes dans certaines conditions...

Le contexte général des énergies renouvelables en France

1- Enfin, avant de conclure, nous retrouvons dans le projet de VSB, à plusieurs reprises, une justification de la nécessité de développer l'éolien qui fait appel à des notions générales économiques, énergétiques et écologiques, bien connues et répétées en boucle depuis quelques années par le lobby éolien. Or, ces arguments sont de plus en plus remis en question y compris par de respectables institutions comme la Cour des Comptes qui s'inquiète dans son rapport au sénat sur « le soutien aux énergies renouvelables » de Mars 2018. Les titres des chapitres de ce rapport sont évocateurs et se passent de commentaires : « UN SOUTIEN FINANCIER TRÈS ÉLEVÉ ET DÉSÉQUILIBRÉ---UN VOLUME GLOBAL DES CHARGES DE SOUTIEN À VENIR MAL ANTICIPÉ---DES DISPOSITIFS QUI NÉCESSITENT ENCORE DES AJUSTEMENTS---UN PILOTAGE PEU LISIBLE ET INSUFFISAMMENT INTÉGRÉ... ».

2- Le problème de **l'intermittence** (pas de vent et/ou pas de soleil, pas d'électricité) des sources d'énergie renouvelables est au cœur des polémiques, remettant en question l'argument de leur intérêt dans la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, principal argument avancé par les promoteurs. En effet, plus la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique augmentera, plus l'ensemble sera difficile à gérer, notamment pour suivre la demande de consommation pendant les phases d'intermittence et faire face à d'importantes variations de cette demande. Il sera alors nécessaire de disposer de centrales thermiques (backup) seuls équipements autorisant une mise en service rapide, modulable dans le temps, aptes à se substituer aux éoliennes pour affronter sans risques pour les consommateurs les périodes d'intermittence pendant lesquelles la production éolienne (ou solaire) s'effondre. Les centrales nucléaires ne permettant pas cette souplesse d'utilisation, les centrales les plus adaptées à cet objectif sont les centrales à gaz, dont le développement inéluctable ne fera qu'augmenter la production de gaz à effet de serre (voir la situation en Allemagne). L'intérêt des grandes entreprises gazières qui investissent massivement dans l'éolien n'est peut-être pas tout à fait désintéressé... En conséquence, pour rester dans des considérations locales, les comparaisons telles que celle de la page 13/354, « *Ainsi, l'intégration au réseau électrique du parc de Saint-Angel permettra théoriquement d'éviter l'émission d'environ 2 168 tonnes de CO2* » sont très tendancieuses voire fausses, utilisées surtout pour leur effet d'annonce...

En conclusion :

Le dossier présenté par le promoteur du parc éolien de Saint Angel (VSB énergies nouvelles), singulièrement son étude d'impact, malgré une description assez complète des points clés pouvant poser problèmes, comporte un certain nombre de jugements discutables car toujours conclus en sa faveur, des omissions graves comme la présence d'un autre site éolien dans la zone dite « éloignée » (omission ou dissimulation ?), des éléments absents (gisement éolien non décrit), le non-respect des distances par rapport aux lisières de forêts, des prévisions de productivité optimistes voire irréalistes qui conditionnent pourtant l'ensemble du projet.

Par ailleurs la co-visibilité avec un monument historique classé, emblématique, le prieuré Saint Michel des Anges, et un impact paysager majeur sur le site de la vallée de la Triouzoune appellent à de très sérieuses réserves.

En l'état, ce projet de parc éolien à Saint Angel pose un grand nombre de difficultés, volontairement et artificiellement amoindries dans la présentation faite par le promoteur, mais qui me paraissent suffisantes pour contester l'intérêt de sa réalisation.

Philippe Laporte le 7 Juillet 2018

Sujet : [INTERNET] Enquete publique relative au projet éolien de Saint Angel

De : J P Peuch

Date : 09/07/2018 15:46

Pour : <pref-environnement@correze.gouv.fr>

Courriel de Peuch Jean-Pierre

Le Fagnat

19320 Gumond

Bonjour

Il est déplorable que les fruits de la cspe servent à alimenter des capitaux privés sous couvert d'une hypothétique production d'énergie renouvelable

Les éoliennes actuelles ont besoin pour démarrer d'une vitesse de vent de 3m /s soit environ 10km/h

Les éoliennes actuelles sont à leur capacité nominale avec un vent de 11m/s soit environ 40 km/h

Nous n'habitons pas une région où les vents ont cette vitesse

Il suffit en Corrèze de se référer aux rendements des éoliennes de Peyrelevalade

L'installation de ces machines ne produira du courant que d'une manière alternative et d'ailleurs pas forcément quand le besoin s'en fera sentir

Mon opinion est contre l'installation de ces machines dans des zones comme nous non ou peu ventées

De plus l'impact visuel sera très fort avec des machines qui dépasseraient de 130 m au dessus de résineux de 50m maxi et 150 m au dessus des feuillus

Toutes les études d'impact avec leur photo montage montrent des éoliennes sur fond nuageux pour masquer la répercussion visuelle

Le démantèlement obligatoire en fin de vie

50000€ sont provisionnés au début du dossier, qui paye la différence environ 300000€ :le promoteur ?le propriétaire foncier qui a reçu des profits de location terrain ?

Avis défavorable