

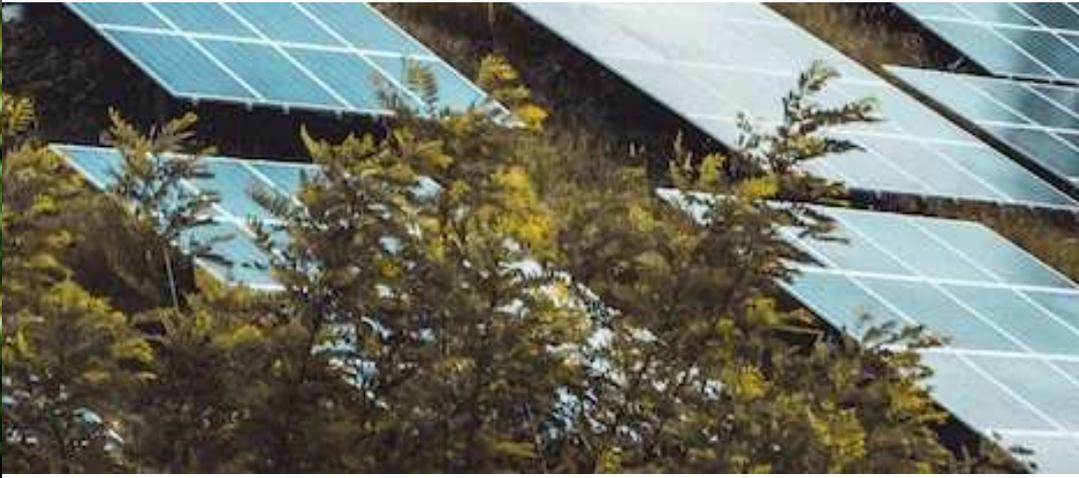
Leviers de prise en compte de la biodiversité dans le développement des énergies renouvelables



CAHIER 2

Leviers technico-régaliens

*Etude réalisée dans le cadre du programme européen LIFE
« Biodiversité intégrée dans les territoires et les politiques »*



Leviers de prise en compte de la biodiversité dans le développement des énergies renouvelables

CAHIER 2

Leviers technico-régaliens

*Etude réalisée dans le cadre du programme européen LIFE
« Biodiversité intégrée dans les territoires et les politiques »*

Auteurs : Alice Lucken, Gaia Bellavista, Pauline Rault

Auteurs et contributeurs

Pilote de l'étude

Véronique de Billy, Office Français pour la Biodiversité (OFB)

Auteurs

Alice Lucken, Gaia Bellavista, Pauline Rault (PwC)

Conseil scientifique

- Conseil scientifique mobilisé par Luc Abbadie et Pierre Lacaze, Institut de la transition environnementale de l'Alliance Sorbonne Université (ITE-ASU) :
- Céline Pelletier, Marie Delannoy, Romain Julliard, Christian Kerbirou, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)
- Pascal Jollivet, Université de Technologie de Compiègne (UTC)
- Emmanuel Gendreau, Jean-Christophe Lata, Marianne Cohen, Nadine Witkowski, Sorbonne Université
- Julien Prieur, expert indépendant enseignant à Sorbonne Université.

Comité de suivi

- Adeline Mathien, Stéphanie Morelle, France Nature Environnement (FNE)
- Clémentine Azam, Isabella Rubini, Union Internationale pour la conservation de la nature (UICN)
- Geoffroy Marx, Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)
- Sylvie Gilet, Association Orée
- Philippe Moutet, Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France
- Aurélie Breissac, Communauté de communes de Durance Lubéron Verdon Agglomération (DLVA)
- Justine Peullemeulle, Marie Valentin, Energie partagée
- Etienne Berille, EDF Renouvelables
- Mailys Peter, Compagnie Nationale du Rhône

- Annabelle Boutet, Elodie Bourgeois, Matthieu Angotti, Agence Nationale de la Cohésion des Territoires (ANCT)
- Baptiste Regnery, Mila Bétemps, Agence Régionale de la Biodiversité (ARB)
- Jean Michel Parrouffe, Thomas Eglin, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)
- Stéphanie Jallet, Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE)
- Alban Gheeraert, Ministère de la Transition Ecologique (DGEC - MTE)
- Jérémy Hetzel, Bénédicte Lefèvre, DREAL HDF
- Aime Boscq, Enerplan
- Camille Charpiat, Jeremy Simon, Léa Ezenfis, Syndicat des énergies renouvelables (SER)
- Chloé Perradin, Robin Dixon, France énergie éolienne (FEE)
- Jérôme Wendling (MACIF).

Remerciements

Anne Cazin, Frédérique Gerbeaud Maulin, François Gauthiez, René Lalement, Auriane Bugney, Benoît Jean, Hélène Loiseau, Matthieu Delabie, Nicolas Hette-Tronquart, Office Français pour la Biodiversité (OFB), Barbara Schoenberg, Ivan Ramirez, Laura Cerasi, Tilman Carlo Schneider, Energy Task Force Antonin Vergez, Union Internationale pour la conservation de la nature (UICN), Florian Richard-Dap, Clara Buonocore, Carl-Maria, Bohny, Helena Lapeyra, Simona Benedettini (PwC), Jorge Collado et Deborah Herrera (Total Energy Spain), Rudiger Kipke, Ingolf Winter (RWE), Mattijs Erberveld (ministère des Transports, travaux publics et management des eaux aux Pays-Bas), Sacha de Rijk (DELTA RES, Pays-Bas), Helle Herk-Hansen (Vattenfall, Suède). Breffni Lennon (University of Cork), Isabel Carpenter (Natural England).

Réalisation dans le cadre du projet LIFE BTP « Biodiversité intégrée dans les territoires et les politiques », soutenu par le programme LIFE de l'Union Européenne.

Pourquoi cette étude ?

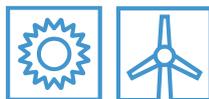
Cette étude vise à capitaliser et à valoriser des initiatives issues du terrain et permettant à la chaîne d'acteurs concernée par les énergies renouvelables (institutionnels, industriels, financiers, associations non gouvernementales et citoyens) de s'en saisir.

Elle apporte des pistes de réflexion en matière de modalités concrètes de conciliation des deux politiques sectorielles que sont la transition énergétique d'une part, et la préservation de la biodiversité d'autre part, en effectuant un parangonnage à l'international des leviers d'intégration de la biodiversité dans les énergies renouvelables.

Après un premier état des lieux de la connaissance scientifique ou de la littérature grise sur le sujet, cette étude présente des exemples concrets de leviers par catégories (acteurs concernés, modalités de mise en place, gouvernance, etc.), et des pistes de réflexion en cas d'un éventuel déploiement en France.

Cet état des lieux s'attache plus particulièrement à la filière **éolienne terrestre**, ainsi qu'aux **filières solaires au sol et flottante**.

Trois catégories de leviers ont été étudiées : **technico-régaliens, économiques et socio-cognitifs**.



English Summary

This study aims to capitalize on and promote initiatives from the field, enabling the chain of actors involved in renewable energies (institutions, industry, finance, NGOs and citizens) to seize them. It provides food for thought in terms of concrete ways of reconciling the two sectoral policies of the energy transition on the one hand, and the preservation of biodiversity on the other, by comparing the levers for integrating biodiversity into renewable energies at the international level. Three categories of levers were studied in particular: economic, technical & regulatory and socio-cognitive.

After an initial review of scientific knowledge and grey literature on the subject, this study presents concrete examples of levers by category (stakeholders involved, implementation methods, governance, etc.), and avenues for action in the event of a possible deployment in France. This review focuses on the onshore wind energy sector, as well as on the ground and floating solar energy sectors.



Résumé

La synthèse de la littérature met en évidence trois catégories de leviers technico-régaliens de prise en compte de la biodiversité dans les EnR.

Il s'agit :

- D'outils d'appui au déploiement territorial des EnR ;
- De documents cadres prédisposant les attendus des autorités administratives en matière de conception des projets EnR ;
- D'outils scientifiques et techniques d'appui à l'éco-conception des projets.

Un parangonnage réalisé à l'échelle internationale illustre ces trois catégories au travers de 31 exemples de leviers mobilisables visant à atténuer les incidences des EnR sur la biodiversité (cf. **annexe 1**).

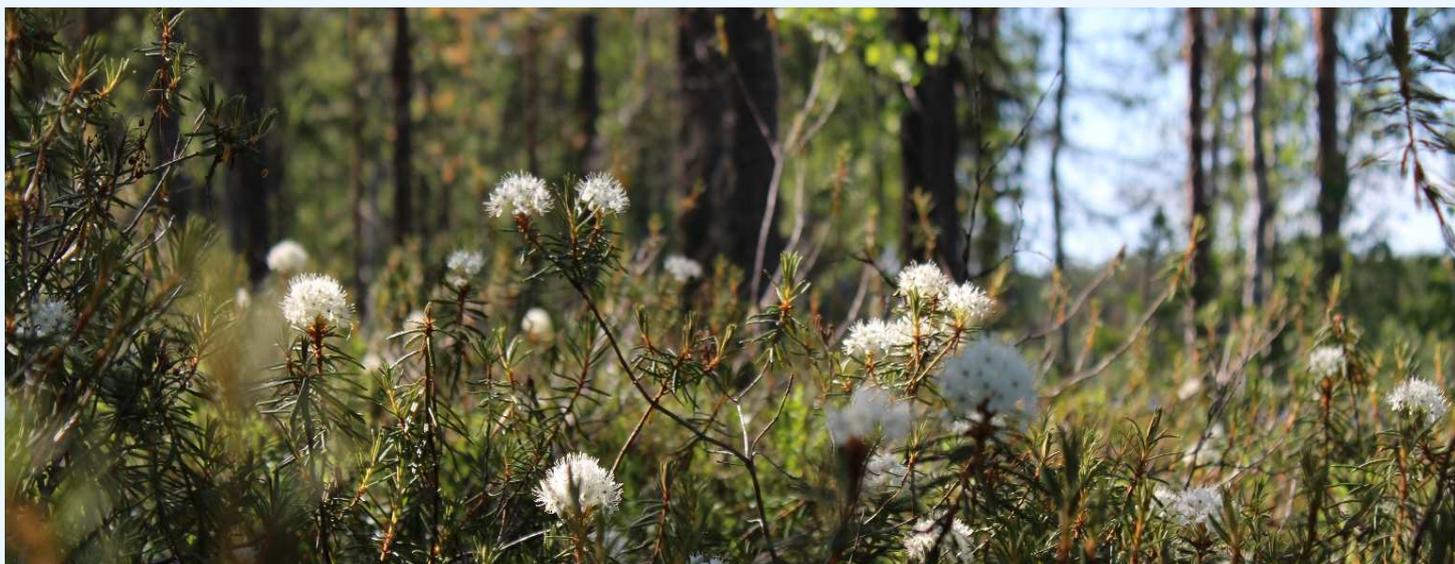
La cartographie des leviers qui en a résulté a permis au comité de suivi d'identifier deux types de leviers à étudier en priorité, dont :

- Les outils d'appui à la planification, à destination des collectivités territoriales ;
- Les outils d'anticipation des modalités d'éco-conception des infrastructures énergétiques.

Ces deux types de leviers ont fait l'objet d'études approfondies à l'aide d'exemples développés à l'international.

Les modalités d'un éventuel déploiement en France de ces derniers ont ensuite été étudiées. Les pistes de réflexion figurant dans ce document ont été discutées et coconstruites avec les membres du comité de suivi :

- Concernant les outils d'appui des collectivités au déploiement territorial des EnR, la mise à disposition de bases de données SIG environnementales et énergétiques, et d'une méthode d'objectivation du choix des filières énergétiques et des sites d'implantation des projets a été évoquée ;
- Concernant les outils d'anticipation des modalités d'éco-conception des infrastructures énergétiques, un intérêt particulier a été porté sur les outils visant à standardiser certaines pratiques ou méthodes, clarifiant et simplifiant ainsi les choix techniques à effectuer en amont de l'instruction des projets. Deux exemples illustrent ces pratiques : le pré-cadrage amont de la conception des parcs éoliens terrestres (dont des mesures ERC associées) en Allemagne ; et la standardisation du protocole de suivi des installations solaires PV flottantes aux Pays-Bas.



Sommaire du Cahier 2 (leviers technico-régaliens)

Résumé.....	5
Chapitre 1 – Etat de l’art de la connaissance et synthèse des leviers technico-régaliens	8
1. Synthèse de la littérature	9
2. Synthèse du parangonnage.....	15
Chapitre 2 - Outils d’appui au déploiement territorial des EnR	17
1. En bref.....	18
2. Etude de cas : outil SIG Magic MAP (Royaume-Uni)	20
2.1 Gouvernance	20
2.2 Données mises en ligne.....	21
2.2 Modalités d’utilisation	23
3. Pistes d’action envisagées concernant les outils d’appui à la planification	24
3.1 Point de convergence : accompagner les collectivités territoriales dans la planification des EnR..	24
3.2 Point à approfondir : modalités de mise à disposition de données géoréférencées	26
Chapitre 3 - Outils d’anticipation et de standardisation des pratiques en matière d’éco-conception et de suivi des projets EnR	28
1. En bref.....	29
2. Précadrage amont de la conception technique des parcs éoliens terrestres (Allemagne)	31
2.1 Cadre législatif fédéral.....	32
2.2 Cadre réglementaire à l’échelle des Länder	33
2.3 Contenu des documents de pré-cadrage amont	35
2.4 Evaluation des risques d’incidences et démarche pas à pas d’instruction.....	36
2.5 Mesures d’évitement et de réduction proposées dans les documents de cadrage amont	39
2.6 Compensation des incidences résiduelles.....	44
2.7 Exemples de mesures d’accompagnement	46
3. Acquisition de connaissances scientifiques simultanément au développement d’une filière émergente : cas de la filière solaire flottovoltaïque aux Pays-Bas	47
3.1 Objectifs	47
3.2 Acteurs impliqués.....	47
3.3 Outils développés.....	48
3.4 Démarches pas à pas d’analyse des projets par procédures.....	48
3.5 Modèle d’évaluation des incidences potentielles des parcs flottovoltaïques sur la qualité physico-chimique et écologique des plans d’eau	50
3.6 Protocole de suivi standard de la qualité de l’eau et de l’écologie des écosystèmes lacustres équipés de parcs flottovoltaïques	52
3.7. Retour d’expérience opérationnel sur la démarche.....	53

4. Pistes d'action envisagées.....	55
4.1 Pistes relatives au précadrage amont de la conception technique des projets EnR	55
4.2 Pistes relatives à l'acquisition de connaissances scientifiques, concomitamment au développement des EnR	57
Bibliographie	58
Annexes	69

Avertissement : le rapport dans son ensemble est structuré en quatre cahiers :

Cahier 1 : Synthèse du rapport

Cahier 2 : Leviers technico-régaliens (présent document)

Cahier 3 : Leviers économiques

Cahier 4 : Leviers socio-cognitifs

Chapitre 1 – Etat de l’art de la connaissance et synthèse des leviers technico-régaliens



1. Synthèse de la littérature

Leviers de dérisquage des choix de sites d'implantation des projets EnR à l'échelle de la planification

Parmi les leviers non-régaliens relevant de recommandations techniques, les méthodes destinées à accompagner le déploiement territorial des EnR tout en tenant compte des enjeux de préservation de la biodiversité et des paysages, occupent une place prépondérante (Allinson et al, 2020 ; Commission européenne, 2021). Au sein de ces dernières, deux d'entre elles se distinguent.

Exploitation de données géoréférencées

La première consiste à la mise à disposition de données géoréférencées permettant i) de situer géographiquement, voire de superposer, différentes contraintes et enjeux présents au droit d'un secteur donné ; et ii) d'évaluer les effets cumulés probables de nouvelles installations ou activités anthropiques, avec celles existantes. Le **taux d'exposition au risque** de certaines espèces vis-à-vis d'une activité donnée peut également être estimé au regard de la nature et de l'intensité des pressions anthropiques d'ores et déjà présentes au sein de leur aire de répartition spatiale.

L'exploitation de ces données peut donner lieu à l'identification :

- Soit de secteurs présentant des **opportunités de développement** compte tenu de l'absence de contraintes géotechniques ou d'enjeux socio-économiques ou écologiques. Il peut s'agir par exemple de gisements d'espaces déjà anthropisés tels que des infrastructures, friches, etc. (Monnier et al, 2018 ; Carrere et al, 2019). Ces critères peuvent être intégrés, par exemple, par les autorités adjudicatrices dans le cadre d'appels d'offres publics allouant des dispositifs de soutien aux EnR [cf. **cahier 3** : critères prévus par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) pour les projets d'énergie éolienne et solaire] ;
- Soit de secteurs écologiquement sensibles et donc à **risques d'incidences élevés** compte tenu de la

présence de milieux naturels ou d'espèces à forts enjeux de conservation (ex. : sites classés ou inscrits à la Stratégie Nationale « aires protégées » ; points chauds de biodiversité ; aires de répartition spatiale d'espèces menacées d'extinction ; etc.), ou présentant des services écosystémiques dont les atteintes seraient préjudiciables aux besoins anthropiques (zones de protection contre l'érosion des sols, de régulation des crues ; zones d'alimentation en eau potable ; puits de Carbone ; services culturels ou culturels ; etc.).

Les méthodes visant à définir les secteurs écologiquement sensibles peuvent affiner ces zonages à l'échelle d'un territoire donné, en intégrant des critères supplémentaires, dont à titre d'exemples :

- Le risque d'effet cumulé d'un nouveau projet sur la biodiversité, les sols ou les paysages compte tenu des pressions exercées sur ces composantes environnementales par les activités anthropiques d'ores et déjà en exploitation à l'échelle de ce territoire (ex. taux de saturation du paysage, taux de vulnérabilité d'une espèce, etc.) ;
- Les possibilités concrètes – ou non - de remédier à ces effets cumulés et de respecter les objectifs de « zéro perte nette de biodiversité » ou de « zéro artificialisation nette » à l'aide de mesures spécifiques d'atténuation de ces effets. Ainsi, la connaissance de la vulnérabilité d'une espèce vis-à-vis d'une activité et sur un territoire donné permet de définir jusqu'à quel niveau cette activité peut se développer sur ce territoire. Celle-ci est évaluée en combinant la sensibilité de cette espèce à cette activité (fonction de ses traits bio-écologiques : comportement, taux de renouvellement des générations, état de conservation des populations, etc.), avec le taux d'exposition à cette activité sur le territoire étudié (La Rivière et al, 2015).

Ces méthodes peuvent également donner lieu à la proposition de zonages à intégrer à une échelle supra, notamment dans les Plans et programmes nationaux : cas des Trames vertes et bleues déjà existantes ; et

dernièrement, proposition d'une Trame aérienne (Sordello et al., 2022).

Caractérisation et hiérarchisation des enjeux territoriaux

La seconde approche, d'ordre méthodologique, vise à accompagner les structures en charge de la planification territoriale, dans l'évaluation et la conciliation de différents besoins, contraintes et enjeux à l'échelle d'un territoire donné. Ce faisant, elles permettent d'objectiver certains choix d'activités (dont de filières énergétiques, de secteurs à équiper) ou d'exclure certaines zones de tout équipement, en s'appuyant sur des méthodes définissant les modalités de choix, de combinaison et de hiérarchisation des critères à prendre en compte. L'ensemble des contraintes et enjeux territoriaux peuvent être intégrés au sein de ces méthodes, et ce, à différentes échelles spatiales, qu'ils soient liés à la préservation de l'environnement local (zones de protection de la biodiversité, corridors écologiques, etc.), à des problématiques géotechniques (raccordement, disponibilité actuelle et à venir des ressources nécessaires à la production d'EnR) ou socio-économiques voire politiques (frontières administratives, proximité des zones d'habitations, sensibilités paysagères).

Parmi les méthodes de référence, peuvent être citées :

- les approches dites NEXUS, qui visent à une « analyse intégrée des secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation et qui tente de concilier les aspects sociaux, écologiques et les intérêts économiques qui se disputent les mêmes ressources

rare en s'attaquant aux compromis » (Keskes et al., 2019) ;

- les modèles issus des sciences géographiques, reposant sur une modélisation écologique de la séquence ERC (Boileau, 2022) ;
- ou encore des méthodes de pondération et grilles multicritères (Allinson et al, 2020 ; Commission européenne, 2021).

Ces approches peuvent donner lieu à la proposition de modèles de symbiose territoriale ou de scénarios prospectifs de planification territoriale (Boileau, 2022) ; appuyer les décideurs publics dans l'aménagement de leur territoire (pour l'éolien terrestre, Goncalves et al., 2019) ; ou veiller à la cohérence d'un point de vue stratégique, des plans et programmes nationaux avec les plans et programmes régionaux (pour l'éolien terrestre, groupe de travail national « pour un développement harmonieux de l'éolien » ; Ministère de la transition écologique, 2019 ; Association négaWatt, 2020).

A l'échelle locale, les méthodes d'identification et de pondération des enjeux et contraintes dites « grilles multicritères » sont régulièrement utilisées (cf. cahier sur les leviers socio-cognitifs). Jugées opérationnelles, faciles d'accès et lisibles de tous, elles permettent de comparer différents scénarios ou projets territoriaux sur la base de critères objectifs. Elles constituent de fait un outil de concertation et un cadre permettant aux décideurs publics d'aborder l'ensemble des usages, besoins, enjeux et contraintes de manière globale et non sectorielle. Certains acteurs publics commencent à utiliser ces méthodes dans leurs outils de planification stratégique, comme l'illustre certains « Plans paysage et transition

Exemples d'outils d'appui à la planification spatiale

Magic Map



Au Royaume-Uni, Magic Map est un outil de cartographie en ligne accessible à tous, mis à disposition par le gouvernement pour concaténer l'information publique SIG. Elle s'adresse plus particulièrement aux planificateurs territoriaux et aux développeurs. L'utilisation de cette plateforme est prévue de manière obligatoire dans plusieurs procédures :

- Dans le cadre d'un appel à projets EnR, les candidats peuvent directement vérifier l'éligibilité de leur zone dans l'outil, en sélectionnant un filtre SIG
- Les autorités locales doivent utiliser l'outil dans tous leurs processus de planification et d'instruction des projets, pour vérifier la proximité éventuelle de zones protégées, et consulter Natural England (agence biodiversité) le cas échéant.

Méthode LARES



En Irlande, les collectivités territoriales s'appuient sur la méthode LARES (Local Authority Renewable Energy Strategy), qui facilite la cohérence de leur approche avec la programmation nationale, et aide les autorités locales à élaborer des stratégies consolidées, coordonnées et durables, conformément aux obligations nationales et européennes.

énergétique » qui intègrent les enjeux de biodiversité et de résilience des habitats face au changement climatique, au même niveau que les autres enjeux et contraintes (e.g. Plan de Paysage de la transition énergétique et climatique du Parc naturel régional des Pyrénées Ariégeoises, 2020).

Actuellement, les mesures d'urgences adoptées à l'échelle européenne comme nationale et dont l'objectif est d'accélérer le déploiement des EnR sur le territoire, comprennent des dispositions visant à identifier différents secteurs au sein desquels l'instruction des projets sera plus ou moins simplifiée et accélérée. Ces dispositions invitent d'autant plus à utiliser ces méthodes, gages d'une identification objectivée des sites favorables à l'équipement et des sites écologiquement sensibles, de l'anticipation des mesures ERC et du dérisquage *in fine* des projets.

Outils régaliens

Parmi les leviers techniques permettant la prise en compte de la biodiversité dans le développement des EnR, les outils régaliens accompagnant les collectivités, développeurs et services instructeurs dans la planification, la conception, l'instruction, l'information auprès du grand public, l'autorisation puis le contrôle en phase d'exploitation des infrastructures énergétiques jouent un rôle central dans la mesure où ils s'imposent à toute la chaîne d'acteurs comme un cadre contraignant.

Si la présente étude n'a pas vocation à faire une analyse de droit comparé, un certain nombre d'instruments peuvent néanmoins être cités :

- Les Règlements européens, d'application immédiate à l'ensemble des Etats membres de la communauté européenne (CE) ;
- Les Directives européennes dont l'application nécessite au préalable une transposition en droit national par chaque Etat membre de la CE. A noter qu'en cohérence avec ces dernières, les atteintes des installations, ouvrages ou toutes autres activités

d'origine anthropique à des sites d'intérêt communautaire classés au titre de Natura 2000, à des cours d'eau ou zones humides, à des espèces protégées, etc., peuvent faire l'objet d'une évaluation des incidences voire d'une procédure spécifique ;

- Les Lois votées au sein de chaque Etat membre ainsi que les Décrets, Arrêtés ministériels ou autres documents cadres nationaux de pré-cadrage amont de la conception technique des projets qui en découlent, et dont les articles ou prescriptions sont repris ou annexés aux codes forestiers, de l'environnement, de l'urbanisme, de l'énergie, des marchés publics, etc. Ces textes législatifs ou réglementaires indiquent de manière plus ou moins détaillée, les modalités de déploiement territorial, de conception, d'instruction, d'autorisation, de suivi ou de contrôle des activités anthropiques ;
- Enfin, certains plans et programmes territoriaux ou documents de pré-cadrage de la conception technique des projets, complémentaires aux textes nationaux. Ces derniers émanent d'instances territoriales et peuvent également s'imposer aux projets (e.g. documents cadres émis par les Lands allemands ; SDAGE¹, SAGE², PGRI³, etc. publiés par les instances de bassin ou de sous-bassins pour la France, etc.). L'encadrement législatif ou réglementaire de ces plans et programmes, dont des procédures de planification territoriale de certaines activités, peut être structurante pour les projets dans certains pays européens. En France, la qualification des zones naturelles dans les documents d'urbanisme (PLUi), et les modalités d'aménagement ou d'autorisation qui leur sont associées, peuvent limiter le développement de certaines activités anthropiques au sein de milieux naturels considérés comme écologiquement sensibles ou faisant l'objet, localement, d'une volonté de préservation du patrimoine naturel.

Concernant les EnR, différentes procédures et régimes d'instruction s'appliquent en France selon les filières concernées (e.g. étude d'impact, étude d'incidence

¹ SDAGE : schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux

² SAGE : schéma d'aménagement et de gestion de l'eau

³ PGRI : plan de gestion des risques d'inondation

environnementale). La nomenclature annexée à l'article R.122-2 du code de l'environnement distingue, pour chaque catégorie de projet, ceux directement soumis à évaluation environnementale, de ceux soumis le cas échéant à une autre procédure, selon une évaluation au cas par cas. A titre d'exemples, les installations photovoltaïques d'une puissance égale ou supérieure à 1 MWc sont soumises à évaluation environnementale, et les installations d'une puissance égale ou supérieure à 300 kWc sont étudiées au cas par cas. En deçà, les installations photovoltaïques ne sont pas concernées par l'évaluation environnementale. Par ailleurs, les modalités techniques de conception de ces projets sont dans certains cas, précisées par Décret ou Arrêté ministériel de prescriptions générales⁴.

Le respect de la séquence « ERC », fil rouge de la planification et de la conception technique des projets, s'impose dans tous les cas à l'ensemble de ces projets, comme à toutes autres installations, ouvrages, travaux ou activités susceptibles d'engendrer des incidences sur l'environnement.

Afin de comprendre la portée de ce type de levier, il convient de considérer en parallèle i) les éventuelles dispositions dérogatoires associées, comme par exemple les procédures de dérogation à l'interdiction de destruction des espèces protégées ; ii) les possibilités, pour l'Etat, de refuser les projets qui ne respecteraient les objectifs, principes ou prescriptions inscrits aux codes visés ; et iii) les possibilités et modalités d'initiation de procédures contentieuses, administratives ou judiciaires.

Exemples d'outils d'appui à la conception, à l'autorisation et au suivi des projets EnR

Documents de pré-cadrage amont



En Allemagne, les documents de pré-cadrage amont sont des outils établis à l'échelle de chaque Länder, qui permettent d'anticiper les risques et de les maîtriser, ce qui favorise une bonne prise en compte des enjeux écologiques tout en sécurisant les projets sur le plan juridique et financier. Ils ne sont pas homogènes, mais couvrent la plupart du temps essentiellement les enjeux liés aux oiseaux et chiroptères.

Protocole de suivi obligatoire pour le solaire flottant



Aux Pays-Bas, bien que les centrales PV flottantes en eaux industrielles (espaces privés) ne soient pas soumises à autorisation, les porteurs de projet ont néanmoins l'obligation d'effectuer un suivi environnemental, selon un protocole standard scientifiquement établi, visant à alimenter une base nationale de connaissance et un modèle prédictif en cours de construction.

Critères d'atténuation inscrits dans la loi, pour la filière solaire PV flottant



En l'absence de connaissances précises sur les impacts du PV flottant, les autorités fédérales ont inscrit dans la loi en 2022 des critères d'atténuation stricts pour la filière :

- Evitement des plans d'eau naturels
- Couverture maximale de la surface totale du plan d'eau à hauteur de 15%
- Distance à la rive supérieure ou égale à 40 m.

⁴ Cf à titre d'exemples : Pour l'éolien terrestre : Arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ; Pour l'hydroélectricité : Décret n° 2016-530 du 27 avril 2016

relatif aux concessions d'énergie hydraulique et approuvant le modèle de cahier des charges applicable à ces concessions ; Arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés ; etc

Exemples d'outils normatifs de planification territoriale des projets EnR

GSE (gestione servizi energetici)



En Italie, le [décret législatif transposant la directive 2018/2001/UE](#) rend obligatoire pour les régions et les provinces autonomes italiennes l'identification des zones propices à l'installation des EnR. Afin de garantir un service adéquat, une plateforme numérique est en cours de développement (par la société GSE, Gestione Servizi Energetici), destinée à inclure toutes les informations nécessaires aux autorités locales pour collecter et traiter les données, localiser les sites environnementalement sensibles et estimer les potentiels énergétiques.

Planification des futures capacités solaires flottantes



Aux Pays-Bas, la définition des critères de conception et de zonages à respecter pour l'installation des EnR est confiée aux régions. La filière émergente solaire PV flottante ne fait pas exception, et l'Etat a demandé aux régions de définir ces critères d'ici à 2025, ces derniers s'appliquant ensuite de manière obligatoire. Afin d'objectiver ces choix, un programme scientifique d'acquisition accélérée de la connaissance des incidences de ces installations sur l'environnement a été mis en place. Un protocole standard de suivi est imposé à tous les projets installés dans les plans d'eau artificiels. Un projet pilote en plan d'eau naturel est également mis en place.

Guides méthodologiques

Pour atténuer les incidences des projets EnR à l'échelle locale, les acteurs des filières éoliennes onshore et solaire PV au sol sont dotés aujourd'hui de référentiels ou guides techniques. Adaptés à chaque filière, ils visent à anticiper la mise en œuvre de mesures ERC et de suivis dès les phases amont de conception et de budgétisation des projets.

Ces guides présentent généralement une synthèse de la connaissance des pressions exercées par telle ou telle ouvrages ou activités sur les milieux naturels et de leurs incidences sur la biodiversité ; et s'appuient sur la connaissance, plus émergente, de l'efficacité de telle ou telle mesure d'atténuation pour effectuer des recommandations techniques. Certaines de ces mesures, déployées à l'internationale depuis de nombreuses années, commencent à faire l'objet d'un bon niveau de connaissance, à l'instar de l'arrêt des aérogénérateurs pour réduire les collisions avec la faune volante (Whitby et al, 2021).

Ces guides peuvent avoir une approche :

- Holistique (ex. : guide technique d'éco-conception des parcs solaire PV au sol issu du programme PIESO : Vellot, 2020) ;
- Ou spécifique à certains groupes d'espèces (e.g. lignes directrices pour la prise en compte des

chauves-souris dans les projets éoliens : publication Eurobats, Rodrigues et al, 2015), ou milieux naturels (e.g. guides propres aux milieux forestiers, aux zones humides, etc.), en lien avec les pressions exercées par certaines filières sur ces derniers.

Toutefois, leur caractère non normatif implique que certaines des recommandations répertoriées ne soient pas systématiquement suivies par les développeurs à ce jour, même lorsque ces dernières ont été ratifiées par plusieurs pays dans le cadre d'un accord intergouvernemental. C'est le cas notamment d'EUROBATS, signé par six pays à Londres le 4 décembre 1991 dans le cadre de la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS ou Convention de Bonn), et dont les lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens terrestres émanent du travail considérable de nombreux laboratoires de recherche. Publiées en 2008 et actualisées en 2014 (Rodrigues et al, 2015), ces dernières peinent encore à être appliquées. En France, aucune amélioration n'est observée au fil des années malgré cette actualisation (Barré et al, 2022).

En outre, vérifier l'efficacité et la performance au cas par cas des mesures d'atténuation recommandées au sein de ces guides, reste techniquement complexe. Celles-ci font

de fait l'objet de peu de retours d'expériences scientifiquement robustes. Les tests effectués s'avèrent souvent limités à quelques projets, ce qui rend leurs résultats peu généralisables et reproductibles à grande échelle. Il en est de même pour les mesures de compensation, qui relèvent souvent du domaine du génie écologique, et dont l'efficacité est régulièrement remise en cause, faute de suivis suffisamment robustes pour le démontrer.

Ainsi, la bonne application des recommandations issues des guides précités et la mise en œuvre de ces mesures continuent de faire l'objet de nombreux débats, voire de dissensus entre développeurs, services instructeurs et scientifiques.

Afin de nourrir les réflexions et d'appuyer certaines recommandations techniques issues de ces guides ou

lignes directrices, des études comparatives sont effectuées à l'international (e.g. Truchon et al., 2020 ; Bas et al, 2020 ; Bas et al, 2021). Il ressort de ces dernières qu'outre le développement d'études scientifiques ciblées sur des questions spécifiques, l'obligation de déploiement de protocoles de suivis standardisés à chaque projet, constitue la solution la plus efficace d'acquisition d'une connaissance scientifiquement robuste des incidences des projets et de l'efficacité des mesures de réduction et de compensation recommandées dans les guides.

Certains pays adoptent désormais ce type d'approches, en imposant aux développeurs l'application de protocoles standards de suivis (cas du Pays-Bas pour la filière solaire PV flottante, et de la France pour l'éolien terrestre).

Exemples de dispositifs visant à appuyer l'application de certaines recommandations techniques

Guide (Commission Européenne, 2022)



Un guide technique rédigé par la CE, non juridiquement contraignant, vise à appuyer les Etats membres à intégrer les Directives environnementales dans la planification territoriale des projets éoliens.

Code de bonne conduite solaire responsable



Aux Pays-Bas, un collectif d'ONG et l'association nationale des industries solaires (Holland Solar) proposent un code de bonne conduite pour le développement des centrales solaires PV au sol.

Le groupement s'engage à soutenir les projets solaires à condition que ce code soit respecté.

Exemples d'outils d'appui à la gestion des parcs en phase d'exploitation

SPIES



Au Royaume-Uni, un groupement de chercheurs et d'industriels développent et testent un logiciel en ligne d'aide à la décision intitulé "Solar Park Impacts on Ecosystem Services" (SPIES).

Il est destiné à optimiser la gestion de la végétation au sein des parcs solaires PV en phase d'exploitation, notamment pour préserver les insectes pollinisateurs et maximiser les co-bénéfices environnementaux.

Probat



En Allemagne, l'usage du logiciel ProBat dont l'objet est de réduire la mortalité des chauves-souris au droit des éoliennes (modèle multiparamétrique d'asservissement des aérogénérateurs en fonction de la probabilité d'activité chiroptérologique), est désormais imposé.

Ce modèle calcule également la perte de revenu associée à l'arrêt des machines, permettant de mettre en perspective les effets des mesures de réduction sur le modèle économique des parcs.

Nature+Energy



En Irlande, un projet de recherche partenarial associant acteurs académiques et industriels développe un outil en ligne d'aide à la décision intitulé "Nature+Energy". Celui-ci a vocation à aider les gestionnaires de parcs éoliens à mieux prendre en compte les sensibilités environnementales locales au travers d'un système d'évaluation du capital naturel calculé suite à l'identification d'espèces cibles.

2. Synthèse du parangonnage

L'étude de parangonnage a permis d'identifier 31 exemples de leviers technico-régaliens intervenants aux différentes phases du cycle de développement des EnR. Parmi ces derniers, le plus représenté est celui de l'appui à la planification territoriale de ces filières (**figure 1**).

Ces leviers s'appliquent pour 35% d'entre eux, aux EnR, toutes filières confondues ; ou à l'éolien terrestre (36%). D'autres sont spécifiques au solaire PV ou à l'éolien offshore (**figure 2**). Ils ont été identifiés dans plus de neuf pays, en Europe comme à l'international, l'Allemagne et les Pays-Bas en présentant le plus grand nombre.

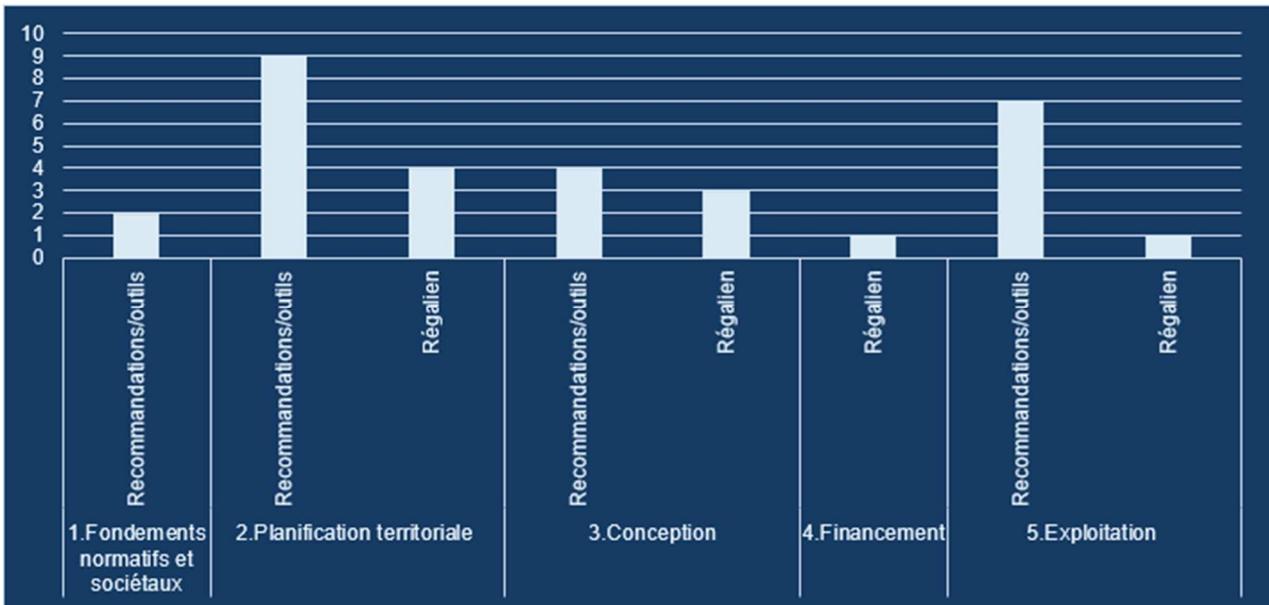


Figure 1 répartition des leviers par périodes d'activation (nombre d'exemples identifiés).

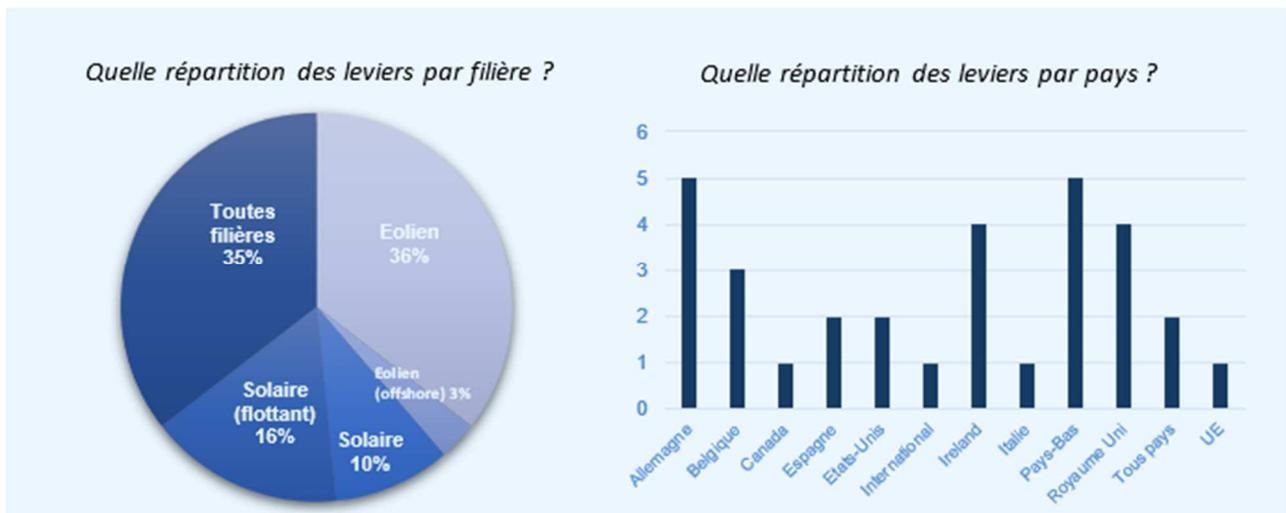


Figure 2 répartition des leviers par filière et par pays (nombre d'exemples identifiés).

Lors du premier comité de suivi (CS), cinq types de leviers relevant des outils technico-régaliens ont été présentés. Parmi ces derniers, les membres du CS ont indiqué un intérêt fort pour certains d'entre eux, avec l'ordre de priorité suivant :

- (1) Démarche de dérisquage d'une filière émergente par l'acquisition concomitante de connaissances relatives à ses incidences sur l'environnement (solaire PV flottant) ;
- (2) Démarche de clarification et d'anticipation des attendus des autorités compétentes en matière de conception technique des projets EnR, par leur précadrage et standardisation en amont de l'instruction (éolien terrestre) ;
- (3) Outils d'appui à la planification par la mise à disposition de données environnementales géoréférencées.

Toutefois, un second sondage a révélé des avis plus

partagés, seule la moitié des répondants au questionnaire considérant être « d'accord » ou « tout à fait d'accord » avec l'ordre de priorité initialement proposé (**figure 3**). Certains proposent même d'inverser l'ordre de priorité, en plaçant au premier rang, les outils d'appui à la planification et la mise à disposition de données géoréférencées sur la biodiversité, plutôt que les démarches de dérisquage de filières émergentes.

Au regard de ces résultats, deux types de leviers ont fait l'objet d'une étude approfondie :

- Les outils d'appui au déploiement territorial des EnR ;
- Et les outils de standardisation des pratiques en matière d'éco-conception et de suivi des parcs EnR.

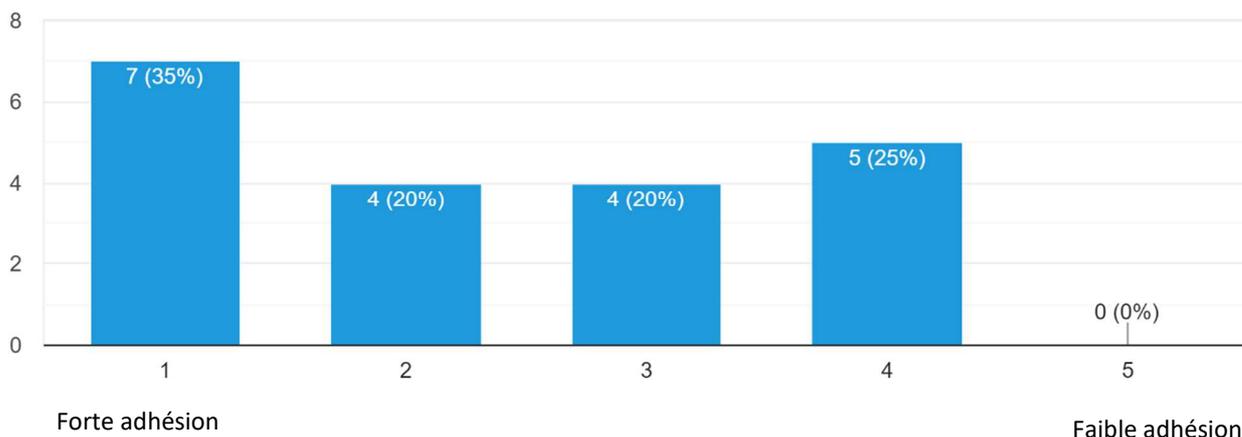
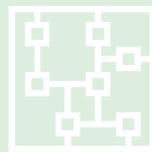


Figure 3 : niveau d'adhésion à la priorisation des leviers technico-régaliens effectuée lors de la phase 1 de l'étude. Réponse des sondés à la question : « A l'issue du premier comité de suivi, quel est votre niveau d'adhésion à la priorisation des leviers technico-réglementaires suivants, avec de (1) à (5) le plus plébiscité au moins plébiscité : (1) démarche de dérisquage d'une filière émergente (solaire flottant) ; (2) démarche de clarification et d'anticipation des attendus des autorités compétentes en matière de conception technique des projets EnR ; ou (3) outils d'appui au déploiement territorial des EnR par la mise à disposition de données environnementales géoréférencées ».



Chapitre 2 - Outils d'appui au déploiement territorial des EnR



1. En bref

Enjeux

- Faciliter l'accès à des données géoréférencées permettant d'intégrer la biodiversité dans le choix des sites d'implantation et d'emprise des projets EnR
- Permettre une analyse croisée de ces données grâce à des bases de données SIG ergonomiques
- Expliciter les modalités d'exploitation de ces données à l'aide de guides voire de procédures standards

Acteurs susceptibles de développer ce levier

- Etat (Ministères de la Transition écologique et de la Transition énergétique)
- IGN
- Etablissements publics : ADEME, OFB, MNHN
- Associations de protection de la nature

Cibles concernées

- Collectivités territoriales
- Services instructeurs de l'Etat
- Développeurs EnR
- Fournisseurs d'EnR

Enseignements issus du parangonnage

Etude de cas : Magic Map, plateforme publique de données environnementales géoréférencées et ses cas d'usages pour le développement des EnR (Royaume-Uni)

Magic Map est une base de données environnementales géoréférencées, couplée à un portail WEB facilitant leur accès à tous. Développée en Angleterre, les données sont issues d'établissements publics et couvrent l'ensemble des écosystèmes ruraux, côtiers et marins. La carte est interactive et munie de plusieurs outils d'analyse. Elle est utilisable gratuitement depuis Internet (site web [Magic Map](#)), et ne nécessite pas l'installation d'un logiciel spécifique.

Développée en 2002, rénovée et mise à jour en 2012, puis remise en ligne en mai 2013, cette base de données compte désormais 2500 utilisateurs quotidiens.

L'utilisation de Magic Map est **explicitement recommandée par le gouvernement britannique**, au travers de son inscription au sein des guides et protocoles à destination des collectivités et des services instructeurs locaux en charge de la planification ou de l'examen des projets d'aménagement du territoire qui porteraient atteinte aux sites et espaces protégés. Magic Map est également mentionné dans des guides relatifs aux projets d'installations d'EnR. Les développeurs peuvent en effet l'utiliser pour identifier un site en conformité avec les enjeux de préservation paysagers et environnementaux locaux, ou un emplacement conforme aux orientations des appels à projet (ex. : « zone rurale » dans le cadre du Rural Community Energy Fund).

Avantages

- Couplage de la base de données SIG à une méthode d'exploitation de ces données
- Utilisation quasi-incontournable car recommandée par l'administration britannique, via les guides, démarches et cahiers des charges d'accompagnement des collectivités, services instructeurs ou développeurs
- Facilitation de l'accès aux données environnementales géoréférencées, à l'aide d'un site WEB accessible à tous
- Transparence sur la nature des données environnementales à prendre en compte, notamment dans la planification et la conception des projets EnR, et harmonisation des données à utiliser sur l'ensemble du territoire anglais
- Base de données SIG à haut niveau qualitatif : résolution spatiale assez fine (2 km pour les espèces protégées), données uniquement publiques à l'acquisition protocolée, suivant un contrôle qualité strict, mises à jour mensuellement

Limites

- Données SIG non spécifiques aux besoins des projets EnR (absence de filtre sectoriel)
- Plateforme SIG non adossée à une offre de services d'appui au choix des zones ou des sites

d'implantation des projets.

- Impossibilité de télécharger les couches SIG pour un usage personnalisé

Pistes de réflexion pour un éventuel déploiement en France

Pistes d'action possibles proposées par le comité de suivi

- Offre d'aide à la planification à destination des collectivités territoriales : il s'agirait de structurer une offre d'accompagnement des collectivités territoriales en matière d'appui à la planification EnR et biodiversité, en s'appuyant notamment sur les réseaux et offres de services existants. L'échelle spatiale de planification la plus adaptée semble être l'intercommunalité, échelle qui ressort également comme la plus pertinente dans le cadre des travaux d'élaboration des SCoT.
- Mise à disposition de données et outils SIG : il s'agirait de développer un outil SIG centralisant l'ensemble des données géoréférencées nécessaires, associé à une méthode d'interprétation de ces données afin de veiller à une bonne prise en compte de la biodiversité dans la planification amont des EnR (voire leur développement). Le constat est effectué que ces données existent mais sont difficilement accessibles. Un cadrage serait nécessaire pour

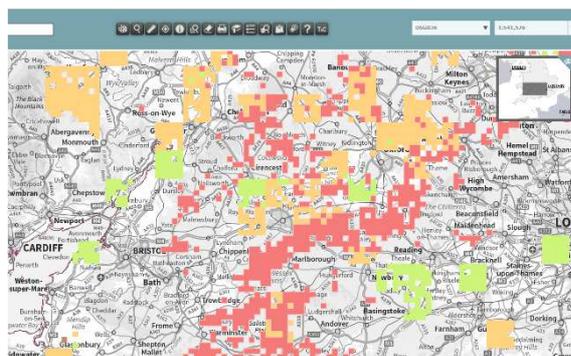
préciser les usagers et fonctions visées par cet outil, et ses interfaces le cas échéant avec les étapes des exercices de planification.

Démarche proposée

- Dans le cadre du futur centre national de ressources « EnR, sols, paysages, eau et biodiversité », intégrer les retours d'expériences issus des démarches actuelles d'aide aux collectivités (e.g. réseau les Générateurs, Appel à Manifestation d'Intérêt Plan Paysage et transition énergétique, étude UICN sur l'évitement), visant à concevoir une offre d'appui technique aux collectivités en matière de planification des EnR.
- Identifier les processus de planification en matière d'EnR nécessitant un accès et un appui à l'interprétation de données « biodiversité ». Lister les données nécessaires (biodiversité et autres paramètres le cas échéant), évaluer leur disponibilité et possibilités éventuelles de diffusion, et le processus qualité qui leur est associé.
- Développer une solution technique ergonomique facilitant la visualisation et le téléchargement de ces données, possiblement via des plateformes existantes ; associé à un dispositif d'actualisation de ces dernières.
- Coupler cette base de données SIG, à une méthode d'appui à leur exploitation.



2. Etude de cas : outil SIG Magic MAP (Royaume- Uni)



Magic Map est une base de données SIG développée en Angleterre sur l'environnement, couplée à un portail WEB facilitant leur accès à tous.

Les données sont issues d'établissements publics et couvrent l'ensemble des écosystèmes ruraux, côtiers et marins. La carte est interactive et munie de plusieurs outils d'analyse. Elle est utilisable gratuitement depuis Internet (site web [Magic Map](#)), et ne nécessite pas l'installation d'un logiciel spécifique. Lancé en 2002 et après dix années de fonctionnement, le site a été entièrement rénové et mis à jour, pour être remis en ligne

en 2013. Le site a désormais 2500 utilisateurs quotidiens. Les données géoréférencées sont disponibles en libre téléchargement depuis le site de Magic Map, couvertes par licence libre.

2.1 Gouvernance

Magic Map est géré par Natural England, sous la direction d'un groupe d'orientation représentant les organisations partenaires listées en **tableau 1**

Tableau 1 Structures membres du groupe d'orientation de Magic Map.

Natural England	Agence publique exécutive non ministérielle, placée sous la tutelle du Defra (Ministère en charge de l'environnement). Elle conseille le gouvernement sur les questions relatives à l'environnement au R-U.	
Defra (Dep. Environment, Food and Rural Affairs)	Ministère en charge de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales.	
Environment Agency	Agence publique exécutive non ministérielle, placée sous la tutelle du Defra (Ministère en charge de l'environnement). Elle vise à promouvoir le développement durable au R-U.	
Historic England	Agence publique en charge de la gestion du patrimoine historique au Royaume-Uni	
Forestry Commission	Service non ministériel en charge de la réglementation forestière et de la gestion des forêts.	
Marine Management Organisation	Agence publique exécutive non ministérielle, sous la tutelle du Defra. Elle a été créée en 2009 par la loi sur l'accès aux zones marines et côtières.	

2.2 Données mises en ligne

Au total, Magic Map met à disposition plus de 300 bases de données géographiques et environnementales, regroupées en huit catégories (**tableau 2**). Ces données sont exclusivement publiques, l'outil ayant pour but i) de centraliser les informations produites par les différents ministères et agences agissant dans le domaine de

l'environnement en Angleterre ; puis ii) d'en faciliter l'accès et la lisibilité auprès du grand public. Elles sont mises à jour tous les mois et sont scrupuleusement analysées avant d'être diffusées.

Tableau 2 : Recensement (non exhaustif) des données disponibles sur l'outil Magic Map

Catégories	Nature des données SIG mises en ligne		
1. Axes de communication	<ul style="list-style-type: none"> - Chemins nationaux - Réseau national de pistes cyclables - Route du sentier côtier de l'Angleterre 		
2. Frontières géographiques administratives	<ul style="list-style-type: none"> - Régions administratives où Natural England et l'Environment Agency sont présentes auprès du public - Frontières de la Commission de conservation forestière - Régions régies par Historic England - Frontières administratives de l'Environment Agency pour la gestion de l'eau 		
3. Espaces faisant partie du programme de gestion Countryside stewardship	<p>Biodiversité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones de reproduction des oiseaux des hautes terres - Sites Ramsar - Sites d'intérêt scientifique spécial - Aires spéciales de conservation - Zones de protection spéciale - Habitats (réseau d'habitat boisé prioritaire ; zone d'amélioration forestière) - Prairies - Landes de bruyère - Zones humides - Zones forestières - Espèces prioritaires (Porte-queue brun, Bruant proyer, courlis cendré, vanneau huppé...) <hr/> <p>Eau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones prioritaires pour la qualité de l'eau - Zones prioritaires pour les problèmes de nitrates dans les eaux de surface/souterraines - Zones prioritaires pour les problèmes de pesticide dans les eaux de surface/souterraines - Zones prioritaires pour les problèmes de phosphates - Zones prioritaires pour la gestion des inondations - Zones forestières – qualité de l'eau prioritaire <hr/> <p>Transverse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones d'amélioration de la nature - Communautés forestières <hr/> <p>Paysages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones de beauté naturelle exceptionnelle - Zones sensibles d'un point de vue environnemental - Paysage national historique - Parcs nationaux <hr/> <p>Changement climatique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zones tampons vulnérables au changement climatique 		
4. Habitats et espèces	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Habitats</p> <ul style="list-style-type: none"> - Côtiers - Prairies - Landes de bruyère - Habitats marins - Zones humides - Zones forestières </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèces prioritaires (porte-queue brun, bruant de maïs, courlis cendré, vanneau huppé...) - Oiseaux : oiseaux de terres agricoles, aires avicoles importantes - Mammifères marins - Flore : zones végétales importantes - Licence européenne pour les espèces protégées </td> </tr> </table>	<p>Habitats</p> <ul style="list-style-type: none"> - Côtiers - Prairies - Landes de bruyère - Habitats marins - Zones humides - Zones forestières 	<p>Espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèces prioritaires (porte-queue brun, bruant de maïs, courlis cendré, vanneau huppé...) - Oiseaux : oiseaux de terres agricoles, aires avicoles importantes - Mammifères marins - Flore : zones végétales importantes - Licence européenne pour les espèces protégées
<p>Habitats</p> <ul style="list-style-type: none"> - Côtiers - Prairies - Landes de bruyère - Habitats marins - Zones humides - Zones forestières 	<p>Espèces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèces prioritaires (porte-queue brun, bruant de maïs, courlis cendré, vanneau huppé...) - Oiseaux : oiseaux de terres agricoles, aires avicoles importantes - Mammifères marins - Flore : zones végétales importantes - Licence européenne pour les espèces protégées 		
5. Plans d'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> Plans d'aménagement agro-environnementaux Plans d'aménagement forestiers 		
6. Paysages	<ul style="list-style-type: none"> Géologie et sols Classification des paysages 		
7. Zones marines	<ul style="list-style-type: none"> Activités de pêche Aires marines protégées 		

Le niveau de résolution des données mises en ligne dépend des informations SIG fournies par les partenaires et sur lesquelles Magic Map n'a pas de pouvoir de contrôle. A titre indicatif :

- Concernant la localisation des espèces protégées : la résolution spatiale est de 2 km (voir **figure 3**).
- Concernant les habitats protégés : s'agissant de zonages administratifs, l'outil propose une résolution métrique (voir **figures 4, 5, 6 et 7**).

Parmi les fonctionnalités proposées, sont disponibles :

- Des instruments de dessin ou de mesure
- La localisation des coordonnées géographiques d'un point sur la carte

La détermination des caractéristiques d'un point sur la carte en fonction des zonages administratifs.

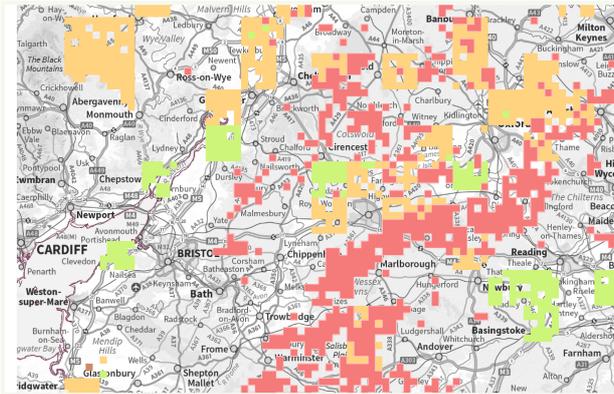


Figure 3 Localisation de différentes espèces d'oiseaux prioritaires dans la région de Bristol.

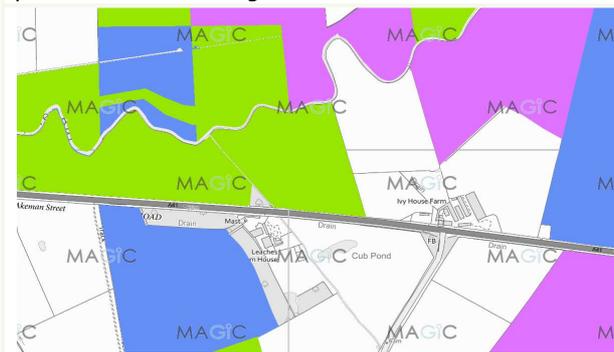


Figure 4 Assemblage de différents habitats prioritaires dans une zone d'environ 2 km², aux abords de Bicester.



Figure 5 « Zones de beauté exceptionnelle » au Royaume-Uni (en rouge).

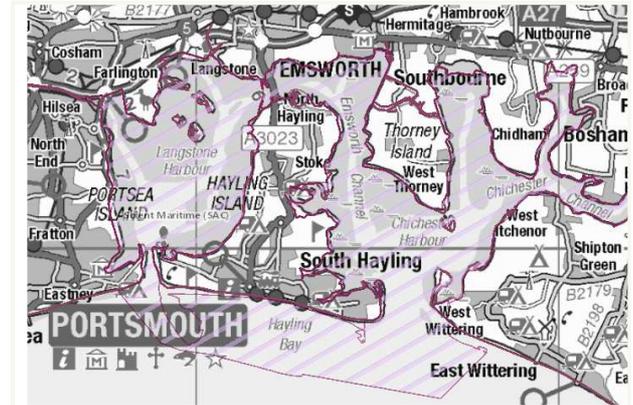


Figure 6 Aire spéciale de conservation (en violet), dans la baie de Portsmouth (UK).



Figure 7 Zones d'oiseaux importantes dans la région de Londres (en bleu).

2.3 Modalités d'utilisation

Les usagers de Magic-Map sont essentiellement les services administratifs, les développeurs de projets, des particuliers et des chercheurs (**tableau 3**).

Tableau 3 Usagers-types de l'outil Magic Map.

Pouvoirs publics	Planification locale des projets, en fonction des zonages établis
Développeurs de projet	Comparaison de différents scénarios d'emplacement de leurs projets et vérification du choix du site de moindre impact (compatibilité avec les enjeux environnementaux potentiels sur le site)
Particuliers	Prise de connaissance de la classification de leurs terres et de la réglementation associée
Chercheurs	Analyses géospatiales

L'utilisation de Magic Map est explicitement inscrite dans des guides et protocoles à destination des services instructeurs locaux en charge de l'examen des projets d'aménagement (*Local planning authorities*). Son utilisation **est** ainsi explicitement recommandée par le gouvernement britannique pour l'examen, par les autorités locales, des demandes d'aménagement du territoire risquant de porter atteinte aux sites et espaces protégés (**exemple 1**).

Exemple n°1 d'utilisation : modalités d'examen, par les services instructeurs locaux, des demandes d'aménagement du territoire risquant de porter atteinte aux sites et espaces protégés⁵ ([lien](#))

Le Ministère en charge de l'environnement et l'agence publique Natural England ont publié un guide à destination des services instructeurs en charge de la planification territoriale pour les appuyer dans le processus d'examen des demandes d'aménagement du territoire risquant de porter atteinte aux sites et espaces protégés. Les espaces à considérer sont par exemple :

- Les aires spéciales de conservation ;
- Les aires de protection spéciale ;

- Les zones humides Ramsar ;
- Les sites d'intérêt scientifique spécial ;
- Les zones de conservation marine ;
- Les réserves naturelles locales ;
- Les zones de beauté naturelle exceptionnelle.

Pour déterminer si le projet étudié se situe à proximité ou dans une zone protégée, Magic Map doit être utilisé. Le guide décrit les filtres à sélectionner pour effectuer cette analyse. A la suite de cette étude, si les services instructeurs considèrent que le projet porte atteinte (ou est susceptible de porter atteinte) à un site protégé, ils doivent consulter Natural England.

Magic Map est également mentionné dans des guides relatifs aux projets d'installations d'EnR. Les porteurs de projet peuvent en effet utiliser Magic Map pour choisir un site en conformité avec les enjeux paysagers et environnementaux locaux (**exemple 2**), ou un emplacement conforme aux orientations de l'appel à projet, par exemple une « zone rurale » dans le cadre du Rural Community Energy Fund (**exemple 3**).

Exemple n°2 d'utilisation : identification des zones compatibles avec le développement de l'énergie éolienne terrestre dans les plans de voisinage (Guide du Center for sustainable energy, UK)⁶.

Ce guide élaboré par le Centre pour l'énergie durable du Royaume-Uni mentionne à plusieurs reprises Magic Map pour déterminer les enjeux et contraintes liés au territoire qui s'opposent à la construction d'éoliennes, en tant que source de preuve et outil d'évaluation de l'impact. Les catégories de données à vérifier (environnementales, sociales et techniques) via Magic Map sont les suivantes : Paysage et impact visuel ; Héritage ; Ecosystèmes et espèces ; contraintes techniques ; zones d'exclusion aviation.

Sont considérés comme incompatibles avec le déploiement d'installations éoliennes au titre des enjeux environnementaux ou paysagers les sites suivants :

- Importance paysagère et visuelle : parcs nationaux, zones de beauté exceptionnelle ;
- Importance pour l'héritage culturel : monuments classés, zones de conservation, sites d'héritage mondial ;

⁵ <https://www.gov.uk/guidance/protected-sites-and-areas-how-to-review-planning-applications>

⁶ <https://www.cse.org.uk/downloads/reports-and-publications/community-energy/planning/neighbourhood-planning-wind-guidance.pdf>

- *Importance pour l'écologie et la vie sauvage : sites d'intérêt scientifique spécial, sites Ramsar, sites Natura 2000 (zones spéciales de conservation et zones de protection spéciale), réserves naturelles nationales, réserves de vie sauvage locale.*

Les développeurs de projet peuvent utiliser Magic Map pour identifier la localisation de ces zones incompatibles avec le déploiement d'installations éoliennes.

Exemple n°3 d'utilisation : Lignes directrices pour candidater à l'appel à projet du Rural Community Energy Fund (UK)⁷

Le fonds d'énergie pour les communautés rurales (Rural Community Energy Fund) vise à soutenir le développement des EnR sur les territoires agricoles au Royaume-Uni. Il est soutenu à la fois par le Ministère en charge de l'environnement (Defra) et le Ministère en charge des entreprises, de l'énergie et de la stratégie industrielle. Une condition d'éligibilité de ce fonds est la localisation des projets en zone rurale. Les lignes directrices soulignent que Magic Map peut être utilisé par les candidats à la subvention pour déterminer si l'emplacement de leur projet se situe bien en zone rurale en sélectionnant le filtre SIG correspondant.

3. Pistes d'action envisagées concernant les outils d'appui à la planification

Point de convergence : accompagner les collectivités territoriales dans la planification des EnR

Il s'agirait de structurer une offre d'accompagnement dédiée aux collectivités territoriales visant à les appuyer dans la prise en compte de l'ensemble des contraintes et enjeux territoriaux, dont ceux de préservation de la biodiversité, lors de la planification des EnR. Il est proposé de s'appuyer sur les réseaux et offres de services existants. L'échelle spatiale de planification territoriale des EnR estimée la plus pertinente et émergeant des échanges est

l'intercommunalité (dans le cadre notamment des travaux d'élaboration de SCoT).

Etat des lieux

Il existe une pluralité d'échelles de planification à la main des collectivités, du PLU à l'échelle communale au SRADDET à l'échelle régionale, en passant par le SCoT à l'échelle intercommunale. Ces plans permettent aux collectivités de mettre en œuvre une stratégie foncière pour organiser la conciliation des différents usages et enjeux sur leur territoire, notamment le développement des EnR et la protection de la biodiversité et des paysages. Les projets de développement EnR doivent ensuite s'inscrire en cohérence avec ces plans, en visant une implantation dans les zones indiquées comme « prioritaires ».

Ces exercices sont particulièrement complexes, car ils nécessitent de croiser un grand nombre de données et d'enjeux. Pour cette raison, plusieurs dispositifs ont été développés par les autorités nationales pour appuyer les collectivités, dont à titre d'exemples :

- Le Ministère de la Transition écologique a lancé en 2021 un appel à projet spécifique invitant les collectivités à s'engager dans une démarche d'élaboration de Plans de paysage « transition énergétique » (PTE), visant à planifier l'installation d'EnR sur le territoire, en respectant les enjeux environnementaux et paysagers locaux. Les collectivités lauréates ont bénéficié d'un soutien de l'ADEME, pour la réalisation d'études paysagères et environnementales conduites par des bureaux d'étude, et du concours de la Commission nationale du débat public (CNDP), ainsi que d'un accompagnement opérationnel ;
- En avril 2021, le Ministère de la Transition écologique et l'ADEME ont lancé l'appel à manifestation d'intérêt concernant la « Mise en place de réseaux régionaux de conseillers à destination des collectivités de l'échelon communal pour le développement de projets éoliens et photovoltaïques », avec pour objectif de mettre à disposition des conseillers techniques accompagnant les collectivités dans la phase amont de planification territoriale des projets EnR. Les conseillers seront formés aux enjeux biodiversité, et une base documentaire sera mise à leur disposition. Par

⁷ <https://www.westofengland-ca.gov.uk/wp-content/uploads/2020/05/RCEF-Guidance-Notes-Stage-1->

ailleurs, les conseillers pourront remonter les besoins



opérationnels des collectivités sur ces enjeux. La formation des membres de ce réseau de conseillers et la mise à disposition de documents méthodologiques est d'ores et déjà en place par l'ADEME.

Ces dispositifs, en cours de structuration, permettent de couvrir en partie les besoins des collectivités, en structurant leur démarche. Toutefois s'agissant de dispositifs basés sur le volontariat uniquement, les collectivités les moins avancées sur ce sujet demeurent encore peu outillées, générant une situation de forte hétérogénéité sur le territoire.

Enfin, le comité français de l'UICN a récemment lancé une enquête sur la prise en compte de la biodiversité dans la planification des EnR, qui permettra d'identifier des bonnes pratiques de terrain qui auraient besoin d'un appui spécifique.

Propositions des acteurs

Au sein du comité de suivi, un consensus émerge autour du besoin de continuer à renforcer et structurer l'appui aux collectivités territoriales dans ces exercices de planification, en fournissant à la fois un accompagnement

technique et une sensibilisation des élus, de la manière la plus accessible possible, avec un effort particulier à réaliser à l'échelle intercommunale (SCoT).

Lu ou entendu lors des groupes de travail

Un représentant de la filière EnR : Les développeurs interviennent parfois dans des territoires où l'exercice de planification amont n'a pas été réalisé ou n'est pas mature, ce qui rend le travail de développement beaucoup plus complexe et risqué. Il serait donc utile de renforcer l'accompagnement des collectivités pour que celles-ci puissent définir en amont les zones propices aux installations EnR, et les inscrire dans leurs documents de planification. Cela passe par des outils d'aide à la planification mais aussi des outils d'appui à la concertation locale. Cela nécessite aussi un accompagnement de proximité sur le terrain.

Un représentant d'une collectivité territoriale : Dans le cadre d'un récent exercice sur notre territoire, nous avons eu l'opportunité d'être accompagnée dans notre démarche d'identification des parcelles adaptées à l'implantation de projets PV par les experts des deux Parcs Naturels Régionaux du territoire, et cette aide a été déterminante pour le succès de la démarche. Sur cet exemple, il pourrait être judicieux de mettre à disposition des collectivités un service d'accompagnement technique et opérationnel à la planification EnR sur le territoire, par exemple au travers de mise à disposition de données, d'aide à leur interprétation, d'un accompagnement au suivi des projets, etc.

Cette offre pourrait s'adresser notamment aux intercommunalités, qui sont un échelon pertinent, grâce au Schéma de cohérence territoriale (SCoT), qui paraît un outil de planification efficace pour les EnR.

Un représentant d'une ARB : Le SCoT paraît être un échelon essentiel pour la planification des EnR sur le territoire, car il est un document pivot entre les échelles de planification régionale et communale : il intègre les exigences des documents de planification supérieurs (SDAGE, SRCE, SRADDET...) et il assure la cohérence avec les documents de planification communaux (PLU) et intercommunaux (PLUi).

Le SCoT permet d'intégrer les spécificités du territoire et vise à promouvoir les différents objectifs du développement durable. Néanmoins, les SCoT n'intègrent

que peu à ce jour les enjeux de biodiversité. Pour cette raison, il existe un enjeu important de formation et de sensibilisation des élus locaux et d'outillage pour que les collectivités se dotent d'une véritable stratégie foncière, planifiant la protection et la préservation de la biodiversité.

Point à approfondir : modalités de mise à disposition de données géoréférencées

Il s'agit d'envisager le développement d'une base de données SIG facilitant la centralisation et l'interprétation des données nécessaires à la prise en compte de la biodiversité dans la planification des EnR (voire leur développement), en s'appuyant sur les données déjà disponibles, mais difficilement accessibles. Un cadrage serait nécessaire pour préciser les usages et fonctions visées par cette base de données, et ses interfaces potentiels avec les outils de planification.

Etat des lieux

Il existe en France de nombreuses bases de données accessibles au public, qui peuvent être utilement mobilisables lors de la planification ou le développement des EnR. Certaines sont d'ores et déjà publiées sur des plateformes web comme l'INPN⁸ (développée par le MNHN, cette base de données centralise et bancarise une majorité de données naturalistes françaises) ou Géoportail⁹ (mis en œuvre par l'IGN, ce site comprend des données topographiques, environnementales, administratives, etc.).

La plateforme de versement légal de données de biodiversité pour les porteurs de projets, DEPOBIO¹⁰, met également à disposition de nombreuses données d'inventaires, qui ne sont toutefois que peu standardisées, exception faite de l'éolien terrestre pour lequel les données de suivi sont relativement protocolées du fait de l'obligation d'utilisation d'un protocole national standard de suivi des mortalités (Ministère de la Transition Ecologique, 2020 et Ministère de la Transition Ecologique, 2018). A noter à ce titre qu'un modèle standard de saisie de ces métadonnées spécifiques a été élaborée et est en cours d'implémentation (Barré et al, 2020).

Si ces données sont disponibles, et dans l'ensemble facilement exploitables par des acteurs professionnels outillés comme les bureaux d'études ou développeurs,

elles demeurent difficiles d'accès et d'interprétation, notamment pour des collectivités qui souhaitent s'engager dans une démarche de planification EnR intégrant les enjeux de préservation de la biodiversité. De grandes difficultés sont en effet constatées pour identifier, parmi la masse d'informations disponibles, les informations déterminantes à utiliser, qu'il s'agisse de données techniques, ou relatives à la biodiversité.

A noter par ailleurs que certaines données existantes ne sont pas rendues publiques. Il s'agit en particulier de données à disposition des services de l'Etat, dont la granularité est volontairement réduite dans leur version publique, afin de limiter les risques d'atteintes criminelles aux milieux et espèces sensibles. Certaines données sont également collectées par des associations ou bureaux d'études et maintenues en accès restreint.

Ainsi, outre la mise à disposition des données, l'enjeu est aussi et surtout d'aider à faciliter leur lecture et leur manipulation pour des acteurs non experts, dans le cadre de cas d'usages concrets, qui restent à préciser.

Propositions des acteurs

Au sein du comité de suivi, un consensus se dégage sur la pertinence de faciliter la mise à disposition des données naturalistes existantes et qui pourraient appuyer les acteurs, notamment les collectivités, dans leurs exercices de planification EnR ou de développement de projet, en prenant en compte la biodiversité. Parmi les nombreuses données déjà disponibles, l'enjeu sera de filtrer les données pertinentes, en fonction des usages ciblés, dans une logique sectorielle intégrant à la fois contraintes techniques et enjeux biodiversité. Toutefois, les usages visés pour l'utilisation d'un tel outil SIG n'ont pu être déterminés dans le cadre de la présente étude, et nécessiteront des échanges complémentaires. De plus l'opportunité de prévoir ou non une fonctionnalité d'aide à l'interprétation des données, dans le cadre d'usages particuliers, n'a pu être établie de manière consensuelle.

Lu ou entendu lors des groupes de travail

Un représentant d'une collectivité territoriale : A l'occasion du lancement d'un AMI pour l'implantation de panneaux PV sur du foncier public, la collectivité a dû réaliser un travail de pré-identification des parcelles compatibles. Cela a été un travail difficile en raison d'un

⁸ <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/cartes-et-information-geographique/nat/natura>

⁹ <https://www.geoportail.gouv.fr/>

¹⁰ <https://depot-legal-biodiversite.naturefrance.fr/>

accès limité aux données environnementales. Les données n'étaient pas nécessairement à la bonne échelle, non centralisées et pas toujours actualisées.

Un représentant d'un ARB : Les connaissances scientifiques sur l'impact des EnR sur la biodiversité commencent à s'étoffer, mais cette production scientifique, qui repose sur une méthodologie adaptée (problématisation, formulation d'hypothèses, prise en compte de la fiabilité des données, analyse statistique, ...), est parfois noyée par la production des autres acteurs de l'écosystème. Les connaissances scientifiques produites par des organismes de recherche indépendants doivent être davantage communiquées et mises en valeur, de manière à objectiver les données produites.

Un représentant de la filière EnR : Lorsque l'on parle d'un outil SIG, il convient d'employer le terme de planification avec prudence. En effet, un outil SIG ne fait qu'agréger les données et n'est pas un outil de planification : celui-ci ne doit pas avoir vocation à déterminer les zones compatibles à l'implantation des projets EnR. Il n'en demeure pas moins qu'un outil de mise à disposition de données serait le bienvenu en France, car les données sont à ce jour trop dispersées entre l'Etat, les associations, et les données versées sur le site Dépopbio qui ne sont pas valorisées.

Un représentant d'ONG de protection de l'environnement : Il conviendra d'être attentifs à l'utilisation de ces données et des interprétations qui pourraient en être faites. Certains particuliers prennent volontiers le prétexte de la

biodiversité pour contester des projets parfois de manière abusive, dans une approche « *Not in my backyard* ». Il faudra en tout état de cause bien informer les usagers et les citoyens sur ces enjeux EnR et biodiversité pour assurer une interprétation équilibrée.

Un représentant de la filière EnR : il y a des déjà des outils/expérimentations réalisés en France (ex : projet MAPE). Plus généralement, même si certains leviers sont systématiques dans les autres pays étudiés, certains se développent déjà bien en France. En revanche, je pense qu'on pourrait mettre en avant les dispositifs existants mais pas assez utilisés : les nombreuses données déposées sur la plateforme DEPOBIO sont par exemple largement inutilisées par l'administration et les scientifiques. Il serait donc peut-être intéressant de soulever les besoins des porteurs de projet et de proposer des solutions (ex : avoir facilement à disposition une base de données comme DEPOBIO pour faire un pré-diagnostic).

Pistes de données pertinentes à intégrer à l'outil, citées par les participants : hot spots de biodiversité, couloirs migratoires oiseaux et chiroptères, habitats naturels, sites protégés, sites labélisés, monuments historiques, intérêt paysager, aires de reproduction d'espèces sensibles, tous zonages de protection de la biodiversité incompatibles avec un projet EnR, impacts sur les réseaux trophiques, état du sol.

Pistes de fonctions d'analyse pertinentes à intégrer à l'outil, citées par les participants : calcul de distances, extraction des couches SIG.



Chapitre 3 - Outils d'anticipation et de standardisation des pratiques en matière d'éco- conception et de suivi des projets EnR



1. En bref

Enjeux

- Comblent le décalage temporel entre le développement des EnR d'une part, et la connaissance scientifique de leurs incidences sur la biodiversité et des solutions de remédiations possibles
- Anticiper les modalités d'intégration de la biodiversité dans les projets EnR (mesures ERC, suivi, etc.), avant leur instruction par les autorités compétentes
- Accélérer l'instruction des projets et asseoir la sécurité juridique des actes administratifs les autorisant
- Fournir des outils opérationnels précisant les modalités d'éco-conception des projets EnR, en sachant intégrer les enjeux écologiques locaux

Acteurs susceptibles de développer ces leviers

- Etat (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et Ministère de la Transition énergétique)
- Etablissements publics (ADEME, OFB, CEREMA, ...)
- Etablissements de recherche scientifique (MNHN, Cnrs, Universités, INRAe, ...)

Cibles concernées

- Collectivités territoriales
- Développeurs EnR
- Bureaux d'études
- Services instructeurs de l'Etat
- Gestionnaires de milieux naturels

Enseignements issus du benchmark

Etude de cas : outils régaliens de standardisation des attendus en matière d'éco-conception des parcs éoliens terrestres (cas allemand)

En Allemagne, en complément des principes généraux de prise en compte de la biodiversité édictés par la législation fédérale, la majorité des Länder pré-cadrent, de manière opérationnelle, les modalités techniques de conception et de suivi des parcs éoliens terrestres.

Ces documents de cadrage amont sont spécifiques à chaque Länder et assimilables aux arrêtés ministériels de prescriptions générales français. Ils constituent des outils d'anticipation et de maîtrise des risques dans leur globalité ; ce qui favorise une bonne prise en compte des enjeux écologiques tout en sécurisant les projets sur le plan juridique et financier.

Ils comportent des mesures spécifiques à chaque étape de la séquence ERC, et que les développeurs doivent respecter, en les adaptant, le cas échéant à leur projet. Ils tiennent compte de l'ensemble des types d'incidences engendrés par les parcs éoliens terrestres sur la biodiversité, tout en concentrant toutefois leur attention sur la faune volante, à savoir :

- le risque de mortalité par collision ou barotraumatisme pour les oiseaux et les chiroptères ;
- la perte d'habitats induite par le comportement d'aversion de ces espèces vis-à-vis de ces infrastructures verticales.

Certains de ces documents comportent également des outils dédiés aux services instructeurs, dont des démarches pas-à-pas d'analyse technique des projets et des suites à donner (autorisation du projet, demande de compléments, refus du projet).

Etude de cas : déploiement d'un protocole de suivi standard pour une filière EnR émergente - Cas de la filière solaire flottovoltaïque aux Pays-Bas

Le solaire flottant est une filière émergente, dont les incidences potentielles sur la qualité physico-chimique et écologique des écosystèmes lacustres restent à ce jour peu connues. Afin de permettre à la filière de se développer dans une logique, à terme, de « moindre impact environnemental », le consortium Hollandais *Zon op Water* réunissant 31 acteurs publics et privés concernés par cette filière, a chargé l'institut de recherche appliquée Deltares : i) de développer la connaissance scientifique des incidences potentielles de ces installations sur l'environnement ; et ii) de mettre à disposition des outils d'aide à la décision, notamment en matière d'opportunité des projets.

L'objectif était double : permettre le déploiement territorial à grande échelle du solaire flottant, tout en

accompagnant les développeurs et services instructeurs via des outils d'aide à la décision standardisés et scientifiquement robustes.

Les trois outils suivants ont été développés dans le cadre du projet mené par Deltares :

- Une démarche pas à pas d'analyse de l'opportunité des projets selon les procédures réglementaires applicables.
- Un modèle d'évaluation des effets potentiels des parcs flottovoltaïques sur la qualité physico-chimique et écologique des plans d'eau.
- Un protocole harmonisé de suivi des incidences potentielles des parcs flottovoltaïques sur la qualité physico-chimique, le niveau trophique et les cortèges d'espèces aquatiques présents au sein des plans d'eau.

Ces outils pourront accompagner les collectivités territoriales lors de la planification de cette filière prévue au code de l'environnement d'ici 2025, et pour laquelle un zonage des sites appropriés ou non à l'énergie solaire flottante doit être effectué.

Focus : En Allemagne, des précautions légales pour limiter les impacts de la filière PV flottante

En Allemagne, un choix différent de celui des Pays-Bas a été opéré, dans l'attente d'une meilleure connaissance des incidences des parcs solaires PV flottants sur les écosystèmes lacustres et des mesures d'atténuation mobilisables.

Ainsi, la loi fédérale portant sur les mesures d'urgence pour l'accélération du développement des EnR et d'autres mesures dans le secteur de l'électricité du 22 juillet 2022, apporte une modification à la Loi sur l'eau en spécifiant qu'une installation solaire PV flottante ne doit pas être construite et exploitée dans les conditions suivantes :

- dans ou au-dessus d'une eau de surface qui n'est pas une eau artificielle ou fortement modifiée,
- dans ou au-dessus d'une masse d'eau artificielle ou fortement modifiée, si, à partir de la ligne du niveau moyen des eaux : (i) l'installation couvre plus de 15 % de la surface de l'eau ou (ii) la distance par rapport à la rive est inférieure à 40 mètres.

Avantages

- Clarification des attendus techniques en matière d'éco-conception des infrastructures EnR par les autorités compétentes
- Outils normatifs adossés à des résultats issus d'études scientifiques

Limites

- Difficulté à articuler une standardisation des pratiques avec la nécessité d'aborder chaque installation et son environnement au cas par cas
- Hétérogénéité régionale des enjeux écologiques et donc de certains attendus.

Propositions pour un éventuel déploiement en France

Pistes d'action possibles proposées par le comité de suivi

- Standardisation des suivis pour les parcs PV flottants : au vu du besoin d'acquisition de connaissances sur les incidences potentielles de ces infrastructures énergétiques sur les écosystèmes lacustres, il s'agirait de déployer un protocole de suivi standard applicable à tous les parcs PV flottants en développement, selon une logique de « ferme pilote ».
- Recommandations sur l'utilisation des dispositifs d'arrêt des aérogénérateurs basés sur des modèles multiparamétriques (ex. logiciel ProBat imposé en Allemagne pour les chiroptères) : il est proposé d'élaborer des recommandations à destination des développeurs et des services instructeurs visant à préciser les modalités d'utilisation de ces dispositifs au cas par cas ; ainsi que les modalités d'évaluation de leur performance, de leur efficacité au droit de chaque projet et de leur robustesse au cours du temps.
- Recommandations sur les mesures de distanciation (éloignement des aérogénérateurs des sites écologiquement sensibles, dont lisières forestières, haies, zones humides ; définition de la hauteur de garde-au-sol, etc.) : plusieurs pistes ont été évoquées afin de permettre à ces mesures d'être réellement

actionnées, ces dernières faisant partie des rares mesures dont l'efficacité a été scientifiquement prouvée. Parmi les actions à développer, citons par exemple l'élaboration : (i) d'une méthode de calcul de la meilleure distance à respecter entre les sites accueillant des espèces sensibles à l'éolien terrestre et les aérogénérateurs, en fonction des espèces présentes et du contexte paysager ; (ii) de grilles de distance-types en fonction des espèces.

En tout état de cause, si les pistes évoquées restent à préciser pour que cet outil demeure opérationnel et compatible avec une approche au cas par cas, un consensus se dégage néanmoins sur sa pertinence, dans une logique d'aide à la décision.

Démarche proposée

- Développer la connaissance des incidences des EnR et des solutions de remédiation possibles, sur la base de partenariats entre les acteurs des filières énergétiques d'une part, et les acteurs scientifiques et techniques d'autre part, l'objectif étant de garantir

le développement de méthodes ou d'outils techniquement opérationnels et scientifiquement robustes

- Renforcer le partage de connaissances et la capitalisation et la valorisation des retours d'expériences à l'international, notamment sur la nature et l'efficacité : (i) des différents types de leviers technico-régaliens développés (standardisation des suivis et de l'exploitation des résultats ; pré-cadrage amont des modalités techniques de conception des projets EnR ; grille harmonisée d'expertise technique des projets ; etc.) ; (ii) des mesures ERC proposées voire imposées par les services compétents
- Envisager la capitalisation et la valorisation des bonnes pratiques identifiées tant à l'international qu'en France et la production de méthodes ou d'outils incitant à les utiliser, au sein du futur Centre national de ressources (CDR) « EnR, biodiversité, sols, eau et paysages » porté par l'ADEME et l'OFB.



2. Précadrage amont de la conception technique des parcs éoliens terrestres (Allemagne)

2.1 Cadre législatif fédéral

Un ensemble de lois édictées à l'échelle fédérale allemande visent à définir les modalités de protection de la biodiversité. Ce corpus législatif s'impose aux Bundesländer et imprègne leur réglementation.

Cas de la loi fédérale relative à la protection de la nature et à l'entretien des paysages¹¹

Adoptée le 29 juillet 2009, cette loi a fait l'objet de modifications ultérieures, la dernière remontant au 18 août 2021. Cela vise notamment la « non-atteinte aux espèces protégées ». Elle s'applique à tous les aménagements anthropiques susceptibles de porter atteinte aux écosystèmes naturels, dont les installations éoliennes.

Extrait de la loi relative à la protection de la nature et à l'entretien des paysages, article 44-§1 : il est interdit :

1. de poursuivre, de capturer, de blesser ou de tuer des animaux sauvages appartenant à des espèces particulièrement protégées ou de prélever, d'endommager ou de détruire leurs formes de développement dans la nature,
2. de perturber de manière significative la faune sauvage des espèces strictement protégées et des espèces d'oiseaux européennes pendant les périodes de reproduction, de dépendance, de mue, d'hivernage et de migration ; il y a perturbation significative lorsque la perturbation entraîne une détérioration de l'état de conservation de la population locale d'une espèce,
3. de prélever dans la nature, d'endommager ou de détruire des sites de reproduction ou des aires de repos d'animaux sauvages d'espèces particulièrement protégées,
4. de prélever dans la nature des plantes sauvages d'espèces particulièrement protégées ou leurs formes de développement, de les endommager ou de les détruire, ou de détruire leurs stations (interdiction d'accès). [...]

Afin de garantir le maintien du fonctionnement des écosystèmes naturels, cette loi prévoit 1) la protection de l'air et du climat par des mesures de protection de la nature et d'entretien des paysages, l'objectif étant notamment la création d'îlots de fraîcheur ; et 2) le recours aux EnR.

Extrait de la loi relative à la protection de la nature et à l'entretien des paysages, article 1-§3(4) : afin de garantir durablement les capacités de fonctionnement des écosystèmes naturels, il convient notamment de protéger l'air et le climat également par des mesures de protection de la nature et d'entretien des paysages ; cela vaut en particulier pour les zones ayant un effet favorable sur l'air ou le climat, telles que les zones de formation d'air frais et d'air froid ou les voies d'échange d'air ; la mise en place d'un approvisionnement énergétique durable, notamment par l'utilisation croissante des EnR, revêt une importance particulière.

Elle fixe également les modalités de préservation des aires naturelles protégées. Ainsi, toutes les activités susceptibles de conduire à la destruction, à la détérioration ou à l'altération de ces aires sont proscrites. L'article 67 permet toutefois d'y déroger « si cela est nécessaire pour des raisons d'intérêt public prépondérant, y compris de nature sociale et économique ».

Extrait de la loi relative à la protection de la nature et à l'entretien des paysages, article 23 : Les zones de protection de la nature sont des zones légalement établies dans lesquelles une protection particulière de la nature et des paysages dans leur ensemble ou dans certaines parties est nécessaire [...].

Toutes les actions susceptibles d'entraîner la destruction, la détérioration ou l'altération de la réserve naturelle ou de ses éléments constitutifs, ou une perturbation durable, sont interdites conformément à des dispositions plus précises. Dans la mesure où l'objectif de protection le permet, les réserves naturelles peuvent être ouvertes au public. [...]

¹¹¹ https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BJNR254210009.html#BJNR25421

Ces dispositions s'appliquent aux espaces protégés que sont :

- Les parcs nationaux ou monuments naturels nationaux ;
- Les réserves de biosphère ;
- Les régions paysagères protégées ;
- Les parcs naturels.

Elle consacre enfin un article spécifique aux sites Natura 2000. A l'instar des aires naturelles protégées, toute activité susceptible d'entraîner une détérioration importante d'un site Natura 2000 dans ses éléments déterminants pour les objectifs de conservation ou de protection de la nature est interdite. Néanmoins, l'autorité compétente peut, dans certaines conditions, accorder une dérogation à cette interdiction.

A ce titre, la construction de parcs éoliens n'est a priori pas formellement interdite. Seuls sont interdits les projets de fracturation hydraulique en vue de la prospection ou de l'extraction de gaz naturel, et le stockage souterrain des eaux de gisement.

Cas de la loi fédérale relative à la protection contre les effets nocifs sur l'environnement dus aux pollutions atmosphériques, aux bruits, aux vibrations et aux processus similaires¹²

Entrée en vigueur le 15 mars 1974, cette loi a fait l'objet de modifications ultérieures, la dernière remontant au 18 juillet 2017. Elle vise à cadrer les modalités de conception et d'instruction des projets d'aménagements susceptibles d'avoir un effet néfaste sur l'Homme et l'environnement, via la délivrance d'une autorisation environnementale. Elle se concentre sur les risques d'incidences de ces projets sur la pollution de l'air, le bruit, les vibrations du sol, la modification de la luminosité et de la température, et les rayonnements sur l'Homme et leurs effets similaires sur l'environnement.

Dans le cadre de ces autorisations, les développeurs de parcs éoliens doivent prouver qu'ils n'enfreignent pas les règles établies en matière de protection de la nature et d'entretien des paysages établies par la loi fédérale précitée.

Extrait de la loi relative à la protection contre les effets nocifs sur l'environnement (article 5) : Obligations des exploitants d'installations soumises à autorisation

Les installations soumises à autorisation sont construites et exploitées de sorte que, afin d'assurer un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble :

- 1. des effets nocifs sur l'environnement et d'autres dangers, des inconvénients majeurs et des nuisances importantes pour la collectivité et le voisinage ne puissent être provoqués ;*
- 2. des mesures soient prises pour prévenir les effets nocifs sur l'environnement et les autres dangers, les inconvénients majeurs et les nuisances importantes, notamment en prenant les mesures correspondant à l'état de la technique ; [...]*

2.2 Cadre réglementaire à l'échelle des Länder

Au sein de la majorité des Länder allemands (soit 13 sur 16 au total), un cadre réglementaire précisant les modalités techniques de prise en compte de la biodiversité lors de la conception des projets de parcs éoliens terrestres a été élaboré.

Seules les villes-Etat de Berlin, Hambourg et Brême ne bénéficient pas de cette réglementation. Brême mentionne toutefois cet aspect dans son document d'occupation des sols. Ce cadre réglementaire vise à concilier de manière pragmatique et opérationnelle, les deux politiques sectorielles de développement de l'énergie éolienne terrestre et de préservation de la biodiversité. Il permet tout à la fois :

- De renforcer la sécurité juridique des projets pour les développeurs ;
- De préciser en amont les attendus des autorités administratives issus de chaque Länder et de simplifier en l'accélérant l'instruction ;

¹² <http://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/index.html>

- Et d'assurer une meilleure protection de l'environnement en anticipant les mesures ERC à mettre en place.

Ces documents de cadrage amont s'appliquent aux développeurs et aux autorités administratives locales.

Focus : extrait du Guide relatif à la protection des espèces sur les installations éoliennes en Saxe-Anhalt
*« La condition la plus importante pour la poursuite du développement ambitieux de l'énergie éolienne est la sécurité de planification pour les investisseurs, aussi bien dans le cadre de l'exploitation des installations que pour faire avancer de nouveaux projets. La Saxe-Anhalt a donc demandé l'élaboration d'un cadre de base pour la planification et l'autorisation des installations éoliennes, afin d'assurer la sécurité de la planification et la transparence tout en **garantissant une exploitation respectueuse de la nature et de l'environnement** ».*

Ils s'appuient sur la loi fédérale relative à la protection de la nature et à l'entretien des paysages précitée, et plus précisément sur son article 44-§1 (interdiction de porter

atteinte aux espèces protégées), pour justifier les mesures ERC qu'ils imposent.

Lors de cette étude, 35 documents de cadrage amont établis sur une période comprise entre 2012 et 2021 ont été analysés au total (**figure 8**). Au sein de ce corpus réglementaire, trois types de documents se distinguent :

- Ceux portant sur la conception des projets de parcs éoliens au sens large, et qui consacrent un chapitre à la protection de la biodiversité (réglementation « macro ») ;
- Ceux portant spécifiquement sur la prise en compte des objectifs de protection de la biodiversité lors de la conception des projets (réglementations « macro-nature ») ;
- Et ceux portant spécifiquement sur la prise en compte d'un groupe spécifique d'espèces (oiseaux ou chauve-souris) (réglementations « focus oiseaux / focus chauve-souris »). Ils indiquent notamment le protocole de recensement des espèces à mettre en œuvre et les mesures de réduction ou de compensation à instaurer.

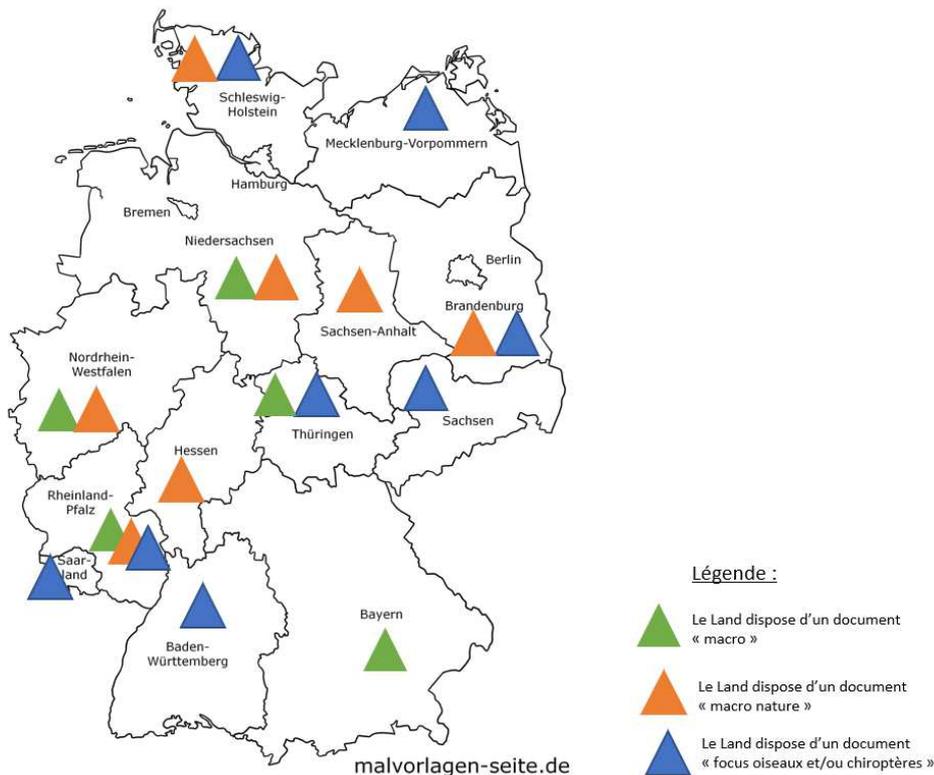


Figure 8 Typologie des documents de cadrage réglementaire relatif à la prise en compte de la biodiversité dans les projets de développement EnR au sein des Bundesländer.

2.3 Contenu des documents de pré-cadrage amont

Il ressort de l'analyse de ces documents de pré-cadrage amont des projets éoliens terrestres que :

- 37,5% (5 sur 16) des Länder abordent la question de la protection de la biodiversité dans leur réglementation « macro » ;
- 75% d'entre eux comportent des articles précisant les modalités techniques de prise en compte de la biodiversité, que ce soit à l'échelle « macro-nature » (44% des Länder) et/ou à celle des oiseaux et/ou des chauve-souris (50% des Länder).

Ainsi, la biodiversité est plutôt traitée dans des documents spécifiques que dans la réglementation générale relative aux parcs éoliens. Cela permet d'avoir un document techniquement plus opérationnel.

Zones d'exclusion

Certains Länder établissent des zones d'exclusion totale des projets éoliens terrestres. Il s'agit :

- Des parcs nationaux et monuments naturels nationaux ;
- Des zones naturelles établies, désignées ou temporairement garanties ;
- Des composantes du paysage protégées par la loi du Land ;
- Des biotopes protégés par la loi fédérale et la loi du Land ;
- Des zones Natura 2000, y compris les espaces fonctionnels.

Ces désignations s'appuient sur l'interdiction fédérale de porter atteinte à ces zones (interdiction de destruction ou d'endommagement).

L'exclusion par principe de ces zones naturelles doit toutefois être nuancée. A titre d'exemple, le document de cadrage amont issu de la Rhénanie du Nord – Westphalie précise que l'exclusion des parcs nationaux, zones naturelles protégées et zones Natura 2000 doit être justifiée au cas par cas par l'autorité environnementale et documentée dans la procédure de planification. Il précise en revanche que les possibilités de dérogation à cette exclusion, prévues par la loi fédérale pour l'utilisation de ces zones n'ont jamais été mises en œuvre à ce jour pour des projets de parcs éoliens. Ce Land considère en effet que l'approvisionnement en EnR issu d'installations

éoliennes situées en zone naturelle protégée ne prime pas sur la protection de la nature prévue par ces zones.

Plusieurs documents soulignent également que la distance entre les zones naturelles protégées et l'extrémité de la pale de l'éolienne en tant que « zone tampon » doit être déterminée au cas par cas, selon les objectifs de protection de la nature recherchés.

Espèces animales prises en compte

Les deux catégories d'espèces prises en compte dans ces documents cadres sont les **oiseaux** et/ou les **chiroptères**, et ce, quel que soit le type de document.

- 100% des documents de cadrage abordent la nécessaire prise en compte des oiseaux et/ou des chiroptères ;
- 74% d'entre eux traitent spécifiquement des oiseaux ;
- 54% d'entre eux traitent spécifiquement des chiroptères.

Comme l'indique le Guide publié par le Land de Saxe-Anhalt relatif à la protection des espèces sur les éoliennes, « [...] les effets spécifiques liés à l'exploitation des éoliennes concernent en particulier les oiseaux et les chauves-souris, bien que toutes les espèces d'oiseaux et de chauves-souris ne soient pas menacées de la même manière par les éoliennes. »

Catégories d'oiseaux ou bénéficiant de mesures spécifiques :

- Oiseaux nicheurs
- Oiseaux migrateurs (dont les oiseaux de passage, qui séjournent temporairement ou hivernent sur le site, sans y nicher)

Exemples d'espèce de chiroptères bénéficiant de mesures spécifiques :

- Barbastelle d'Europe
- Noctule commune
- Petite noctule
- Chauve-souris à tête rousse
- Pipistrelle commune

Prescriptions complémentaires

L'édiction de ces documents de cadrage amont n'interdit pas aux autorités compétentes de chaque Land d'ajouter des prescriptions spécifiques complémentaires (*Nebenbestimmungen*) aux autorisations qu'elles délivrent à chaque porteur de projet de parcs éoliens. Ces

prescriptions complémentaires permettent d'adapter, au cas par cas, les modalités de conception des projets aux enjeux locaux de préservation de la biodiversité.

Lorsqu'ils portent atteinte à la nature et aux espèces protégées, les projets éoliens peuvent en effet n'être autorisés que s'ils s'accompagnent de mesures visant à réduire leurs incidences sur la biodiversité ou à les compenser. Lorsque de telles mesures sont requises, leurs conditions de mise en œuvre sont précisées au sein des autorisations d'exploitation délivrées par les autorités administratives compétentes. Ces prescriptions précisent en particulier l'objectif des mesures, leur périmètre et leur durée de mise en œuvre. Si leur efficacité demeure incertaine, un suivi spécifique peut être prescrit, dont les résultats sont communiqués aux autorités locales, et des mesures adaptatives sont prévues en cas d'échec.

Ces prescriptions complémentaires, s'imposent aux développeurs autant que les mesures ERC prévues dans les documents de cadrage amont. Leur application constitue un volet essentiel de la sécurité juridique des projets. Par exemple, dans le cadre de la cession d'un parc entre acteurs privés, il est fréquent que l'acquéreur diligente un audit technique indépendant pour s'assurer de la bonne mise en œuvre de ces prescriptions complémentaires.

2.4 Evaluation des risques d'incidences et démarche pas à pas d'instruction

Plusieurs Länder comprennent dans leurs documents de cadrage amont des projets éoliens terrestres :

- Des protocoles de réalisation de l'état initial, notamment pour l'inventaire des espèces d'oiseaux et de chiroptères ;
- Des démarches d'évaluation de la sensibilité des sites concernés aux projets de parcs éoliens terrestres.

Certains de ces documents cadres vont jusqu'à proposer une **démarche pas-à-pas** d'analyse des risques d'incidences engendrées par les parcs éoliens sur les espèces protégées. Risques qui peuvent donner lieu à une autorisation ou un refus du projet au regard de leur intensité (minimale ou élevée).

Les exemples présentés ci-dessous sont issus de la réglementation du Bade-Wurtemberg ¹³. Le risque d'incidences y est évalué en fonction :

- Du niveau de sensibilité des espèces d'oiseaux et de chiroptères à l'éolien terrestre ;
- De leur niveau d'exposition au risque, compte tenu de la proximité des individus ou de leurs habitats, avec les sites d'implantation des éoliennes au sein du parc.

Une fois ce risque évalué, la possibilité de l'atténuer à l'aide de mesures de réduction et de compensation conditionne l'autorisation ou le refus du projet par les autorités administratives locales.

Etat initial

Plusieurs protocoles d'élaboration de l'état initial des sites concernés par les projets de parcs éoliens terrestres sont présentés dans ces documents cadres, dont plus particulièrement ceux visant à inventorier les espèces d'oiseaux et de chiroptères. Ces protocoles sont imposés aux développeurs de projet.

Un inventaire des sites de nidification présents autour de la zone d'implantation de chaque éolienne est notamment demandé. Il repose sur l'étude des données disponibles (littérature, autorités environnementales locales, experts, etc.) au sein de la zone, et dont la pertinence est vérifiée en fonction de leur ancienneté (inférieure à 5 ans), des protocoles utilisés (méthodes reconnues et approuvées par les autorités locales), et de leur périmètre (l'ensemble de la zone d'étude devant être couverte). Si ces données sont jugées insuffisantes, elles doivent être complétées par des inventaires spécifiques à réaliser au sein des « zones d'études minimales » spécifiques à chaque espèce (zone tampon autour de chaque éolienne, et dont le périmètre est propre à chaque espèce) : cf. **figure 9**.

Cette étude sur site doit être conduite pendant un an, à prolonger si les résultats ne sont pas concluants. La méthode développée par SÜDBECK et al (2005) peut être utilisée pour déterminer la durée de l'étude de recensement *in situ*.

¹³ https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energi

<en/Windenergie/210115-UM-und-LUBW-Hinweispapiere-Voegel-barrierefrei.pdf>

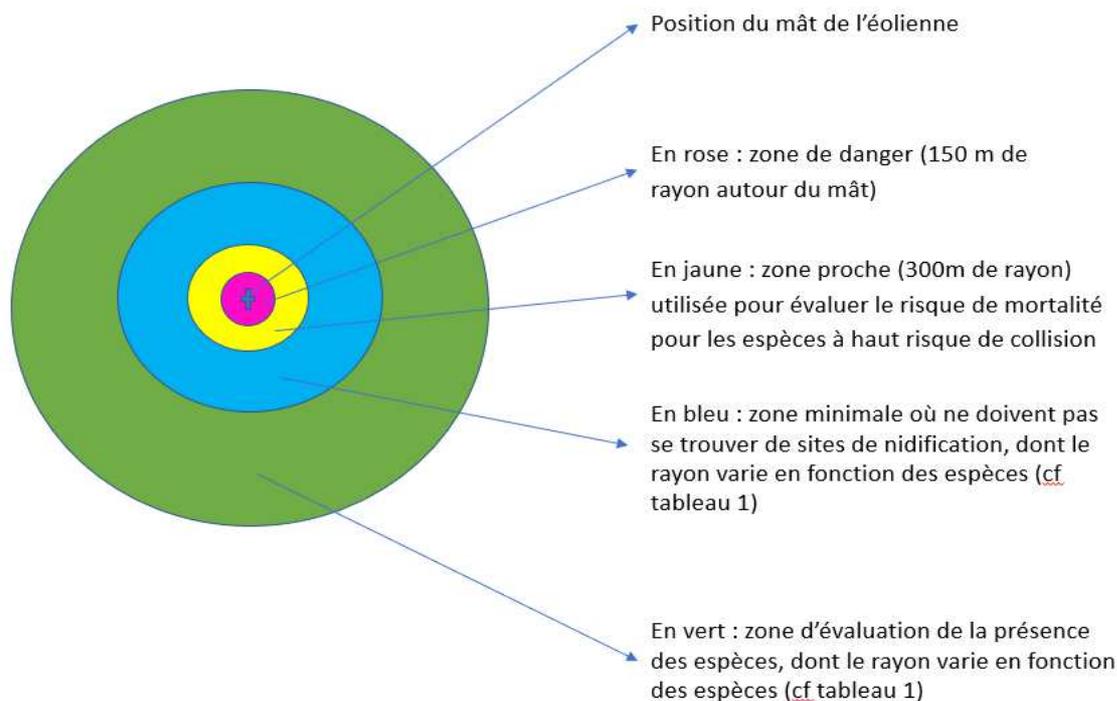


Figure 9 : zones d'études à considérer lors de l'évaluation du risque d'incidence engendré par chaque éolienne du projet considéré, sur l'ensemble des espèces protégées recensées (source : [document de cadrage du Bade-Wurtemberg](#)).

Démarche pas à pas d'évaluation du risque et processus d'instruction associé

Aux protocoles d'inventaires précités, s'ajoutent des dispositions visant à estimer le risque d'enfreindre le principe de non-atteinte aux espèces protégées et l'opportunité de mise en œuvre de mesures ERC. Le Bade-Wurtemberg propose en ce sens une démarche pas-à-pas d'analyse des risques d'incidences détaillée en **figure 10**.

Le risque d'incidences est estimé sur la base des trois catégories de critères suivants :

- Le niveau connu de sensibilité des espèces à l'éolien terrestre (exemple en **tableau 4**) ;
- Le type d'incidences, évalué sur les plans qualitatif (ex : mortalité par collision ou barotraumatisme ; perte d'habitat par évitement de la zone équipée) et quantitatif (intensité de l'incidence, de faible à élevée) ;
- Et le niveau d'exposition au risque au droit du projet, compte tenu de la proximité des espèces concernées (individus ou habitats – dont les nids ou gîtes) avec les mâts des éoliennes.

Le recensement des sites de nidification des oiseaux nicheurs dans les zones dites « d'intérêt » permet

d'effectuer une première analyse du risque d'incidence induit par les éoliennes sur les espèces :

- Si aucun couple d'oiseaux n'est recensé au sein de l'ensemble de la zone d'étude, le risque est considéré comme « minimal ». L'autorité administrative peut autoriser le projet ;
- Si au moins un couple d'oiseaux est recensé dans la zone proche du mât de l'éolienne (soit dans un rayon de 300 m autour du mât), le risque est considéré comme « élevé ». L'autorité administrative refuse directement le projet.

Deux situations intermédiaires peuvent se présenter :

- Cas où au moins un couple d'oiseaux est recensé dans la zone d'étude, mais pas dans celle proche du mât ni dans la « zone minimale » spécifique à l'espèce, le risque est alors considéré comme « minimal » ;
- Ou cas où au moins un couple d'oiseaux est recensé dans la « zone minimale » spécifique à l'espèce, le risque est alors considéré comme « élevé ».

Dans ces deux derniers cas, une analyse du potentiel en habitats de l'espèce recensée doit être effectuée afin de

préciser le niveau de risque.

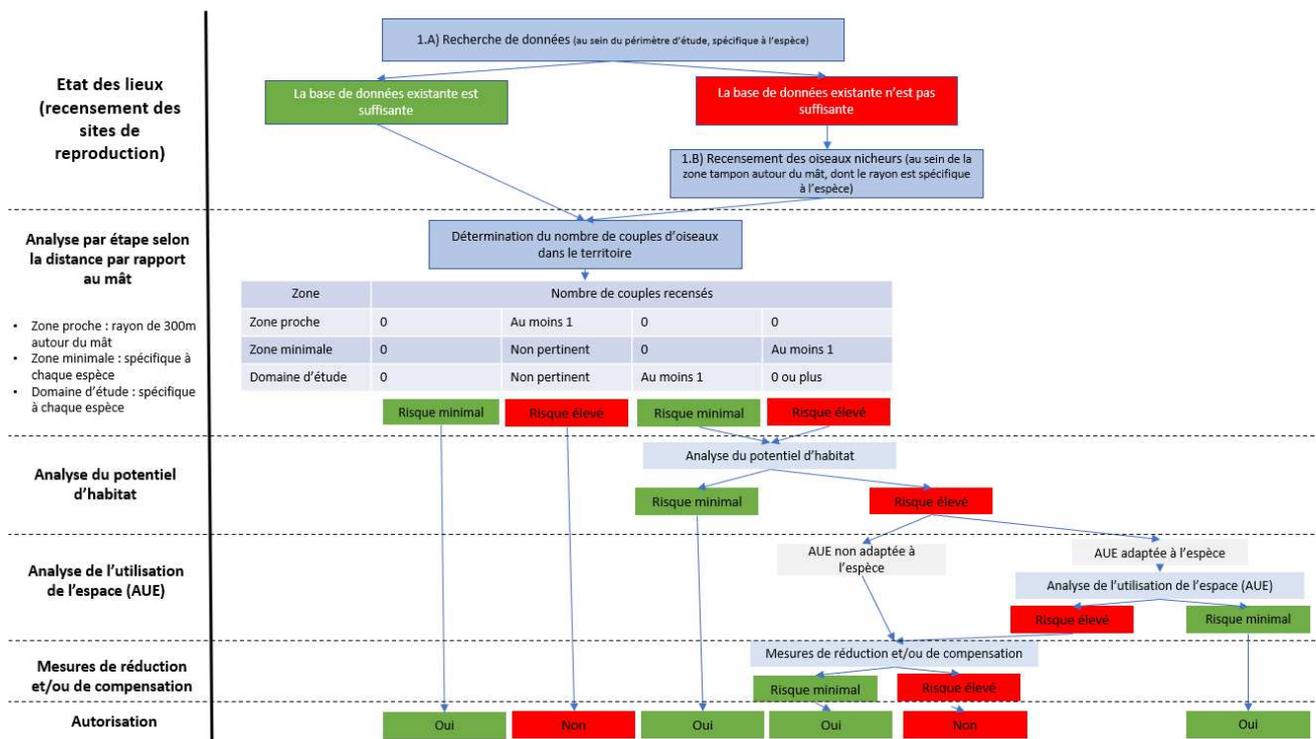


Figure 10 : exemple de démarche pas à pas d'analyse du risque d'incidences d'un parc éolien terrestre sur des espèces d'oiseaux nicheurs et arbre de décision associé pour l'instruction du projet (source : [document de cadrage du Bade-](#)

Espèce ou groupe d'espèces	Type de sensibilité Collision / Comportement d'évitement	Distance minimale au mât recommandée pour recenser la position des nids (m)	Domaine d'étude Rayon d'étude autour du mât pour effectuer la recherche de données et conduire l'analyse du potentiel d'habitat
Martinet à ventre blanc (<i>Tachymartus melba</i>)	Collision	3.000	3.000
Grand Tétraz (<i>Tetrao urogallus</i>)	Evitement	1.000	3.000
Faucon hobereau (<i>Falco subbuteo</i>)	Collision	500	3.000
Balbusard pêcheur (<i>Pandion haliaetus</i>)	Collision	1.000	4.000
Gélinotte des bois (<i>Tetrastes bonasia</i>)	Evitement	1.000	1.000
Busard Saint-Martin (<i>Circus cyaneus</i>)	Collision	1.000	3.000
Grue (<i>Grus grus</i>)	Evitement	500	1.500
<i>Larinae</i>	Collision	1.000	3.000
Pie-grièche grise (<i>Lanius excubitor</i>)	Collision Evitement	1.000	3.000
<i>Ardedae</i>	Collision Evitement	500	500

Tableau 4 : types d'incidences et distances minimales de recherche des nids et d'évaluation du potentiel en habitats par espèces d'oiseaux (source : document de cadrage du Bade-Wurtemberg).

Evaluation du potentiel en habitats et de l'utilisation de l'espace pour les espèces d'oiseaux présentes au sein de la zone d'étude

L'évaluation du potentiel en habitats de la zone d'étude pour les espèces d'oiseaux repose sur la présence, ou non, de sites de reproduction, de gîtes de parturition, de gîtes d'hibernation ou de corridors de migration. Si au regard des habitats présents, le risque d'incidences des éoliennes est considéré comme « minimal » pour l'espèce concernée, l'autorité administrative peut autoriser le projet. En revanche, si le risque est considéré comme « élevé », une **analyse de l'utilisation de l'espace** (AUE) par cette espèce est requise (sous réserve que cette étude soit adaptée à l'espèce).

Cette AUE est considérée comme adaptée à l'espèce si cette dernière est suffisamment observable sur le terrain. Une telle analyse ne se prête pas, par exemple, aux espèces nocturnes. Si l'AUE montre un risque minimal pour l'espèce en question, l'autorité administrative peut autoriser le projet. En revanche, si l'AUE montre un risque

élevé pour l'espèce étudiée ou si cette analyse est inadaptée à l'espèce, le risque doit être évalué au regard des mesures ERC qui pourront alors être proposées.

Proposition de mesures ERC

Si l'application de mesures ERC est considérée comme suffisante pour limiter le risque d'incidences sur l'espèce ciblée, l'autorité administrative peut autoriser le projet. En revanche, si les mesures ERC sont jugées insuffisantes, l'autorité d'approbation ne peut en principe délivrer son autorisation. Une dérogation à l'article 44-§1 de la BNatSchG doit alors être demandée par le développeur aux autorités administratives s'il souhaite maintenir son projet à cet emplacement.

2.5 Mesures d'évitement et de réduction proposées dans les documents de cadrage amont

Typologie des mesures

Si les études avant-projet précitées montre que le parc éolien présente un risque d'impact sur la biodiversité ne permettant pas de respecter l'article 44-§1 de la BNatSchG, la mise en œuvre de mesures d'évitement et de réduction (*Vermeidungsmaßnahmen*), et si besoin de compensation anticipée (*CEF-Maßnahmen*) doit être envisagée. Ces mesures figurent alors parmi les prescriptions complémentaires de l'autorisation environnementale (les *Nebensbestimmungen*) et s'imposent au développeur.

Plusieurs catégories de mesures d'évitement ou de réduction ont été identifiées pour la phase d'exploitation des parcs éoliens terrestres, au sein des documents de cadrage amont (**tableau 5**). Il s'agit de mesures :

- De distanciation géographique ou technique : (i) Eloignement des machines par rapport aux habitats d'espèces protégées sensibles à l'éolien ; (ii) Hauteur de garde au sol minimale (distance entre le sol et la pointe basse des pales) ;
- D'asservissement des aérogénérateurs (arrêt des machines) ;
- De défavorabilisation des habitats périphériques aux éoliennes et réduction de leur attractivité visuelle ;
- De réduction des risques en phase de chantier.

A noter que la définition des mesures d'évitement et de réduction varie entre l'Allemagne et la France. Ainsi, certaines mesures « d'évitement » dans les documents réglementaires allemands constituent des mesures de « réduction » en France, ces dernières ne garantissant pas l'absence totale d'impacts sur la composante environnementale ciblée, qu'il s'agisse d'une espèce ou d'un milieu naturel en particulier (zone humide, forêt, etc.). A titre d'exemples :

- Les mesures de distanciation des éoliennes par rapport aux habitats d'une espèce donnée peuvent être alternativement considérées comme éligibles à l'évitement ou à la réduction, selon que cet éloignement garanti (ou non) l'absence totale d'incidences sur cette espèce. Plus cette dernière est mobile et présente une grande aire de répartition spatiale (par ex. : territoires de chasse éloignés des nids ou gîtes), plus cette garantie devient difficile à obtenir ;
- L'exclusion de sites Natura 2000 peut être considérée soit comme une mesure d'évitement pour les habitats présents au sein de ces sites et les espèces y effectuant la totalité de leur cycle de vie ; soit comme une mesure de réduction, pour les espèces y effectuant une des phases de leur cycle de vie mais pas la totalité.

Tableau 5 Mesures ERC recensées dans les documents réglementaires étudiés

Catégorie de mesure	Groupe d'espèce	Type de mesure	Exemples
Distanciation géographique	Chauve-souris	Evitement, Réduction	Zones d'exclusion autour des nids et sites de reproduction (cf. Tableau)
	Oiseaux	Réduction	Contournement des zones d'alimentation et aires de repos des espèces de passereaux et de rapaces
Eloignement des parcs éoliens de sites écologiquement sensibles ou corridors migratoires	Oiseaux et Chauve-souris	Réduction	Contournement des corridors migratoires Saxe-Anhalt : interdiction de construire des éoliennes dans les principaux couloirs de vol entre les aires de repos et les aires d'alimentation Disposition des éoliennes parallèlement aux axes migratoires principaux
	Toutes espèces	Evitement ou réduction	Exclusion des sites Natura 2000
	Oiseaux et chauve-souris	Réduction	Elévation des hauteurs de gardes au sol afin d'éloigner les pales de certaines espèces en vol Enterrement des câbles électriques
Asservissement des machines, arrêt des machines	Oiseaux et chauve-souris	Réduction	Arrêt programmé des aérogénérateurs à certaines saisons, dans certaines conditions météorologiques et selon les heures de la journée
	Oiseaux	Réduction	Arrêt temporaire des aérogénérateurs les jours où le nombre de migrations d'oiseaux est important et/ou quand la visibilité est réduite

Catégorie de mesure	Groupe d'espèce	Type de mesure	Exemples
		Réduction	Arrêt programmé des aérogénérateurs pendant la période de nidification et de reproduction (parade nuptiale, construction du nid, jusqu'à ce que les jeunes oiseaux deviennent autonomes). Pour les espèces diurnes, l'arrêt des aérogénérateurs n'est en principe nécessaire que pendant la journée
		Accompagnement	Arrêt ponctuel des aérogénérateurs lorsque le dispositif de détection (caméra ou radar) repère des oiseaux
		Réduction / Accompagnement	Arrêt des aérogénérateurs pendant les périodes de travaux agricoles Pour les espèces d'oiseaux menacées de collision, limitation temporaire du fonctionnement des éoliennes pendant 3 jours à partir du début des travaux agricoles (labour, ensemencement, fauche, récolte, etc.), du lever au coucher du soleil, dans un rayon correspondant à la zone balayée par le rotor plus une zone tampon de 50m (MAMMEN et al. 2014). Cela suppose l'établissement d'accords contractuels entre l'exploitant du parc éolien et les exploitants agricoles, à présenter lors de la demande d'autorisation. En outre, il est souhaitable de synchroniser les périodes de travaux agricoles entre la zone située sous le parc éolien et les alentours.
Défavorabilisation des habitats autour des mâts	Oiseaux	Réduction	Pas de mise en valeur attractive de la zone autour du mât de l'éolienne. Laisser une couverture végétale dense jusqu'à la mi-juillet, pas de stockage de fumier ou autre, élimination des bois naissants à partir d'1 m de hauteur. Aménagement peu attractif des surfaces sous les rotors (+ une zone tampon de 50m de rayon autour du mât).
Réduction attractivité visuelle	Oiseaux	Réduction	Coloration plus foncée (verdâtre ou brunâtre) de la partie inférieure du mât (15 à 20m les plus bas)
Mesures en phase chantier	Oiseaux	Réduction	Limitation de la durée des travaux
	Oiseaux	Réduction	Faire les interventions en dehors de la période de reproduction Du 15 mars au 30 août, toute activité de construction est exclue pour ne pas risquer de porter atteinte à la nidification.
	Oiseaux	Réduction	Réduire à un minimum l'occupation temporaire et définitive des sols
	Oiseaux	Réduction	Déplacer à petite échelle la zone d'intervention lors du chantier afin de préserver les populations (nicheuses) connues
	Oiseaux	Réduction	Eviter de créer des effets d'attraction (par ex en entreposant du bois sur le site longtemps avant le début des travaux)
Mesures d'accompagnement	Oiseaux	Accompagnement	Création d'habitats de substitution attractifs en dehors des distances recommandées par rapport aux installations prévues. Aménagement de surfaces à fauche multiple avec des dates de fauche échelonnées dans les prairies (en dehors de d'une zone taboue d'au moins 500 m autour du site de l'installation, en fonction de l'emplacement de l'installation) afin de guider les vols d'alimentation vers des zones sûres, éloignées des installations (minimisation du risque de collision).
	Oiseaux	Accompagnement	Création de sites de reproduction artificiels (nichoirs, nids artificiels, etc.)
	Oiseaux	Accompagnement	Création ou développement de bordures de champs, si possible de jachères pluriannuelles, de prairies à hautes herbes, etc. ;
	Oiseaux	Accompagnement	Extension des terres arables, des prairies et création de petites parcelles de cultures

Mesures de distanciation géographique ou technique

Parmi les mesures de distanciation prescrites aux développeurs au sein des documents de cadrage amont des projets, citons :

- L'instauration de distances minimales à respecter d'éloignement des machines vis-à-vis de zones écologiquement sensibles ou d'habitats d'espèces

(nids, sites de reproduction des espèces protégées d'oiseaux et de chauves-souris sensibles à l'éolien terrestre). Ces distances minimales peuvent varier pour une même espèce, selon les Länder (**tableaux 6 et 7**) ;

- Le maintien du libre passage des oiseaux dans leurs corridors de vol ;
- Le maintien du libre accès aux habitats (ex. : zones d'alimentation, aires de repos ou étapes migratoires de masse des espèces de passereaux et de rapaces) ;
- Le positionnement des éoliennes parallèlement aux axes migratoires dominants, afin d'éviter de

fractionner les corridors de vol les plus fréquentés entre différentes aires de repos ou étapes migratoires ;

- La définition d'une hauteur minimale de garde au sol (distance entre le terrain naturel et la pointe basse des pales (**tableau 8**).
- Le choix de sites d'implantation des éoliennes approprié et peu conflictuel, avec le cas échéant, le déplacement de l'installation ; en cas d'impossibilité, ces sites conflictuels doivent être abandonnés ;
- L'enterrement des câbles électriques.

Tableau 6 Exemples de distances minimales à respecter pour les parcs éoliens vis-à-vis des sites de reproduction/gîtes de parturition pour plusieurs espèces, dans plusieurs Länder

Espèces	Pygargue à queue blanche	Aigle pêcheur	Milan royal	Milan noir	Cigogne noire	Cigogne blanche	Grue cendrée	Busard cendré
Mecklembourg-Poméranie occidentale	2 km	1 km	1 km	1,5 km	3 km	1 km	Non applicable	500 m autour des zones de nidification permanentes
Bade-Wurtemberg	3 km	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km	500 m	300m à 1 km

Tableau 7 Exemples de distances minimales à respecter pour les parcs éoliens vis-à-vis des habitats de chauve-souris.

Land	Sarre	Saxe-Anhalt
Sites de reproduction Gîtes de parturition	5 km	1 km
Gîtes d'hibernation	5 km	1 km
Corridors migratoires	NA	1 km

Tableau 8 : hauteur minimale de garde au sol prescrite par les Länder de Saxe et du Bade-Wurtemberg

Land	Saxe	Bade-Wurtemberg
Hauteurs de garde au sol minimale	- 80 m pour le milan royal - 30 à 50 m (80 m en zone vallonnée) pour le hibou Grand-duc et les espèces de busards	- 50m (80m en zone vallonnée) pour le hibou Grand-duc et les busards

Cas particulier du Bade-Wurtemberg

Le Bade-Wurtemberg recommande de mettre en place des mesures de protection strictes autour des nids, et ce, pour toutes les activités anthropiques.

Ainsi, sont interdits :

- dans un rayon de 300 m :
 - l'exploitation forestière pendant la période de reproduction (du 15 avril au 15 septembre) ;
 - la chasse ;
 - toutes les structures ou activités susceptibles de causer des atteintes à l'espèce ciblée (aires de jeux pour enfants, parcours de VTT, aires de barbecue, de même qu'aucune manifestation de loisirs ou sportive ne doit être organisée).
- dans un rayon de 100 m : l'abattement des boisements et la modification de l'écosystème.

Mesures d'asservissement des aérogénérateurs

Concernant les chauves-souris, la mesure proposée au sein de l'ensemble des Länder est l'arrêt des aérogénérateurs. Celui-ci peut être :

- Soit préprogrammé à certaines saisons et pas de temps horaires, et sous certaines conditions météorologiques (cf. exemples en **tableau 9**) ;
- Soit préétabli sur la base de la probabilité de présence des chiroptères sous certaines conditions météorologiques.

A noter qu'en Allemagne, l'arrêt des machines à l'aide du logiciel ProBat est désormais recommandé par l'ensemble des acteurs de la filière éolienne (chercheurs, exploitants, autorités publiques)¹⁴. A ce jour, quatre Länder prescrivent l'utilisation de cet outil dans leurs décrets ou guides sur l'énergie éolienne : la Bavière, le Mecklembourg-Poméranie occidentale, la Rhénanie du Nord-Westphalie et la Thuringe.

En outre, six Länder (Bade-Wurtemberg, Hesse, Basse-Saxe, Rhénanie-Palatinat, Sarre et Saxe-Anhalt) imposent la mise en œuvre d'algorithmes d'arrêt des machines sur les éoliennes dont ils autorisent l'installation, et dont le fonctionnement repose sur la méthode RENEBAT (base de l'algorithme ProBat). Ainsi, l'utilisation d'algorithmes d'arrêt des machines reposant sur la méthode RENEBAT, qu'il s'agisse de ProBat ou d'autres, est aujourd'hui la norme en Allemagne. Concernant les oiseaux, les mesures de réduction suivantes sont mises en œuvre :

- Arrêt programmé des aérogénérateurs pendant la période de nidification et de reproduction (parade nuptiale, construction du nid, jusqu'à ce que les jeunes oiseaux deviennent autonomes) ;
- Arrêt « à la demande » des aérogénérateurs pendant : (i) les périodes de travaux agricoles ; (ii) en l'absence de visibilité ; (iii) lors de la présence d'oiseaux sur le site (jours de migrations d'oiseaux, fréquentation temporaire par un individu).

Ex. de conditions d'application de l'arrêt des aérogénérateurs en période de travaux agricoles dans le Land de Sarre¹⁵ :

Pour les espèces d'oiseaux menacées de collision, limitation temporaire du fonctionnement des éoliennes pendant 3 jours à partir du début des travaux agricoles (labour, ensemencement, fauche, récolte, etc.), du lever au coucher du soleil, dans un rayon correspondant à la zone balayée par le rotor plus une zone tampon de 50m (MAMMEN et al. 2014). Cela suppose l'établissement d'accords contractuels entre l'exploitant du parc éolien et les exploitants agricoles, à présenter lors de la demande d'autorisation. En outre, il est souhaitable de synchroniser les périodes de travaux agricoles de la zone située sous le parc éolien et des alentours.

Tableau 9 : exemples de critères conditionnant les modalités d'arrêt programmé des éoliennes.

Land	Brandebourg	Saxe-Anhalt	Sarre
Saison	15 juillet au 15 septembre	Périodes concernées : <ul style="list-style-type: none">▪ 1^{er} avril au 20 mai (migration printanière) ;▪ 1^{er} mai au 31 juillet (période de reproduction) ;▪ 10 juillet au 31 octobre (périodes de parade / migration d'automne)	Entre début avril et fin octobre

¹⁴ https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente_bf/BfN_PraxisInfo_01_ProBat_2019.pdf

¹⁵ https://www.saarland.de/mwide/DE/downloads/energie/download_ads_abt_f/F1/Windkraft/Leitfaden_Artenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Période	1h avant le crépuscule jusqu'à 1h après l'aube	Nuit	Nuit
Vitesse de vent (m/s)	< 5	< 6,5	< 7 (si les espèces : noctule commune, noctule d'Europe ou chauve-souris sont ou peuvent être présentes) ; < 6 si les espèces ci-dessus ne peuvent pas être présentes.
Température de l'air (°C)	> 10	> 10	> 10
Pluviométrie	Seuil non défini	> 5 mm en 5 minutes	

Mesures d'atténuation du piège sensoriel

- Défavorabilisation des habitats autour des éoliennes : destruction de la végétation ou gestion de cette dernière autour du mât, afin d'en réduire l'attractivité et d'éviter la constitution d'un piège sensoriel pour certaines espèces d'oiseaux ou de chauve-souris présentes sur la zone d'étude :
 - Maintien d'une couverture végétale dense jusqu'à la mi-juillet
 - Interdiction de stockage de fumier ou autre déchets organiques
 - Défrichage des bois naissants à partir d'1 m de hauteur
 - Aménagement peu attractif des surfaces sous les rotors et une zone tampon de 50 m de rayon autour du mât ;
- Réduction de l'attractivité visuelle :
 - Coloration plus foncée (verdâtre ou brunâtre) de la partie inférieure du mât et sur une hauteur de 15 à 20 m ;
 - Balisage circonstancié de nuit des éoliennes.

Mesures en phase chantier

- Limitation de la durée des travaux ;
- Adaptation du phasage chantier en dehors des périodes de reproduction (ex. interdiction de toute activité de construction du 15 mars au 30 août, pour ne pas risquer de porter atteinte à la nidification) ;
- Réduction des emprises du chantier et du parc ;
- Contournement localisé des habitats écologiquement sensibles et présents sur l'emprise du chantier ;
- Défavorabilisation de certains postes du chantier pouvant créer un piège sensoriel pour certaines espèces (ex. : évacuation rapide des dépôts de bois).

2.6 Compensation des incidences résiduelles



Dimensionnement des mesures de compensation

En Allemagne, la loi fédérale sur la protection de la nature (Bundesnaturschutzgesetz) ¹⁶ réglemente la compensation pour les infrastructures portant atteinte à la nature (biotopes et paysages), telles que les autoroutes, les voies ferrées ou les installations éoliennes.

Jusqu'à la fin des années 1990, la loi exigeait la mise en œuvre de ces mesures selon une approche fonctionnelle (*Ausgleichsmaßnahmen*), à savoir l'obligation de restaurer identiquement les fonctions écologiques des habitats dégradés, à proximité du site impacté. Néanmoins, cette compensation a été peu mise en œuvre, du fait d'un problème d'accès au foncier et d'acceptabilité des mesures. Dès lors, à partir de 2002, la loi fédérale s'est assouplie et a évolué vers des mesures de remplacement (*Ersatzmaßnahmen*), qui ne supposent pas de lien fonctionnel entre le site dégradé et le site de compensation. Ces mesures de remplacement se sont fortement généralisées à partir de 2010, lorsque la loi fédérale a supprimé le principe de préférence pour l'approche fonctionnelle.

Dans ce cadre, s'est développé au sein de chaque Länd, un système d'organisation anticipée de la compensation, basé sur une méthode de dimensionnement standard du besoin compensatoire : l'*Ökokonto* ¹⁷ ; et un mode de mise en œuvre des mesures de compensation : la compensation « par l'offre » (dite « banque de compensation »). Cette méthode consiste à associer à chaque biotope un éco-score, avant et après impact, permettant de calculer le nombre d'éco-points à compenser en cas d'atteinte à ce dernier. L'éco-score est également calculé sur le site où a eu lieu la compensation anticipée, les deux devant être équivalents. Si la différence entre l'éco-score du site de compensation et l'éco-score du site à compenser est positive (i.e. « plus de compensation que d'impact »), l'excédent peut être stocké sur un « éco-compte » (*Ökokonto*), où il croîtra de 3% par an. L'excédent pourra ensuite être utilisé pour compenser d'autres impacts, du même porteur de projet ou non. La mise en œuvre de l'*Ökokonto* est régie au niveau de chaque Land.

A noter que les atteintes aux espèces et habitats protégés, régies au niveau européen par les directives Habitat et Oiseaux, ne peuvent être compensées que par des mesures assurant une continuité écologique entre le site

impacté et le site de compensation. Elles sont dimensionnées au cas par cas. Les mesures de compensation n'assurant pas cette continuité écologique sont inéligibles à la compensation dans ce cas.

Cas de la compensation des incidences engendrées par des parcs éoliens terrestres : sur sept des seize Bundesländer allemands étudiés dans le cadre de cette étude, aucune méthode de dimensionnement du besoin compensatoire spécifique à l'éolien terrestre n'est utilisée. L'analyse montre toutefois l'utilisation de méthodes de dimensionnement du besoin compensatoire sur la base des impacts paysagers spécifiques à ces installations.

Focus sur le cas du Land de Hesse : méthode de dimensionnement de la compensation selon la méthode *Ökokonto* adaptée aux infrastructures verticales¹⁸

En Hesse, la réglementation sur l'énergie éolienne ne fait pas mention de l'Ökokonto ; mais le décret relatif à la compensation prévoit une méthode de calcul spécifique aux incidences des infrastructures verticales (dont des parcs éoliens) sur le paysage : « En cas d'atteinte portée par des pylônes, notamment des pylônes à haute tension, des éoliennes, des tours radio et panoramiques, des piliers de ponts ou d'autres ouvrages comparables (pylônes), le paiement compensatoire pour les dommages inévitables et non compensables se calcule selon la procédure suivante : la surface du périmètre projeté horizontalement de 15 fois la hauteur totale d'un pylône individuel doit être classée dans l'un des niveaux de valeur 1 à 4 indiqué dans le tableau 10 ».

Exemples de mesures de compensation

- Création d'habitats de substitution attractifs en dehors des zones à risque pour les espèces ciblées au regard de la disposition des éoliennes. A titre d'exemple : gestion conservatoire de la végétation au sein de prairies, comprenant des fauches tardives. Les sites de compensation sont délibérément recherchés à distance des aérogénérateurs (zone tampon d'au moins 500 m), afin de guider les oiseaux et chiroptères vers des territoires de chasse limitant le risque de mortalité ;

¹⁶ http://forumdesgestionnaires.espaces-naturels.fr/sites/default/files/2015/presentations/10_me_reinert_c_kupfer_eier.pdf

¹⁷ https://ercterritoire.sciencesconf.org/data/pages/12_Bas_Adeli

¹⁸ https://www.hlg.org/fileadmin/user_upload/2_Leistungsspektrum/Oekoagentur/PDF/Kompensationsverordnung_Hessen_GV_BI.2018_S.652_.pdf

- Aménagement de bordures de champs, si possible de jachères pluriannuelles, de prairies à hautes herbes, etc. ;
- Extension des terres arables, des prairies et création de petites parcelles de cultures diversifiées.

2.7 Exemples de mesures d'accompagnement

- Création de sites de reproduction artificiels (nichoirs, nids artificiels, etc.) ;
- Création ou développement de bordures de champs, si possible de jachères pluriannuelles, de prairies à hautes herbes, etc. ;
- Extension des terres arables, des prairies et création de petites parcelles de cultures diversifiées.



Tableau 10 : typologie des paysages et valeur associée pour l'évaluation du besoin compensatoire.

Caractéristiques paysagères	Points par m de mât
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paysages de faible importance pour l'entretien des paysages et les loisirs liés à la nature ; ▪ utilisation intensive et à grande échelle des terres ; caractéristiques typiques de l'espace naturel largement déformées et détruites ; ▪ contraintes préalables sous forme d'atteintes visuelles liées au paysage par des structures techniques et architecturales gênantes, par le bruit et d'autres atteintes à l'environnement (par exemple par des installations de transport, des décharges, des sites d'extraction, des zones industrielles) 	286
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paysages d'importance moyenne pour l'entretien des paysages et les loisirs liés à la nature ; ▪ éléments paysagers typiques de l'espace naturel et de l'histoire culturelle ainsi que diversité typique du paysage diminués et déformés par endroits mais encore reconnaissables ; ▪ contraintes préalables à reconnaître ; surface de parc éolien existante, pour autant qu'elle ne soit pas de valeur 1 	571
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paysages d'une grande importance pour l'entretien des paysages et les loisirs liés à la nature ; ▪ les caractéristiques naturelles et les éléments historiques et culturels du paysage sont pour l'essentiel encore bien reconnaissables ; ▪ faibles nuisances préexistantes ; il s'agit entre autres de parties moins sensibles de zones de protection des paysages ou de parcs naturels, ou de zones situées à proximité de monuments, de zones d'entretien et de développement d'une réserve de biosphère 	857
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paysages d'une très grande importance pour l'entretien des paysages et les loisirs liés à la nature ; ▪ nature largement exempte d'objets visuellement dérangeants ; utilisation extensive à petite échelle ; ▪ part élevée d'éléments paysagers typiques de l'espace naturel ; part élevée de formes de surface naturelles marquant le paysage ; ▪ part élevée d'éléments paysagers culturels et historiques importants, monuments ou formes historiques d'utilisation du sol ; entre autres : parcs nationaux, zones centrales des réserves de biosphère, zones particulièrement sensibles des réserves naturelles ou des paysages protégés, zones centrales et zones tampons des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO 	2286

3. Acquisition de connaissances scientifiques simultanément au développement d'une filière émergente : cas de la filière solaire flottovoltaïque aux Pays-Bas

3.1 Objectifs

La démarche conduite par l'institut de recherche appliquée Deltares¹⁹ dans le cadre du consortium public-privé *Zon op Water* repose sur le constat que le solaire flottant est une filière EnR émergente aux Pays-Bas, dont les effets sur les écosystèmes aquatiques et la qualité de l'eau restent à ce jour très peu connus.

Alors que *Zon op Water* vise le développement de capacités de production de 2GW crête de panneaux solaires flottants entre 2017 et 2023, les autorités en charge de la gestion des eaux de surface à l'échelon local, régional ou national se retrouvent confrontées à des demandes croissantes de permis pour l'installation de parcs photovoltaïques sur des plans d'eau continentale. Néanmoins, elles ne disposent pas encore des méthodes leur permettant d'évaluer leurs incidences sur l'environnement, dont la biodiversité, ni de délivrer les autorisations environnementales selon des critères fiables et objectifs.

C'est la raison pour laquelle ce programme de recherche a été initié. Ce dernier associe les développeurs de projet solaires flottants, très volontaires dans cette démarche. Ces derniers sont en effet attentifs à la connaissance de leurs incidences éventuelles sur l'environnement et aux moyens d'y remédier efficacement et le plus rapidement possible, garant de l'acceptation sociétale et de la pérennité de leur activité. Le consortium *Zon op Water* vise ainsi à promouvoir le positionnement des entreprises néerlandaises sur ce secteur en renforçant les connaissances relatives aux incidences des installations sur la qualité de l'eau et des écosystèmes. A ce jour, une dizaine d'expérimentations sur des parcs flottovoltaïques à petite échelle (puissance entre 30 et 50kWc pour les unités pilotes actuellement développées) sont conduites aux Pays-Bas, en mer du Nord et sur les plans d'eau continentale. L'ensemble des développeurs de ces projets

participent au programme de recherche conduit par Deltares.

La démarche développée vise à mieux comprendre les incidences directes et indirectes de ces installations solaires flottantes sur les écosystèmes aquatiques (dont la qualité de l'eau), et plus largement sur l'environnement au contact de ces installations. L'une des questions soulevées concerne la modification éventuelle de paramètres physico-chimiques au sein de la colonne d'eau compte tenu des installations, et ses conséquences sur certains processus biogéochimiques.

Deltares s'est attaché à vérifier deux hypothèses plus particulièrement prégnantes :

- les effets potentiels de la diminution de la luminosité dans la colonne d'eau, et de la modification du régime thermique et de la concentration en oxygène dissous, sur la flore et la faune inféodées aux écosystèmes lacustres ;
- la modification éventuelle des processus d'élimination des pathogènes présents dans les eaux de surface utilisées comme réservoirs d'eau potable, conduisant à une dégradation de la qualité de l'eau destinée à la consommation.

3.2 Acteurs impliqués

Le programme de recherche mené par Deltares s'inscrit dans le cadre du consortium national *Zon op Water* (solaire flottant). Ce consortium réunit à ce jour 31 parties prenantes, publiques et privées : des municipalités (Amsterdam, Rotterdam), des provinces (Holland Zuid, Verijsselnhj, Noord-Holland...), les autorités régionales en charge de la gestion de l'eau (STOWA), des fournisseurs d'énergie renouvelable (Eneco, Vattenfall, Enexis...), des développeurs de solaire flottant (Sun projects, Profloating,

¹⁹Deltares est un institut de recherche appliquée indépendant visant à promouvoir la diffusion des connaissances en open source. Il est spécialisé dans les

domaines de l'eau et des subsurfaces. Il s'agit d'une organisation à but non lucratif, employant 850 personnes, basée aux Pays-Bas (Delft et Utrecht).

Sunfloat...) ainsi que des instituts de recherche (Deltares, TU Delft, ...). Cette initiative bénéficie à la fois de subventions publiques et de financements de la part d'entreprises privées.



National consortium Zon op Water

Le consortium national Zon op Water a été mis en place dans

le but de promouvoir l'énergie solaire flottante aux Pays-Bas. L'objectif est de produire 2GW crête d'énergie solaire flottante entre 2017 et 2023, et de contribuer au renforcement de la position des entreprises néerlandaises sur ce secteur. Le consortium est dirigé par le SEAC (Solar Energy Application Community), une communauté créée en 2012 réunissant l'ECN (le centre de recherche sur l'énergie aux Pays-Bas), TNO (l'organisation néerlandaise de recherche appliquée) et Holland Solar (l'association professionnelle du secteur de l'énergie solaire aux Pays-Bas). Le SEAC vise à promouvoir la R&D et l'activité des entreprises dans le domaine de l'énergie solaire.

L'étude menée par Deltares s'inscrit ainsi dans le cadre d'une démarche pluripartite, à même d'associer les besoins et intérêts de chacun :

- Pour les autorités publiques, l'objectif est de disposer d'une grille harmonisée d'évaluation de l'opportunité des projets au cas par cas, en fonction de leur caractère compatible avec les engagements des Pays-Bas vis-à-vis de l'Europe en matière de maintien en bon état écologique et chimique des masses d'eau (cf. DCE, 2000) et de préservation de la biodiversité (cf. Directive habitats-faune-flore, 1992 et Directive oiseaux, 2009), ainsi que des usages à l'échelle locale ;
- Pour les développeurs de projet, l'enjeu est de comprendre si leurs installations ont un impact sur l'environnement, et le cas échéant si des mesures d'atténuation peuvent être mises en œuvre, garantes de l'essor de l'activité solaire flottante aux Pays-Bas et du respect de la programmation énergétique et des engagements européens en matière de neutralité carbone ;
- Pour Deltares, travailler conjointement avec des développeurs de projet permet de disposer de

conditions d'expérimentation in-situ, impossibles à reproduire de manière expérimentale et garantes de l'obtention d'un jeu de données scientifiquement robuste, permettant d'améliorer la qualité de leurs modèles statistiques.

3.3 Outils développés

Les outils développés par Deltares sont présentés au sein du « Guide pour l'octroi de licences pour les parcs solaires flottants sur l'eau »²⁰. Publié en février 2019, il a été actualisé en octobre 2020. Il comprend :

- Des démarches pas à pas d'analyse de l'opportunité des projets selon les procédures réglementaires concernées ;
- Un modèle d'évaluation des effets potentiels des parcs flottovoltaïques sur les écosystèmes lacustres, notamment sur la qualité physico-chimique de l'eau et l'écologie du plan d'eau, compte tenu des caractéristiques techniques des parcs PV et des milieux concernés ;
- Un protocole harmonisé de suivi des incidences potentielles des parcs flottovoltaïques sur la qualité physico-chimique et écologique de l'eau, le niveau trophique et les cortèges d'espèces aquatiques présents au sein des plans d'eau concernés.

Il s'agit d'outils d'aide à la conception et à l'instruction des projets, et non de délivrance des autorisations environnementales.

3.4 Démarches pas à pas d'analyse des projets par procédures

Le guide propose des démarches pas à pas d'analyse de l'opportunité des projets par types de procédures. Ces analyses se présentent sous la forme d'arbres de décision interactifs. Disponibles gratuitement en libre téléchargement, chaque arbre reprend le cadre juridique actuellement applicable aux parcs photovoltaïques flottants aux Pays-Bas et comprend, au sein de certaines étapes, une évaluation des effets potentiels du projet sur la qualité de l'eau et les écosystèmes lacustres.

²⁰ [https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-voor-](https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-voor-vergunningverlening-drijvende-zonneparken-op-water)

[vergunningverlening-drijvende-zonneparken-op-water](https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-voor-vergunningverlening-drijvende-zonneparken-op-water)

Au total, quatre procédures s'imposent à minima à ces projets aux Pays-Bas, à savoir :

- Site localisé dans les eaux nationales ou près d'une barrière d'eau nationale ;
- Site localisé dans un cours d'eau ou une barrière d'eau gérée par une agence de l'eau ou une province ;
- Construction et aménagement du territoire ;
- Rejets de matière lixiviables.

A cela, s'ajoutent d'autres procédures applicables selon les cas, en fonction de leurs emplacements et des enjeux associés :

- Nature (zones et espèces protégées) ;
- Câbles sur le domaine public ;
- Archéologie ;
- Protection des eaux souterraines et zones calmes (ordonnance provinciale sur l'environnement) ;
- Projets dans un sol pollué ;

- Projets dans ou à proximité d'infrastructures, telles que les routes et voies ferrées ;
- Systèmes PV dans une installation soumise à la loi sur l'environnement ;
- Droit privé (projets sur le terrain de personnes privées).

L'utilisateur doit vérifier les procédures concernées par son projet, et appliquer les arbres de décision pour chacune d'entre elles. Chaque réglementation donne en principe lieu à une autorisation, une dérogation ou un refus.

Focus sur la réglementation « Nature » : L'application de la réglementation relative à la protection de la nature suppose l'utilisation de deux arbres de décision, l'un relatif aux sites Natura 2000, l'autre aux espèces protégées (figure 11). Pour évaluer le risque d'incidence sur ces dernières, notamment du fait de la dégradation de la qualité physico-chimique ou écologique du plan d'eau, le modèle d'évaluation des incidences potentielles peut être utilisé.

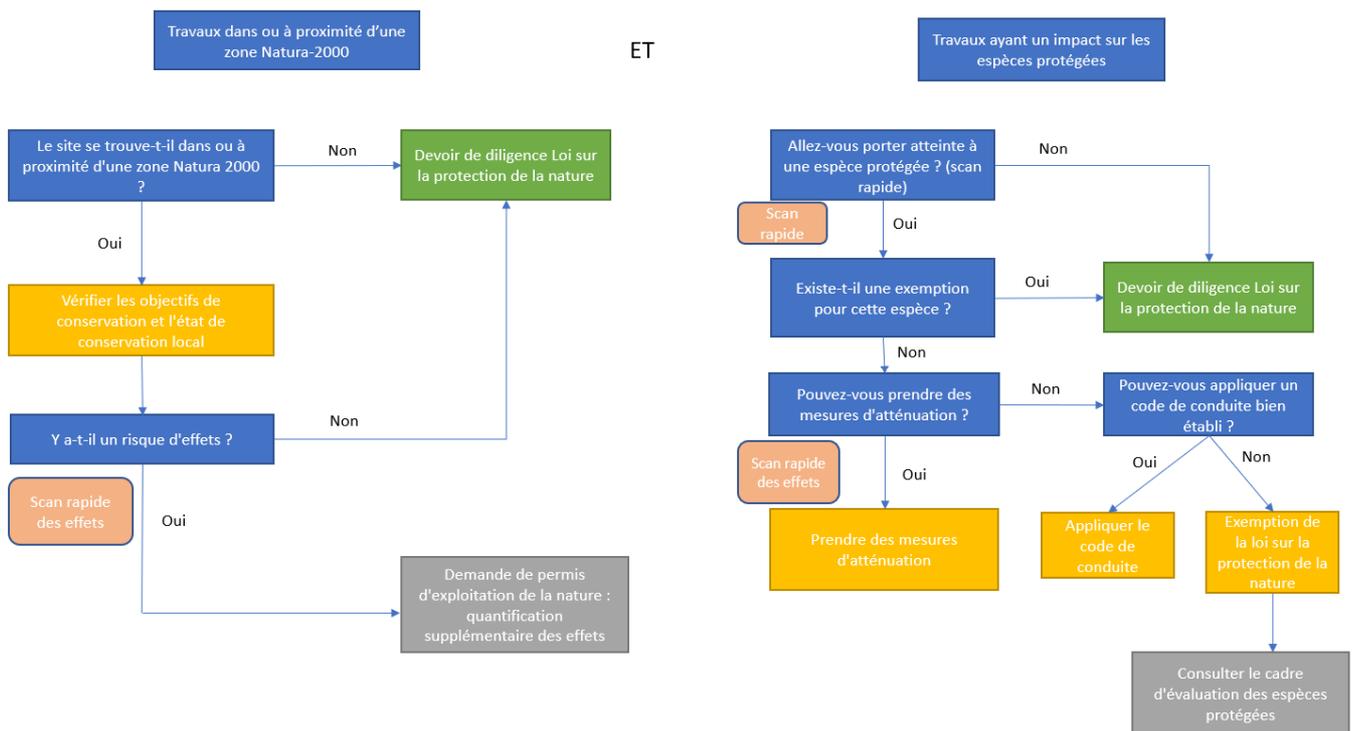


Figure 11 : Arbres de décision relatifs aux procédures à suivre conformément au cadre réglementaire sur la protection de la nature (directive Habitats-Faune-Flore, 1992), issus de l'outil Zon op Water (traduction des auteurs ; source : organigramme « solaire flottant » disponible [ici](#) sur le site de STOWA)

3.5 Modèle d'évaluation des incidences potentielles des parcs flottovoltaïques sur la qualité physico-chimique et écologique des plans d'eau

Les études menées sur la qualité des eaux et des écosystèmes montrent que l'installation de panneaux photovoltaïques flottants sur un plan d'eau peut modifier ses fonctions écologiques. Deux paramètres clés sont identifiés : i) le taux de couverture du miroir d'eau par les panneaux solaires ; et ii) l'incidence des panneaux PV sur la luminosité dans la colonne d'eau. En phase de conception des projets, ces deux paramètres peuvent être ajustés en fonction des caractéristiques du site, pour veiller à limiter les incidences du parc sur la

qualité de l'eau et l'écosystème. Le modèle en question vise à appuyer les développeurs dans l'évaluation des incidences potentielles de leurs projets sur les plans d'eau, sur la base des caractéristiques i) du parc flottovoltaïque qu'ils envisagent d'installer ; et ii) du plan d'eau lui-même (**Tableau 11**).

Le modèle estime en effet l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et écologiques du plan d'eau une fois équipé d'une centrale flottovoltaïque : température moyenne, concentration en oxygène dissous, concentration en chlorophylle-a, développement des macrophytes aquatiques, etc. (**Tableau 12**). L'intensité lumineuse maintenue dans la colonne d'eau au droit des emprises de la centrale (via les largeurs inter-rangs entre les panneaux), est traitée comme une variable pouvant permettre de compenser la perte de luminosité sous les panneaux solaires.

Tableau 11 : Variables de description du projet et du plan d'eau.

Variables renseignées par l'utilisateur de l'outil	
Caractéristiques de la zone d'eau choisie pour l'implantation des panneaux solaires	Surface [ha]
	Profondeur maximale [m]
	Statut nutritif (<i>eutrophe...</i>)
	Type de substrat (<i>sable, tourbe...</i>)
Caractéristiques du parc flottovoltaïque	Surface [ha]
	Intensité lumineuse maintenue dans la colonne d'eau au droit des emprises de la centrale flottovoltaïque (% de la lumière incidente)

Tableau 12 : Paramètres modélisés par l'outil Excel

Pourcentage de la zone d'eau couverte par les panneaux solaires	
Intensité lumineuse moyenne sous le système PV [W/m2]	
Température moyenne de l'eau au cours des saisons printanière et estivale (avril-septembre) [°C]	Couche de surface
	Couche moyenne
	Couche inférieure
Température maximale de l'eau au cours du semestre d'été [°C]	
Fraction de la surface du fond dans les couches d'eau inférieures sur laquelle l'oxygène n'est plus présent (limite : 6 mg/l)	
Intensité dans les couches d'eau inférieures sur lesquelles se produit un déficit en oxygène (limite : 6 mg/l)	
Fraction de la surface du fond dans les couches d'eau inférieures sur laquelle l'oxygène n'est plus présent (limite : 5 mg/l)	
Intensité dans les couches d'eau inférieures sur lesquelles se produit un déficit en oxygène (limite : 5 mg/l)	
Fraction de la surface du substrat dans les couches d'eau inférieures où l'oxygène fait défaut (limite : 3°C)	
Intensité dans les couches d'eau inférieures sur lesquelles se produit un déficit en oxygène (limite : 3 mg/l)	
Concentration en chlorophylle-a au cours des saisons printanière et estivale	Couche de surface, total [µg/l]
	Couche de surface, hors PV [µg/l]
	Couche de surface, sous les panneaux PV [µg/l]

Le modèle utilisé se base sur un grand nombre de simulations (736 au total) appliquées à différents types de plans d'eau (fictifs). Les données résultantes ne pouvant refléter pleinement la réalité, un suivi sur le terrain des caractéristiques physico-chimiques et écologiques des plans d'eau s'impose malgré tout pour évaluer leur évolution dans le temps une fois les parcs flottovoltaïques installés. L'outil Excel mis en ligne permet également de tracer 3 figures :

- La fraction de la surface du substrat recouverte de macrophytes aquatiques en fonction de la surface du plan d'eau recouverte par les panneaux PV (Figure 12) ;

- La fraction de la surface du substrat recouverte de macrophytes aquatiques en fonction de la surface de l'eau recouverte par des panneaux PV et de l'intensité lumineuse transmise par le système PV dans son ensemble ;
- La fraction de la surface du substrat recouverte de macrophytes aquatiques en fonction de la surface de l'eau recouverte par des panneaux PV et de l'intensité lumineuse transmise par le système PV dans son ensemble, pour un plan d'eau d'une surface de 100 Ha (constante) (Figure 13).

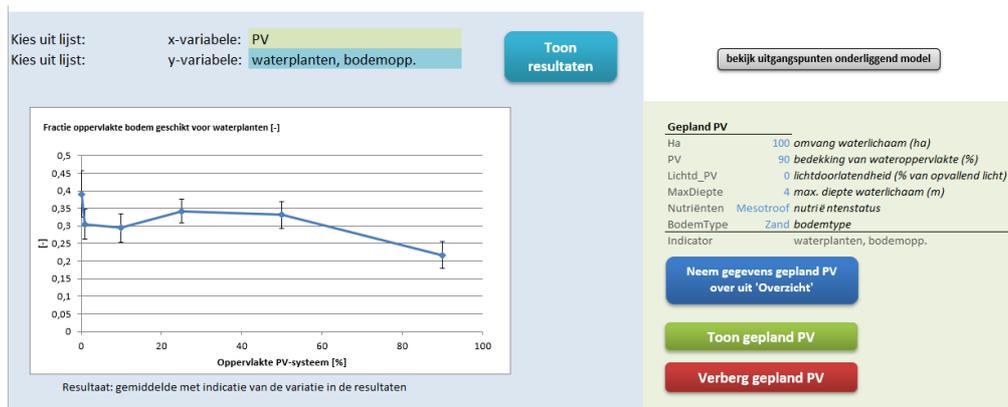


Figure 12 Taux de couverture du substrat par des macrophytes aquatiques en fonction de la surface de plan d'eau recouverte par des panneaux PV (figure issue de l'outil).

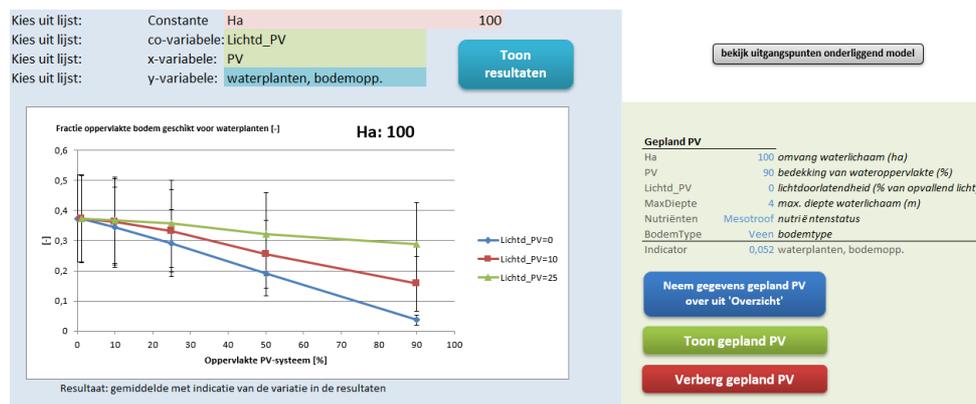


Figure 13 Taux de couverture du substrat par des macrophytes aquatiques en fonction de la surface de plan d'eau recouverte par des panneaux PV et de l'intensité lumineuse maintenue dans la colonne d'eau malgré l'installation des panneaux PV, pour un miroir d'eau de 100 ha (figure issue de l'outil). Les 3 courbes de couleur correspondent à trois valeurs de transmission lumineuse différentes (en bleu : transmission lumineuse dans la colonne d'eau égale à 0% de la lumière incidente ; en rouge : transmission lumineuse égale à 10% de la lumière incidente ; en vert : transmission lumineuse égale à 25% de la lumière incidente).

L'utilisation du modèle d'évaluation des incidences précitées est prévue au sein des arbres de décision Zon op Water, ceci afin :

- D'éclairer les décideurs sur l'opportunité de tel ou tel projet sur tel ou tel plan d'eau au regard de ses incidences potentielles sur l'écosystème lacustre ;
- De comparer différents scénarios de conception des projets afin d'identifier le moins impactant.

Par exemple, dans la section « 5. Nature » du guide, un diagramme montre quels indicateurs de qualité de l'eau peuvent affecter la faune et la flore, et donc les objectifs de conservation des sites Natura 2000 (température, lumière, vent, niveau trophique).

Des compléments d'information qualitatifs et quantitatifs sont présentés pour chaque indicateur de qualité de l'eau, et indiquent à partir de quelles valeurs il y a un risque potentiel pour l'environnement.

3.6 Protocole de suivi standard de la qualité de l'eau et de l'écologie des écosystèmes lacustres équipés de parcs flottovoltaïques

En complément des deux outils précédemment évoqués, Deltares a publié en mai 2020 un guide relatif au suivi standard de l'effet des parcs solaires flottants sur la qualité de l'eau et les écosystèmes lacustres (Pires, et al., 2020)²¹. L'intérêt de collecter des données standardisées est de pouvoir les comparer entre elles, dans le temps et dans l'espace (évolution temporelle des caractéristiques d'un plan d'eau ; et comparaisons entre parcs).

Ces données participeront ensuite à l'élaboration de recommandations en matière d'écoconception des parcs solaires flottants, permettant de minimiser leurs impacts négatifs potentiels sur l'environnement, et si possible d'apporter une valeur ajoutée aux plans d'eau concernés. A noter que ce protocole s'applique uniquement au suivi de projets situés en plans d'eau continentale, en non en milieu marin.

Focus : Lien entre le protocole de suivi présenté dans le document publié par Deltares et la directive-cadre sur l'eau (DCE, 2000) :

- La DCE n'est pas utilisée comme référence inconditionnelle pour le protocole en tant que tel, mais plutôt pour rappeler les cibles réglementaires limites à ne pas dépasser, et ainsi faciliter l'interprétation des résultats (bonne qualité ou non de la masse d'eau) par des acteurs non spécialistes ;
- Tous les indicateurs standards de la DCE n'ont pas été retenus, le document précisant que seuls les indicateurs « les plus importants » ont été retenus, dans un souci de simplification et de limitation des coûts de suivi ;
- Toujours dans ce souci de limitation des coûts de suivi, le document insiste sur la possibilité de mutualiser les analyses avec d'autres suivis standards réalisés par les Agences de l'eau, d'où l'intérêt d'avoir une référence commune avec la DCE.

Le protocole comprend des paramètres dont le suivi est soit obligatoire (tronc commun), soit facultatif, ceci dans une optique d'optimisation de la qualité du jeu de données et d'économie de coûts et de moyens.

Trois grandes catégories de données sont relevées sur le terrain :

- Physiques : type de substrat, profil de profondeur, vent, gaz à effet de serre, etc. ;
- Physico-chimiques : température, concentration en oxygène dissous, pH, etc. ;
- Biologiques : indicateurs de faune et de flore, relatifs à la qualité écologique de l'eau.

Les conditions dans lesquelles les relevés doivent être effectués sont précisées (nombre de mesures par an, fréquence des années de mesure, fin de la période de mesures) ainsi que le type de plan d'eau considéré (surface large/petite, profondeur faible/élevée, usages du plan d'eau). L'usage du plan d'eau doit être également renseigné (eau potable / réservoir de stockage d'eau potable / eau de baignade / eau de pêche), de même que les exigences de qualité chimique et bactériologique associées.

²¹

<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urb>

[n%20energy/publicaties/Notitie_Ecologisch%20meetadvies_Zonnesystemen%20op%20water%202020.pdf](https://www.energie.nl/sites/default/files/uploads/Notitie_Ecologisch%20meetadvies_Zonnesystemen%20op%20water%202020.pdf)

Parmi les indicateurs inscrits au tronc commun, citons :

- Pour les paramètres physico-chimiques : température de l'eau, acidité, transparence, concentration en oxygène, en phosphate, en ortho-phosphate et en azote (**annexe 2**).
- Pour la faune et la flore : concentration en chlorophylle-a, composition du phytoplancton, diversité des macrophytes aquatiques, diversité de la macrofaune, composition et abondance de l'ichtyofaune, nombre d'oiseaux nicheurs sur la zone du plan d'eau et à proximité, bactériologie (**annexe 3**).
- Pour les autres paramètres : mouvements dans la colonne d'eau, profondeur du plan d'eau, type de sol, vitesse et direction du vent, émission de gaz à effet de serre (**annexe 4**).

Les indicateurs facultatifs sont :

- Pour les paramètres physico-chimiques : la concentration en toxines d'algues bleues (microcystine), la concentration en chlorure, la conductivité, la présence de carbone anorganique, la présence de métaux lourds (notamment pour savoir si une lixiviation a eu lieu) ;
- Pour la faune et la flore : une caractérisation du phytoplancton (espèces présentes) et du zooplancton (densité), les paquets d'œufs de poisson (caractérisation de la reproduction), et des peuplements d'amphibiens, de reptiles, d'oiseaux et de mammifères (richesse spécifique et densité) ;
- Pour les autres paramètres : les sédiments de micro-et nanoplastique, les rafales de vent ;

Enfin, le document fournit en annexe les valeurs de référence de plusieurs paramètres physico-chimiques, pour cinq types de plans d'eau différents, selon les standards de la DCE (**annexe 5**).

3.7. Retour d'expérience

Facteurs de succès

Deltares souligne l'importance d'une organisation pluripartite, de manière à fédérer autour du projet aussi bien les pouvoirs publics que les développeurs privés. Les

travaux menés par l'institut de recherche permettront à terme de préciser sur le plan réglementaire les modalités de développement et de conception des parcs solaires flottants, levier nécessaire aux autorités publiques en charge de la gestion de l'eau et aux développeurs privés, de manière à sécuriser leurs projets. Réunir l'ensemble des acteurs lors de ces travaux favorise l'adoption d'une réglementation plus efficace.

En 2017, lors d'un symposium consacré au solaire flottant, Deltares a présenté une vision d'ensemble des aspects réglementaires devant être pris en compte aux différentes échelles d'organisation (gouvernement national, autorités provinciales, municipalités, autorités en charge de la gestion de l'eau). Ces premières recommandations permettent aux porteurs de projet de savoir dans quel sens évolueront les attendus réglementaires ²². Parmi les recommandations déjà établies par Deltares et visant l'atténuation des incidences des parcs photovoltaïques, figure la limitation à 50% maximum de la couverture des miroirs d'eau par les panneaux PV. Cette recommandation, établie par les modèles, sera vérifiée par les résultats issus des suivis environnementaux. Elle devra être conciliée avec l'enjeu de rentabilité économique des projets, important pour le développement de la filière.

Difficultés rencontrées

Très peu d'études scientifiques internationales ayant été conduites jusqu'à présent pour évaluer les incidences des installations solaires flottantes sur l'environnement, la filière manque pour l'instant de recul sur les impacts négatifs potentiels de ses parcs et sur les mesures d'atténuation à mettre en œuvre. Les principales études disponibles ont été menées en Asie, sans que les données n'aient été partagées. Il y a donc à cet égard un enjeu important de coopération internationale.

En attendant, la démarche mise en place au sein du consortium « Zon op water » vise à remédier à ces lacunes, tout en ne pouvant pallier le décalage temporel notable entre le développement de cette filière d'une part, et le développement de la connaissance scientifique de ses incidences d'autre part.

Perspectives

A l'horizon 2025, les autorités de planification locale aux Pays-Bas devront avoir dressé un inventaire des zones

²² <https://publications.deltares.nl/EP4029.pdf>

favorables et défavorables au développement d'installations solaires flottantes. Cet inventaire devra tenir compte de la qualité des eaux au sein de ces plans d'eau. Parmi les zones considérées comme sensibles figurent les plans d'eau isolés, peu profonds, alimentés par la pluie uniquement. L'ambition du programme de recherche actuellement conduit par Deltares est précisément d'aider les collectivités à identifier ces zones. Un guide sera publié à la fin du programme de recherche pour identifier les zones susceptibles d'être équipées et préciser les modalités de conception des parcs.

Des études devraient également être menées pour étudier l'impact des mesures de compensation. Cela concerne par exemple les îlots artificiels créés pour les oiseaux dont l'habitat a été altéré par les installations solaires.



4. Pistes d'action envisagées

4.1 Pistes relatives au précadrage amont de la conception technique des projets EnR

Point de convergence : encadrer le bridage dynamique des aérogénérateurs

Il est proposé d'élaborer des recommandations techniques à destination des développeurs et des services instructeurs, dans le cadre des projets éoliens terrestres, visant à préciser les modalités d'arrêt des aérogénérateurs en fonction des espèces d'oiseaux ou de chauves-souris présentes.

Etat des lieux

L'arrêt des aérogénérateurs, qu'il soit programmé ou dynamique, vise à réduire le risque de collision avec la faune volante. Les modèles ou dispositifs proposés varient selon les espèces ciblées (chiroptères ou avifaune).

En Allemagne, l'usage de certains dispositifs d'arrêt des aérogénérateurs est désormais standardisé et imposé. La plupart des Länder imposent dans leur réglementation l'utilisation du modèle PROBAT (deuxième type) en tant que mesure de réduction du risque de collision ou de barotraumatisme avec les chiroptères.

En France, les mesures d'arrêt ponctuel ou dynamique des machines à l'aide de modèles multiparamétriques de type PROBAT pour la protection des chiroptères, ou de dispositifs de détection/réaction des oiseaux, sont généralement considérées comme des mesures d'accompagnement – et non de réduction - car encore expérimentales. Elles sont mobilisées par les développeurs au cas par cas sur certains aérogénérateurs. Des études scientifiques sont en cours pour en vérifier la robustesse et les conditions d'efficacité : cf. programmes de recherche i) du MNHN (CISCO) spécifiques aux chiroptères ; et ii) du CNRS pour les oiseaux (programme MAPE, lequel invite à une certaine prudence quant à l'utilisation de ces dispositifs).

Propositions des acteurs

Au sein du comité de suivi, un quasi-consensus s'est noué sur l'opportunité de soutenir le recours à des solutions

d'arrêt des machines sur la base de modèles multiparamétriques ou d'outils dynamiques.

La majorité s'est déclarée favorable à l'élaboration de lignes directrices pour la standardisation des méthodes utilisées.

Lu ou entendu lors des groupes de travail

Un représentant de la filière EnR : L'enjeu serait de poser des orientations pour faire reconnaître les mesures d'arrêt des machines dynamique par les préfets lors de l'instruction, en permettant aux développeurs de démontrer leur performance au droit des projets. Naturellement, la pertinence de leur usage dépend du site, aussi le défi dans le cadre de ces futurs travaux sera de faire en sorte que les lignes directrices prennent en compte les paramètres du site, au travers des études *in situ*, pour adapter les mesures au cas par cas.

Un représentant de la filière EnR : il faudrait déployer davantage les solutions d'arrêt des machines dynamique car ils permettent précisément de prendre en compte les spécificités de chaque territoire, en s'adaptant à leurs paramètres. A noter toutefois qu'une couverture à 100% des turbines par une solution d'arrêt des machines dynamique semble difficile, car il s'agit d'une solution coûteuse et qui n'est pas systématiquement nécessaire. Les lignes directrices devront donc aider à préciser s'il est opportun ou non d'installer un outil d'arrêt des machines dynamique sur le site et si oui, sur quels aérogénérateurs, au cas par cas et en fonction des résultats d'études préalables.

Un représentant d'un établissement public : les travaux qui seront menés devront avoir pour objectif de valoriser les études scientifiques déjà conduites, mais surtout de les rendre plus opérationnelles. Il y aurait effectivement un intérêt pour les chiroptères à travailler sur l'outil ProBat, et à également mener des travaux similaires sur les oiseaux. En tout état de cause, c'est sur la base de travaux scientifiques que ces travaux d'élaboration de lignes directrices devront s'appuyer.

Point à approfondir : adapter les mesures de distanciation au cas par cas

Plusieurs pistes ont été évoquées pour actionner ce levier :

i) proposer une méthode de calcul au cas par cas, des distances à respecter entre des sites à forts enjeux écologiques et l'implantation des éoliennes, selon les espèces présentes et le contexte paysager ; ou ii) élaborer des grilles de distance-types en fonction des espèces.

En tout état de cause, si les modalités restent à définir pour que cet outil demeure opérationnel et compatible avec le principe de proportionnalité, un consensus se dégage néanmoins sur sa pertinence, dans une logique d'aide à la décision.

Etat des lieux

L'éloignement des parcs éoliens terrestres des habitats d'espèces sensibles à ce type d'infrastructures énergétiques font partie des mesures de réduction classiquement préconisées, leur efficacité ayant été dûment prouvée.

Des études scientifiques cherchent désormais à caractériser plus précisément ces mécanismes, dont les types d'interactions entre les chauves-souris et les éoliennes, en fonction de leur proximité avec des haies.

En Allemagne, certains Länder ont fortement structuré la mise en œuvre de ces mesures d'éloignement, en intégrant dans leur réglementation des grilles de distance standard ou des méthodes de calcul de distances d'éloignement, en fonction des espèces identifiées sur le site. En France, ces mesures peinent à être mises en place.

Propositions des acteurs

Au sein du comité de suivi, se dessine un consensus sur l'utilité de développer des outils d'aide à la décision (non opposable) concernant le calcul des distances d'éloignement des machines par rapport aux habitats d'espèces sensibles.

Néanmoins, au vu des échanges au sein du comité de suivi, ce levier nécessiterait des travaux complémentaires pour bien cerner les besoins des acteurs et éviter toute redondance avec la réglementation en vigueur.

Il s'agirait également de s'assurer que les recommandations tiennent compte de l'utilisation hétérogène des habitats par les espèces, en fonction des caractéristiques topographiques ou paysagères des sites, qui rendent difficiles l'application de distances très standardisées.

Lu ou entendu lors des groupes de travail

Un représentant d'une ONG de protection de l'environnement : Les sensibilités des différentes populations, notamment oiseaux et chiroptères, ne sont pas les mêmes en fonction des régions, ce qui peut générer des différences dans les critères d'appréciation des projets par les services instructeurs régionaux. Afin de clarifier ces particularismes, et d'explicitier les attentes locales vis-à-vis des projets, il serait utile d'élaborer une liste, en fonction de chaque région, des espèces sensibles devant faire l'objet de mesures de distanciation, avec des critères chiffrés des distances à prévoir (aux nids ; aux noyaux de populations ; aux sites d'hivernage). L'OFB pourrait être en charge de réaliser un tel document, qui pourrait rester non opposable, éventuellement de manière partenariale (MNHN, LPO, etc.). Il s'agirait alors de constituer un groupe d'experts qui définirait une liste d'espèces ainsi que des distances en s'appuyant sur la littérature existante, sur le modèle de ce qui a pu être fait en Allemagne.

Un représentant de la filière EnR : Il s'agirait avant tout de proposer un outil d'aide à la décision, de manière à ne pas faire doublon avec la réglementation. Il faudrait alors que cet outil soit fait sur la base de retours d'expérience, à la fois issus de la littérature scientifique et des retours des développeurs. Cela sera indispensable pour trouver un consensus. Il conviendra aussi d'éviter de s'approprier de manière trop directe le modèle allemand, qui n'est pas transposable en France.

Un représentant de la filière EnR : Si l'on prend l'exemple du milan royal : l'occupation des territoires par l'espèce n'est pas uniforme : une partie va être exploitée, une autre pour la chasse ou le transit. Pour les chauves-souris les motifs de déplacement sont également complexes, a fortiori pour les espèces migratrices. Dans ce contexte, des distances d'éloignement qui soient strictement fixes semblent peu pertinentes.

Un représentant d'un établissement public : Plusieurs formats pourraient être envisagés pour actionner ce levier. Comme les caractéristiques paysagères peuvent effectivement donner lieu à un comportement différent des espèces, il serait surtout utile de produire un guide de méthode pour calculer la meilleure distance selon l'espèce et le contexte paysager.

4.2 Pistes relatives à l'acquisition de connaissances scientifiques, concomitamment au développement des EnR

Point de convergence : standardisation des suivis

Au vu du besoin d'acquisition de connaissances sur les incidences de la filière flottovoltaïque, mais également d'autres filières EnR, sur la biodiversité, le développement puis le déploiement de protocoles de suivi standards adaptés à chaque filière d'EnR fait consensus.

Etat des lieux

Il existe un consensus partagé sur l'importance de poursuivre le travail d'objectivation des connaissances sur l'impact des installations solaires PV flottantes sur la biodiversité. Ces connaissances sont à ce jour insuffisantes, ce qui entraîne des retards et blocages dans l'instruction de certains projets en France, comme à l'international (cf. dispositions prises en Allemagne sur le développement de cette filière).

Ce travail de développement d'une connaissance scientifiquement robuste des incidences de ces infrastructures énergétiques sur la biodiversité, et des moyens d'y remédier, doit permettre de concevoir des mesures visant à éviter, réduire et compenser ces impacts. Afin de combler ces lacunes, des études R&D ont été lancées en France dès 2021, en associant les développeurs de cette filière, les établissements de recherche scientifique, l'OFB et l'ADEME (cf. études SOLAKE et SolFLUX).

Propositions des acteurs

Au sein du comité de suivi, un consensus s'est noué sur l'opportunité de renforcer les études R&D en faveur de l'acquisition de connaissances sur les impacts de la filière PV flottante, en s'appuyant sur les premiers projets en développement. Ainsi, l'ensemble des participants au groupe de travail s'accordent sur la nécessité de généraliser le principe de fermes pilotes, ayant recours à un protocole standardisé de suivi des impacts.

Lu ou entendu lors des groupes de travail

Un représentant de la filière EnR : Pour le PV flottant, on se trouve dans une situation parallèle à celle des débuts de l'éolien il y a 20 ans, époque où les mesures ERC étaient peu répandues car les connaissances sur les incidences lacunaires. Il faut absolument investir sur des expériences dans le cadre de fermes pilotes pour acquérir un maximum de connaissances pour ensuite mieux respecter la biodiversité, et ce dès les premières années de développement de la filière.

Un représentant d'une ARB : S'agissant d'un sujet émergent, l'élaboration de la méthode de suivi à appliquer par ces fermes pilotes est une étape très importante. Il est essentiel de se placer dans une démarche d'expérimentation, s'appuyant sur une approche scientifique. Il conviendra en particulier d'analyser des répliques, de manière à essayer d'écarter au maximum les biais.

Pistes de critères évoqués en groupe de travail pour la sélection des fermes pilotes : Les différents participants ont souligné l'importance de couvrir les différents cas de figure pour enrichir la base des connaissances, en couvrant une diversité de situations en matière de : Niveau trophique, degré de naturalité, usages (eau potable, pêche, loisirs...), ancienneté du plan d'eau, taille, etc...

Un représentant de la filière EnR : Ce travail d'objectivation doit être mené conjointement par les filières EnR avec d'autres acteurs garants de l'objectivité et de l'impartialité de l'étude. Il conviendra par exemple d'associer des acteurs publics tels que l'OFB ou l'ADEME ou des ONGs telles que la LPO. L'OFB pourrait ainsi apporter un soutien logistique et financier aux travaux d'objectivation, en veillant à toujours associer les acteurs de la filière solaire et en adoptant une approche de complémentarité à l'égard des études déjà réalisées. Le futur Centre de ressources EnR et Biodiversité porté par l'ADEME et l'OFB pourrait contribuer à la production de ces connaissances objectives, dans le but de disposer dans les prochaines années d'une littérature scientifique plus foisonnante qu'aujourd'hui sur ces sujets. Il s'agirait également de diffuser plus largement les connaissances produites à l'étranger (synthèses bibliographiques), qui commencent à émerger avec des résultats intéressants.

Bibliographie



Avertissement : la présente bibliographie concerne l'ensemble de l'étude, structurée en 4 cahiers. Aussi, certaines références y figurant sont susceptibles de ne pas concerner le présent document.

ADEME. 2019. Les projets d'énergies renouvelables participatifs. Les avis de l'ADEME. 9p. <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/463-avis-de-l-ademe-sur-les-projets-d-energies-renouvelables-participatifs.html>

ADEME. 2021. Transition(s) 2050 : choisir maintenant, agir pour le climat. 4 scénarios pour atteindre la neutralité carbone. Résumé exécutif. 7p. <https://librairie.ademe.fr/cadic/6527/transitions2050-resume-executif.pdf?modal=false>

Allinson, T., Jobson, B., Crowe, O., Lammerant, J., Van Den Bossche, W. and Badoz, L. 2020. The Wildlife Sensitivity Mapping Manual : Practical guidance for renewable energy planning in the European Union. Rapport de la Commission Européenne (DG Env). Rapport. 236p. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a3f185b8-0c30-11eb-bc07-01aa75ed71a1/language-en>

American Wind Wildlife Institute, 2021. Wind turbine interactions with wildlife and their habitats: a summary of research results and priority questions. Synthèse de résultats. 12p. <https://awwi.org/resources/summary-of-wind-power-interactions-with-wildlife/>

Apostol, D. ; Palmer, J. ; Pasqualetti, M. ; Smardon, R. ; Sullivan, R. 2017. The Renewable Energy Landscape : preserving scenic values in our sustainable future. 1ere edition. NY : Routledge. 310p. ISBN 9781138808980

Assemblée Nationale. 2019. Rapport d'enquête sur l'impact économique, industriel et environnemental des énergies renouvelables, sur la transparence des financements et sur l'acceptabilité sociale des politiques de transition énergétique, n° 2195. Commission d'enquête. https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/dossiers/impact_energies_renouvelables_ce

Association of Issuing Bodies ICSS. Independent Criteria Schemes. <https://www.aib-net.org/certification/certificates-supported/labels>

Association négaWatt. 2020. Analyse et concaténation du volet énergie des SRADDET. Rapport. 75p. https://negawatt.org/IMG/pdf/201103_rapport_analyse-et-concatenation-du-volet-energie-des-sraddet.pdf

Association négaWatt. 2021. La transition énergétique au cœur d'une transition sociétale. Synthèse du scénario négaWatt2022. 16p. <https://negawatt.org/IMG/pdf/synthese-scenario-negawatt-2022.pdf>

Baggioni, V. 2015. Le développement des parcs solaires en région PACA. Rives méditerranéennes, 51. 19p. <http://journals.openedition.org/rives/4921>.

Baggioni, V. 2017. Tensions sur l'espace villageois contemporain. Les mécanismes de prévention des conflits liés à l'implantation des parcs solaires en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. LAMES – Laboratoire méditerranéen de Sociologie. 770p. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02050292/file/171106_BAGGIONI_642p610xhcx135udlaih260rnmr_TH.pdf

Barré K., Froidevaux J.S.P., Leroux C., Mariton L., Fritze M., Kerbirou C., Le Viol I., Bas Y., Roemer C. 2022. Over a decade of failure to implement UNEP/EUROBATS guidelines in wind energy planning: a call for action. Conservation Science and Practice. Article académique. 11p. <https://doi.org/10.1111/csp2.12805>

Barré, K., Kerbirou, C., Marmet, J., Julien, J., Bas, Y. 2020. Mise au point d'un standard de recueil et de transmission des

données chauves-souris et avifaune des suivis éoliens : Rapport final. Rapport. 51p. https://plan-actions-chiropteres.fr/sites/default/files/fichiers/l1_definition_standarddeolienchiropteres_mnhn-ademe2020.pdf

Barré, K., Le Viol, I., Bas, Y., Julliard, R., Kerbiriou, C. 2018. Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biol. Conserv.* 226. Rapport. 9p. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.011>.

Bas, A., Imbert, I., Clermont, S., Reinert, M., Berté, C., Calvet, C., Vaissière, A. 2020. Approches anticipées et planifiées de la compensation écologique en Allemagne : vers un retour d'expérience pour la France ? *Revue Science Eaux & Territoires*, Éviter, réduire, compenser : et si l'on s'organisait à l'échelle des territoires ? Numéro 31. *Revue scientifique*. 6p. DOI : 10.14758/SET-REVUE.2020.1.09

Bas, A., Dieckhoff, L. 2021. La compensation écologique pour les projets éoliens terrestres et photovoltaïques au sol en France et en Allemagne. Note de synthèse OFATE. 42p. <https://energie-fr-de.eu/fr/societe-environnement-economie/actualites/lecteur/note-de-synthese-externe-compensation-ecologique-pour-les-projets-eoliens-terrestres-et-pv-au-sol.html>

Better Energy. s.d. Green power PPA. <https://www.betterenergy.com/solutions/green-power/>

Beuret, J.E. 2016. La confiance est-elle négociable ? La construction d'un intérêt général territorialisé pour l'acceptation des parcs éoliens offshore de Saint Brieuc et Saint Nazaire. *Géographie, économie, société* 2016/3 (Vol. 18). *Revue*. 23p. <https://www.cairn.info/revue-geographie-economie-societe-2016-3-page-335.htm>

Billeau, S., Payeur, M., Devauze, C., Planchon, M., Borie, M., Lecorps, F., Calais, M., Landrieu, G., Michel, Sylvain, Sagnes, P., Baril, D., Thiebaud, L., Bourdier, P., Quilien, N., Bellot, C., Livoreil, B., Marx, G., Mouton, T., Leriche, H. 2020. Review of the impacts of renewable energy on biodiversity, soils and landscapes, together with the means to assess these impacts. Synthèse. 32p. https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:52036022

BNP Paribas. 2022. Sur la biodiversité et le capitale naturel. Perspective, numéro 3. Magasin trimestriel. 8p. https://cdn-group.bnpparibas.com/uploads/file/bnp_paribas_perspectives_juin_2022_biodiversite.pdf

Boileau, J. 2022. Planification de l'aménagement des territoires et intégration des enjeux écologiques : améliorer l'application de la séquence Éviter-Réduire-Compenser par la modélisation écologique participative. Université de Montpellier 3. Thèse de doctorat en Géographie et aménagement de l'espace. 243p. https://ged.biu-montpellier.fr/florabium/servlet/DocumentFileManager?source=ged&document=ged:IDOCs:926552&resolution=MEDIUM&recordId=theses%3ABIU_THESE%3A5895&file=2022_BOILEAU_arch.pdf

Bompard, JP., Di Felice, M. 2022. Eoliennes flottantes au sud de la Bretagne. 1^{er} rapport intermédiaire de la concertation continue. Avis public de la Commission nationale du débat public. 32p. <https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-06/1er%20rapport%20interm%C3%A9diaire%20EolBretSud%20V%2030%20mai%202022.pdf>

Bonnafé, JL. 2021. Engagements individuels de BNP Paribas dans act4nature international. Act4nature international. https://www.act4nature.com/wp-content/uploads/2021/05/BNP-Paribas-VF-03_05.pdf

Bouzendorf, F., Chapalain, A., Laubin, A., Michel, L., Rolland, S., Vaniscotte, A. 2021. Avifaune et éolien en Bourgogne-Franche-Comté. Outils d'aide à l'identification des enjeux. Volet reproduction et hivernage. Guide technique LPO Bourgogne-Franche-Comté, LPO Nièvre, collectif. 122p. https://bourgogne-franche-comte.lpo.fr/wp-content/uploads/2021/08/Avifaune-et-eolien-en-Bourgogne-Franche-Comte_LPOBFC2021_VF.pdf

Bretheau, C. (Office franco-allemand pour la transition énergétique - Ofate, Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la Mer) 2017. Structuring the financing of wind energy projects within the context of new support mechanisms in France. Note de synthèse. 4p. <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=52093398>

- Breffní, L., Dunphy, N., Sanvicente, E., Hillman, J., Morrissey, J. 2018. Energy Management Approaches for Sustainable Communities. Project ENTRUST (Energy System Transition Through Stakeholder Activation, Education and Skills Development), Deliverable D5.3. Livable. 69p. https://www.researchgate.net/publication/326011287_Energy_Management_Approaches_for_Sustainable_Communities
- Bureau, D. Bureau, JC, Schubert, K. 2020. Biodiversité en danger : quelle réponse économique ? Les notes du conseil d'analyse économique, n°59. Note technique. 12p. <https://www.cae-eco.fr/Biodiversite-quelle-reponse-economique>
- Canel-Depitre, B. 2017. Le processus de construction de l'inacceptabilité sociale d'un projet de production électrique éolien en Haute Saintonge. Annales des Mines-Gérer et comprendre, No. 4. Revue. 17p. <https://www.cairn.info/revue-gerer-et-comprendre-2017-4-page-15.htm>
- Caramizaru, A., Uihlein, A. 2020. Energy communities: an overview of energy and social innovation. JRC Science for Policy Report, EUR 30083. Rapport. 59p. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119433>
- Caro, T., Rowe, Z., Berger, J., Wholey, P. and Dobson, A. (2022). An inconvenient misconception: Climate change is not the principal driver of biodiversity loss. Conservation letters, 15:e12868. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/conl.12868#:~:text=Our%20analyses%20demonstrate%20that%20climate,use%20change%20and%20over%2Dexploitation>.
- Carrere, T., Margot, D., Gerson, R., Amoureux, M., Ottmann, L., Rouch, N., Debourg, V., Lemaitre, A., Madignier, V. 2019. Evaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques. Rapport final ADEME, Transénergie. 84p. <https://bibliothèque.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/846-evaluation-du-gisement-relatif-aux-zones-delaissées-et-artificialisées-propices-a-l-implantation-de-centrales-photovoltaïques.html>
- Chataignier, S., Jobert, A. 2003. Des éoliennes dans le terroir. Enquête sur "l'inacceptabilité" des projets de centrales éoliennes en Languedoc-Roussillon. Flux 2003/4, 54. Article. 13p. <https://www.cairn.info/revue-flux1-2003-4-page-36.htm>
- Commission Européenne. 2021. Document d'orientation sur les aménagements éoliens et la législation de l'Union européenne relative à la conservation de la nature. Luxembourg. Rapport. 192p. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2b08de80-5ad4-11eb-b59f-01aa75ed71a1/language-fr/format-PDF/source-search>
- Commission Européenne. 2022. Lignes directrices concernant les aides d'Etat au climat, à la protection de l'environnement et à l'énergie pour 2022. Questions et réponses. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_22_566
- Commission Européenne. 2022. Proposal for a council regulation laying down a framework to accelerate the deployment of renewable energy. 2022/0367 (NLE). Proposition de règlement. 15p. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-11/COM_2022_591_1_EN_ACT_part1_v6.pdf
- Commission nationale du débat public. 2022. Projet de plateforme énergétique bas carbone sur la commune de Saucats (33). Avis 2022/74/Horizeo/6. Avis public de la Commission nationale du débat public. 2p. <https://www.debatpublic.fr/photovoltaïque-horizeo/que-retenir-de-la-decision-decouvrez-lavis-de-la-cndp-3227>
- Creti, A. 2021. Les enjeux de la taxonomie européenne pour la finance verte. Annales des mines – responsabilité et environnement 2021/2, n°102. Revue. 5p. <https://www.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2021-2-page-40.htm>
- Da Silva, G.D.P, Alves Castelo Branco, D. 2018. Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts, Impact Assessment and Project Appraisal, 36:5. Revue. 10p. DOI: 10.1080/14615517.2018.1477498
- Degron, R., Stroeymeyt, L. 2021. Le « budget vert » de l'état français : quelle genèse et quel contenu pour quels horizon et

effets ? Gestion & Finances Publiques, 021/2 N° 2. Revue. 6p. <https://www.cairn.info/revue-gestion-et-finances-publiques-2021-2-page-5.htm>

Delannoy, E. 2016. La biodiversité, une opportunité pour le développement économique et la création d'emplois. Rapport du Ministère de la Transition Ecologique. 92p. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DELANNOY_BIODIV_Rapport_Final_20161117.pdf

DELTAIRES. S.d. Floating solar energy. Page web. <https://www.deltares.nl/en/issues/sustainable-energy-water-subsoil/floating-solar-energy/>

Devauze, C., Planchon, M., Lecorps, F., Calais, M. Borie, M.. 2019. Etat de l'art des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, et des moyens d'évaluation de ces impacts. Rapport final ADEME-Deloitte. 78p. <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/17-etat-de-l-art-des-impacts-des-energies-renouvelables-sur-la-biodiversite-les-sols-et-les-paysages-et-des-moyens-d-evaluation-de-ces-impacts.html>

Diaz, S., et al. 2019. Persuasive human-driven decline of life on earth points to the need for transformative change. Science Vol 366, Issue 6471. Revue. 33p. https://www.researchgate.net/publication/337933460_Pervasive_human-driven_decline_of_life_on_Earth_points_to_the_need_for_transformative_change

Diffendorfer, J.E., Beston, J.A., Merrill, M.D., Stanton, J.C., Corum, M.D., Loss, S.R., Thogmartin, W.E. Johnson, D.H., Erickson, R.A. & Heist, K.W. 2015. Preliminary Methodology to Assess the National and Regional Impact of U.S. wind Energy Development on Birds and Bats. Scientific Investigations Report 2018-5157. Rapport. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/sir20185157>

Dorka, U., Straub, F. & Trautner, J. 2014. Windkraft über Wald – kritisch für die Waldschneepfenbalz? Naturschutz und Landschaftsplanung 46 (3). Rapport. 13p. <https://www.vogelwarte.ch/assets/files/projekte/artenfoerderung/ag-waldhuehner/Dorka-et-al-2014-NuL---Windkraft-ueber-Wald-kritisch-fur-die-Waldschneepfenbalz.pdf>

DREAL Provence-Alpes Côte d'Azur. 2019. Cadre régional pour le développement des projets photovoltaïques en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Guide technique. 101p. https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/cadre_regional_photovoltaique_dreal_paca_2019_02.pdf

DRIEE. 2018. Guide Francilien de demande de dérogation à la protection des espèces dans le cadre de projets d'aménagement ou à buts scientifiques. Guide technique. 28p. http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DRIEE_especes_protegees_28p.pdf

E-Cube Strategy Consultants. 2022. Analyse des dynamiques et des mécanismes publics de soutien aux énergies renouvelables favorables aux PPA en Europe. Rapport. 101p. <https://www.cre.fr/Actualites/developpement-des-contrats-de-type-ppa>

EDF. 2014. Charte développement durable entre EDF et ses fournisseurs. Charte. 2p. https://www.edf.fr/sites/default/files/Lot%203/FOURNISSEURS/ACHAT%20RESPONSABLE/201404_charteddedffournisseur_s.pdf

Ellis, G., Ferraro, G. 2016. The social acceptance of wind energy. Where we stand and the path ahead. JRC Science for policy report. European Commission. Brussels. Article. 78p. https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/123202364/Ellis_Ferraro_2016_JRC103743_Registered.pdf

Elizondo-Azuela, G., Barbalho, AA., Maurer, L., Moreira, S., Garcia- Kilroy, C., de Gouvello, C., Benavidez, J., Reinstein, D., Liu, J. 2017. Energy Markets in Latin America - Emerging Disruptions and the Next Frontier. The World Bank, Washington, DC. Rapport. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30211?locale-attribute=fr>

Emerton, L. 2000. Using Economic incentives for biodiversity conservation. Economics and biodiversity programme. IUCN Publications. Rapport. 26p. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PDF-2000-002.pdf>

- Energie partagée. Carte des initiatives citoyennes. Page web. <https://energie-partagee.org/decouvrir/energie-citoyenne/tous-les-projets/>
- EnrCit. 2021. Préservation de la biodiversité et des milieux naturels. Fiche pratique #2. 4p. <https://enrcit.fr/content/uploads/2021/06/EnRciT-Eolien-Fiche-pratique-02-Biodiversite-web.pdf>
- EU Technical expert group on sustainable finance. 2020. Taxonomy : Final report of the Technical expert group on Sustainable Finance. Rapport technique. 67p. https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/2309/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy_en.pdf
- France Nature Environnement. 2016. Méthascope. Guide de référence. <https://fne.asso.fr/publications/methascope>
- France Nature Environnement. 2020. Eoloscope terrestre. Guide de référence. <https://fne.asso.fr/publications/eoloscope-terrestre>
- France Nature Environnement. 2021. Mieux intégrer la biodiversité en amont des projets de réseaux électriques. Fiche pratique. 41p. <https://fne.asso.fr/publications/mieux-integrer-la-biodiversite-en-amont-des-projets-de-reseaux-electriques>
- France Nature Environnement. 2022. Photoscope. Guide de référence. <https://fne.asso.fr/publications/photoscope>
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellín, R.A. & McGuire, L.P. 2017. Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. Biological Conservation 209. Article. 5p. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/53775>
- Gasparatos, A., Doll, C.N.H., Esteban, M., Ahmed, A., Olang, T.A. 2017. Renewable energy and biodiversity : implications for transitioning to a green economy. Renewable and Sustainable Energy Reviews 70. Revue. 24p. https://www.crexeco.fr/uploads/4/5/6/6/45669611/gasparatos_et_al_2017_green_energy_biodiversity.pdf
- Gaultier, S.P., Marx, G., et Roux, D. (LPO) 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Edition office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. Synthèse. 120p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf
- GIEC, IPBES. 2021. Biodiversity and Climate change : Scientific Outcome. Synthèse atelier de travail. 234p. https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/2021_IPCC-IPBES_scientific_outcome_20210612.pdf
- Goislot, C. 2021. Mortalité des chiroptères induite par les éoliennes dans le nord-ouest de la France : nombre de cas et distribution spatio-temporelle des espèces concernées. Plume de naturalistes n°5. Article. 28p. http://www.plume-de-naturalistes.fr/?smd_process_download=1&download_id=3058
- Gold Standard. 2017. Gold Standard Launches Label to Guarantee that Green Electricity Purchases Support New Renewable Electricity Generation and the SDGs. Page web. <https://www.goldstandard.org/blog-item/gold-standard-launches-label-guarantee-green-electricity-purchases-support-new-renewable>
- Goncalves, V., Hennequin, A., Michel, A., Dentz, C. 2019. PLU(i) et Biodiversité : Concilier nature et aménagement. Guide technique Club PLU(i) et Biodiversité. 122p. <https://www.arbe-regionsud.org/7864-guide-plui-biodiversite-concilier-nature-et-amenagement.html>
- Hein, C.D., Schirmacher, M.R. 2016. Impact of Wind Energy on Bats: a Summary of our Current Knowledge. Human–Wildlife Interactions 10 (1). Synthèse. 8p. <https://digitalcommons.usu.edu/hwi/vol10/iss1/4/>.
- Hernandez, R.R., Easter, S.B., Murphy-Mariscal, M.L., Maestre, F.T., Tavassoli, M., Allen, E.B., Barrows, C.W., Benlap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., Allen, M.F. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. Renewable and Sustainable

Energy Reviews 29. Article. 12p. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70048499>

IBAT. 2021. Considering Biodiversity for Solar and Wind Energy Investments. Note. 8p. [https://www.ibat-alliance.org/pdf/Considering Biodiversity for Solar and Wind Energy Investments v1.4.pdf](https://www.ibat-alliance.org/pdf/Considering_Biodiversity_for_Solar_and_Wind_Energy_Investments_v1.4.pdf)

IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat. Bonn, Allemagne. Rapport. 1148p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

IPBES-GIEC. 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. IPBES and IPCC. Synthèse atelier de travail. 28p. https://ipbes.net/sites/default/files/2021-06/20210609_workshop_report_embargo_3pm_CEST_10_june_0.pdf

Katzner, T. E., Nelson, D. M., Diffendorfer, J. E., Duerr, A. E., Campbell, C. J., Leslie, D., Vander Zanden, HB., Yee, J.L., Sur, M., Huso, M., Braham, M., Morrison, M., Loss, S., Poessel, S., Conkling, T., Miller, T. A. (2019). Wind energy: An ecological challenge. *Science*, 366(6470), 1206-1207. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaz9989>

Kazeroni, M., Saint-Pierre, C., Mondon, G. 2019. Démarche Energies renouvelables et durables, Module éolien terrestre. Rapport WWF. 88p. https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-09/06112019_Module_Eolien_Terrestre_%20Demarche_Energies_Renouvelables_Et_Durables.pdf

Keskes, T., Zahar, H., Ghezal, A. 2019. Evaluation Nexus : Interdépendances des secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation en Tunisie. Etude programme Nexus (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)). 80p. https://uploads.water-energy-food.org/resources/nexus_brochure_version_web.pdf

La Rivière, M., Aish, A., Gauthier, O., Grall, J., Guérin, L., Janson, A., Labrune, C., Thibaut, T., Thiébaud, E. 2015. Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques. Rapport SPN 2015-69. MNHN. 52p. https://inpn.mnhn.fr/docs/sensibilite/SPN_2015_69_La_Riviere_et_al_2015_Methodologie_Sensibilite_MNHN.pdf

Leicester, PA., Goodier, C.I., Rowley, P. 2013. Using a bayesian network to evaluate the social, economic and environmental impacts of community deployed renewable energy. Edition Scartezini, JL. Proceedings of CISBAT, Clean technology for smart cities and buildings. Lausanne, Suisse. Article. 10p. https://repository.lboro.ac.uk/articles/conference_contribution/Using_a_bayesian_network_to_evaluate_the_social_economic_and_environmental_impacts_of_community_deployed_renewable_energy/9432419

Leiren, M. D., Aakre, S., Linnerud, K., Julsrud, T. E., Di Nucci, M. R., Krug, M. 2020. Community acceptance of wind energy developments: Experience from wind energy scarce regions in Europe. *Sustainability*, 12(5), 1754. Article. 22p. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1754>

Lentini, P.E., Bird, T.J., Griffiths, S.R., Godinho, L.N., Wintle, B.A. 2015. A global synthesis of survival estimates for microbats. *Biology Letters*, 11 (8). Article. 5p. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2015.0371>

Lovich, J.E., Ennen, J.R. 2011. Wildlife Conservation and Solar Energy Development in the Desert Southwest, United States. *BioScience* 61, Issue 12. Article. 10p. <https://academic.oup.com/bioscience/article/61/12/982/392612>

LPO, ADEME, MTES. s.d. Bibliographie du programme national Eolien et Biodiversité. Page web. <https://eolien-biodiversite.com/ressources/article/ressources-bibliographiques>

Marx, G (LPO, Pôle protection de la Nature). 2022. Centrales photovoltaïques et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Rapport. 73p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/2022_pv_synthese_lpo.pdf

Miao R., Ghosh P.N., Khanna M., Wang W., Rong J. 2019. Effect of wind turbines on bird abundance: A national scale analysis based on fixed effects models. *Illinois experts. Energy Policy* 132. Article. 9p.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.040>.

Ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et du logement. 2011. Installations photovoltaïques au sol. Guide de l'étude d'impact. Guide technique. 138p.

[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide EI Installations-photovolt-au-sol DEF 19-04-11.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_EI_Installations-photovolt-au-sol_DEF_19-04-11.pdf)

Ministère de l'Économie et des Finances. 2020. Loi des finances pour 2021. Dossier législatif.

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042753580>

Ministère de la Transition Écologique. 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018. Guide technique. 20p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/protocole_de_suivi_revision_2018.pdf

Ministère de la Transition écologique. 2019. Plan de libération des énergies renouvelables - Bilan de la mise en œuvre des propositions du groupe de travail « éolien » pour accélérer le développement de la filière. Article de presse.

<https://www.ecologie.gouv.fr/plan-liberation-des-energies-renouvelables-bilan-mise-en-oeuvre-des-propositions-du-groupe-travail>

Ministère de la Transition Écologique (Service de la recherche et de l'innovation). 2020. Dynamiques des territoires et cumuls d'impacts environnementaux des projets d'aménagement : quelles stratégies communes possibles ? Théma. Guide. 30p.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/cgdd_a4_thema_aménagement_territoire_02102_1.pdf

Ministère de la Transition Écologique. 2020. Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres - version révisée octobre 2020. Guide technique. 177p.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_EIE_MAJ%20Paysage_20201029-2.pdf

Ministère de la transition écologique. 2021. Label GreenFin France finance verte. Référentiel. 30p.

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Label_TEEC_labellisation_r%C3%A9f%C3%A9rentiel_0.pdf

Ministère de la transition écologique. 2022. Label financement participatif. Référentiel. <https://www.ecologie.gouv.fr/label-financement-participatif>

Ministère de la transition écologique. 2018. Label territoire à énergie positive pour la croissance verte. Référentiel.

<https://www.ecologie.gouv.fr/territoires-energie-positive-croissance-verte>

Monnier, L., Potier, C. 2018. Inventaire des inventaires de friches. Synthèse. 33p. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-33520-etat.pdf>

Nadaï, A., Labussière, O. 2014. Communs paysagers et devenirs éoliens opposés. Le cas de la Seine-et-Marne (France). Projets de paysage, 10, 2014. Article. 22p. <https://journals.openedition.org/paysage/11668>

OECD. 2019. Biodiversity: Finance and the Economic and Business Case for Action. Rapport. 96p.

<https://www.oecd.org/environment/resources/biodiversity/G7-report-Biodiversity-Finance-and-the-Economic-and-Business-Case-for-Action.pdf>

OECD for the G7 Presidency of the UK. 2021. Biodiversity, Natural Capital and the Economy: A Policy Guide for Finance, Economic and Environment Ministers. OECD environment policy paper 26. Guide. 83p.

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/1a1ae114-en.pdf?expires=1669977637&id=id&accname=guest&checksum=5C4988B2640FCDF29084D982D693681C>

Oriol, J. 2020. Le plan national intégré énergie-climat de l'Allemagne (NECP). Memo OFATE. 19p. https://energie-fr-de.eu/fr/systemes-marches/actualites/lecteur/memo-sur-le-plan-national-integre-energie-climat-de-lallemagne-necp.html?file=files/ofaenr/04-notes-de-synthese/02-acces-libre/04-systemes-et-marches/2020/OFATE_Memo_NECP_2009.pdf

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). 2019. L'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Evaluation. 16p. <https://www.fao.org/3/CA3229FR/ca3229fr.pdf>
- Parc naturel regional Pyrénées Ariégeoises. 2020. Plan de Paysage de la Transition Énergétique et Climatque du PNR des Pyrénées Ariégeoises. Synthèse du plan d'action. 36p. <https://www.parc-pyrenees-ariegeoises.fr/wp-content/uploads/2021/01/PPTec-synthese-v2-2.pdf>
- Parker, G. 2014. BRE National Solar Centre Biodiversity Guidance for Solar Developments. Eds L Greene, Solar Trade Association. Guide technique BRE. 12p. <https://www.bre.co.uk/filelibrary/nsc/Documents%20Library/NSC%20Publications/National-Solar-Centre---Biodiversity-Guidance-for-Solar-Developments--2014-.pdf>
- Pearce-Higgins, J., Stephen, L., Langston, R., Bainbridge, I., Bullman, R. 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. Journal of Applied Ecology 46(6). Article. 8p. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x>
- Pelosse, H., Winter, L., Painault, P., Laurent, J. 2011. La Fiscalité et la mise en œuvre de la nouvelle stratégie nationale pour la biodiversité (2010-2020). Rapport de l'Inspection Générale de Finances et CGEDD. 74p. <https://www.igf.finances.gouv.fr/files/live/sites/igf/files/contributed/IGF%20internet/2.RapportsPublics/2011/2011-M-050.pdf>
- Peullemeulle, J., Duval, J. 2017. Les Collectivités territoriales, parties prenantes des projets participatifs et citoyens d'énergie renouvelable. Guide Pratique Energie Partagée. 72p. <https://energie-partagee.org/wp-content/uploads/2017/09/GUIDE-EP-web.pdf>
- Pistoni, R. 2019. Paysage et transition énergétique au prisme du métabolisme territorial : aménagements en France et aux Pays Bas. Présentation journée jeunes chercheur.e.s « Infrastructures, écologie, paysage, sociétés et territoires ». Colloque.
- Pringle, A, Handler, R.M., Pearce, J.M. 2017. Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews 80. Revue. 8p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02113453/document>
- Randle Boggis, R., Crawford Limond White, P., Cruz, J., Parker, G. 2020. Realising co-benefits for natural capital and ecosystem services from solar parks: A co-developed, evidence-based approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews 125. Article. 10p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403212030071X>
- Raushill, G.A. 2002. Guidelines for environmental due diligence of renewable technology investments. The international institute for industrial environmental economics, master's theses 2002:5. Thèse de master. 131p. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/1324773>
- Rehbein, J.A., Watson, J.E., Venter, O., Atkinson, S.C., Allan, J. 2020. Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. Global Change Biology 26. Article. 12p. https://www.researchgate.net/publication/339715092_Renewable_energy_development_threatens_many_globally_important_biodiversity_areas
- Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Karapandža, B., Kováč, D., Kervyn, T., Dekker, J., Kepel, A., Bach, P., Collins, J., Harbusch, C., Park, K., Micevski, B., Minderman, J. 2015. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication Series N° 6. UNEP/EUROBATS Secrétariat. Allemagne. Guide technique. 71p. https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/EUROBATS_No6_Frz_2014_WEB_A4.pdf
- Roth, S., Eiter, S., Rohner, S., Kruse, A., Schmitz, S., Frantal, B., Canteri, C., Frolova, M., Buchecker, M., Stober, D., Karan, I.,

- van der Horst, D. 2018. Renewable Energy and Landscape Quality. Guide technique. 57p. <https://pearlsproject.org/wp-content/uploads/2018/10/Renewable-Energy-and-Landscape-Quality.pdf>
- RTE. 2021. Futurs énergétiques 2050 : les scénarios de mix de production à l'étude permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Résumé exécutif. 64p. https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/Futurs-Energetiques-2050-principaux-resultats_0.pdf
- Rudinger, A. 2019. Les projets participatifs d'énergies renouvelables en France : état des lieux et recommandations. Etude Sciences Po N. 03. Article. 38p. <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/etude/les-projets-participatifs-et-citoyens-energies-renouvelables-en>
- Sainteny, G. (Conseil scientifique de la FRB) 2019. Fiscalité et biodiversité. Note de la FRB. Note technique. 3p. <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2019/12/FRB-Note-Guillaume-Sainteny-Fiscalite-biodiversite.pdf>
- Sainteny, G. 2012. Les aides publiques dommageables à la biodiversité, Rapport de mission du Centre d'analyse stratégique. 414 p. <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/124000434.pdf>
- Santangeli, A., Toivonen, T., Pouzols, F. M., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., Moilanen, A. 2016. Global change synergies and tradeoffs between renewable energy and biodiversity. *Global Change Biology Bioenergy*, 8(5). Article. 10p. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12299>
- Sénat. 2022. Projet de loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Proposition de loi. <https://www.senat.fr/dossier-legislatif/pil21-889.html>
- Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable du CGDD. 2017. Fiscalité environnementale, Un Etat des lieux. Théma. Rapport. 134p. https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/thema_-_fiscalite_environnementale_-_un_etat_des_lieux.pdf
- Smith, R., Guevara, O., Wenzel, L., Dudley, N. 2019. Ensuring co-benefits for Biodiversity, Climate Change and Sustainable Development. Dans Filho, W.L., Barbir, J., Preziosi, R. 2019. Handbook of climate change and biodiversity. Climate Change Management. Springer. https://www.researchgate.net/publication/331235262_Ensuring_Co-benefits_for_Biodiversity_Climate_Change_and_Sustainable_Development
- Smith, J., Dwyer, J. 2016. Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor*, 118(2). Article. 12p. <http://dx.doi.org/10.1650/CONDOR-15-61.1>
- Sordello, R., Reyjol, Y., Amsallem, J., Bas, Y., Billon, L., Borner, L., Comolet-Tirman, J., Daloz, A., Dugué, A., Guinard, E., Julien, J., Lacoëuilhe, A., Lombard, A., Marmet, J., Mars, B., Marx, G., Ménard, C., Paquier, F., Schweigert, N., Thierry, C., Vanpeene, S., Vignon, V., Siblet, J. 2022. Les déplacements des espèces volants : vers la mise en oeuvre d'une "Trame aérienne" dans le cadre de la politique Trame verte et bleue ? *Naturae* 2022, 9. Article. 26p. <https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/naturae2022a9.pdf>
- Ternois, V. 2019. Impact du développement éolien sur les chiroptères et les oiseaux – état des lieux provisoire sur la mortalité connue en Champagne Ardenne. *Plume de naturalistes* n°3. Article. http://www.plume-de-naturalistes.fr/?smd_process_download=1&download_id=2788
- Trapani, K., Santafé, M.R. 2015. A review of floating photovoltaic installations: 2007-2013. *Progress in Photovoltaics: Research and Application*. Volume 23, Issue 4. Revue. 8p. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pip.2466>
- Tresise, M.E., Reed, M.S., Chapman P.J. 2021. Effects of hedgerow enhancement as a net zero strategy on farmland biodiversity: a rapid review. *Emerald Open Research*. Article. 25p. <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.14307.1>

- Truchon, H., de Billy, V., Bezombes, L., Padilla, B. 2020. Dimensionnement de la compensation ex ante des atteintes à la biodiversité. État de l'art des approches, méthodes disponibles et pratiques en vigueur. Comprendre pour agir. Rapport OFB. 64p. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-comprendre-agir/dimensionnement-ex-ante-compensation-atteintes-biodiversite-etat-lart-approches>
- UICN. 2020. 2020, une année décisive pour sauver la biodiversité en France et dans le monde. Dossier de Presse. 14p. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2020/03/dp-2020-une-annee-decisive-uicn-comite-francais-mars-2020.pdf>
- Van Amstel, M., de Brauw, C., Driessen, P., Glasbergen, P. 2007. The reliability of product-specific eco-labels as an agrobiodiversity management instrument. *Biodiversity and Conservation* 16. Article. 20p. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-007-9210-6>
- Van Veelen, B. 2018. Negotiating energy democracy in practice: governance processes in community energy projects. *Environmental policy*, 27, 4. Article. 21p. <https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1427824>.
- Vellot, O., Cluchier, A., Illac, P. 2020. Guide technique PIESO d'éco-conception des centrales photovoltaïques : un outil d'aide à l'intégration écologique. Guide technique ECO-MED. 108p. https://ecommed.fr/wp-content/uploads/2020/11/pieso_guidetechnique.pdf
- Vuichard, P., Broughel, A., Wüstenhagen, R., Tabi, A., Knauf, J. 2022. Keep it local and bird-friendly: Exploring the social acceptance of wind energy in Switzerland, Estonia, and Ukraine. *Energy Research & Social Science*, 88, 102508. Article. 15p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622000159>
- Wallonie Service Public. 2021. Circulaire relative à l'élaboration des budgets des communes de la Région wallonie. Memo. 179p. https://interieur.wallonie.be/sites/default/files/2021-07/GW20210708%20-%20CB%202022%287d%C3%A9f%29%20-%20Ordinaire%20Commune_0.pdf
- Wasthage, L. 2017. Optimization of Floating PV Systems; Case Study for a Shrimp Farm in Thailand. Mälardalen University. Thèse. 52p. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1118654/FULLTEXT01.pdf>
- Whitby, M. D., Schirmacher, M. R., Frick, W. F. (Bat Conservation International) 2021. The State of the Science on Operational Minimization to Reduce Bat Fatality at Wind Energy Facilities. Texas, Etats Unis. Article. 99p. <https://tethys.pnnl.gov/publications/state-science-operational-minimization-reduce-bat-fatality-wind-energy-facilities>
- Whitehead, A.L., Kujala, H., Wintle, B.A. 2016. Dealing with Cumulative Biodiversity Impacts in Strategic Environmental Assessment: A New Frontier for Conservation Planning. *Conservation Letters*, 10(2). Article. 10p. https://www.researchgate.net/publication/303091367_Dealing_with_Cumulative_Biodiversity_Impacts_in_Strategic_Environmental_Assessment_A_New_Frontier_for_Conservation_Planning
- Wokuri, P. 2021. Les projets coopératifs d'énergie renouvelable à l'épreuve des régimes de politique publique : les cas de MOZES au Royaume-Uni et de Bretagne énergies citoyennes en France. *Natures Sciences Sociétés* 2021/1 (Vol. 29). Revue. 10p. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2021-1-page-57.htm?contenu=article>
- World Bank Group, ESMAP, SERIS. 2018. Where Sun meets water : floating solar market report. World Bank Group. Résumé executif. 24p. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/579941540407455831/pdf/Floating-Solar-Market-Report-Executive-Summary.pdf>

Annexes

Annexe 1. Benchmark des leviers technico-régaliens de prise en compte de la biodiversité.

Levier	Pays	EnR	Catégorie	Typologie	Entité	Source
Exemple d'utilisation Magic Map : dans le cadre d'un appel à projets EnR, les candidats peuvent directement vérifier l'éligibilité de leur zone dans l'outil, en sélectionnant un filtre SIG (même si en l'occurrence dans cet exemple, le critère n'est pas lié à la biodiversité, mais au caractère rural)	Royaume Uni	Toutes filières	Dispositions régaliennes	Norme de planification	DEFRA (eq. ministère de l'environnement) / Rural Community Energy Fund	Lien
Exemple d'utilisation de Magic Map : les autorités locales doivent utiliser l'outil dans tous leurs processus de planification et processus d'instruction de projets, pour vérifier la proximité éventuelle de zones protégées, et consulter Natural England (agence biodiversité) le cas échéant.	Royaume Uni	Toutes filières	Dispositions régaliennes	Norme de planification	Natural England	Lien
Les régions et les provinces autonomes italiennes sont chargées d'identifier les zones propices à la construction d'installations d'énergie renouvelable. Afin de garantir un service de soutien adéquat, une plateforme numérique est créée pour inclure toutes les informations et tous les outils nécessaires à la région pour connecter et traiter les données pour la caractérisation et la qualification du territoire, l'estimation du potentiel et la classification des zones.	Italie	Toutes filières	Dispositions régaliennes	Norme de planification	GSE (gestione servizi energetici)	Lien
Critères et zonages pour l'installation des capacités renouvelables laissés à la main des régions. Pour le solaire flottant, ces critères devront être définis aux alentours de 2025. D'ici là, acquisition de données sur les impacts via (i) le suivi des centrales en eaux industrielles ; (ii) un projet pilote en eaux naturelles.	Pays-Bas	Solaire (flottant)	Dispositions régaliennes	Norme de planification	Ministère des infrastructures, Gouvernement des Pays-Bas	Lien
Flächenpool : réserve foncière sur laquelle aucune action de restauration écologique anticipée n'est réalisée. Les terrains sont réservés en amont d'éventuelles actions de restauration.	Allemagne	Toutes filières	Dispositions régaliennes	Norme de planification	Niveau Lander (exemple Bade-Wurtemberg)	Lien
Arrêté ministériel permettant de préciser les conditions pour l'autorisation des parcs éoliens	Belgique	Eolien	Dispositions régaliennes	Instruction/autorisation	Gouvernement wallon	Lien

Levier	Pays	EnR	Catégorie	Typologie	Entité	Source
Vérification préalable du contrat établi avec le propriétaire du site de compensation (Annexe XXIX de l'arrêté ministériel), dans la demande d'avis préalable au Département de la Nature et des Forêts	Belgique	Eolien	Dispositions régaliennes	Instruction/autorisation	Gouvernement wallon	Lien
Nebenbestimmungen ("dispositions annexes") : modalités contractuelles émises par les autorités du Land détaillant les conditions pour l'autorisation du projet, avec des dispositions détaillées sur les sujets biodiversité et les modalités compensatoires. Les Nebenbestimmungen sont fournies par les autorités suite à réception de l'étude d'impact environnemental.	Allemagne	Eolien	Dispositions régaliennes	Instruction/autorisation	Land	
Obligation pour les centrales PV flottantes en eaux industrielles (espaces privés), d'effectuer néanmoins un suivi environnemental, selon un protocole précis, visant à alimenter une base de connaissance et d'alimenter un modèle prédictif en cours de construction.	Pays-Bas	Solaire (flottant)	Dispositions régaliennes	Instruction/autorisation	Ministère des infrastructures, Gouvernement des Pays-Bas	Lien
Magic Map : un outil de cartographie en ligne du gouvernement pour concaténer l'information publique SIG à destination des planificateurs et des développeurs	Royaume Uni	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	DEFRA (eq. Ministère de l'environnement)	Lien
Visor Geoportal: un outil qui permet d'identifier les zones du territoire national qui présentent les plus grands facteurs environnementaux conditionnant la réalisation des infrastructures EnR, au moyen d'un modèle territorial qui regroupe les principaux facteurs environnementaux, dont le résultat est un zonage de la sensibilité environnementale du territoire.	Espagne	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	Lien
SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland) : Energy GIS pour la planification territoriale	Ireland	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	SEAI	Lien
Bird Wind Sensitivity Mapping Tool pour le développement de l'éolien au sol	Ireland	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	BirdWatch Ireland	Lien

Levier	Pays	EnR	Catégorie	Typologie	Entité	Source
Soaring Bird Sensitivity Mapping Tool (outil en ligne de planification spatiale pour le secteur éolien) : sur les zones indiquées par l'utilisateur, l'outil calcule un indicateur de sensibilité basé sur des données publiques sur les oiseaux entrés par les pouvoirs publics et les industriels	International	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	Birdlife International & UNDP	Lien
Outil en ligne de cartographie des risques pour les oiseaux et chiroptères dans le cadre des développements éoliens	Belgique	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	Gouvernement des Flandres- Institut de recherche nature et forêt	Lien
Outil en ligne d'aide à la décision "Solar Park Impacts on Ecosystem Services" (SPIES) destiné à optimiser l'exploitation des parcs solaires, notamment pour la préservation des pollinisateurs et la maximisation de co-bénéfices environnementaux	Royaume Uni	Solaire	Recommandations/outils	Outil pratique	Université de Lancaster	Lien
Technologie de reconnaissance différenciée pour des espèces d'oiseaux sensibles (IA), permettant une gestion plus ciblée des mesures d'atténuation lors de l'exploitation. Possibilité d'entraîner le logiciel à de nouvelles espèces cibles	Allemagne	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	Identiflight	Lien
Outil en ligne d'aide à la décision "Nature+Energy" pour aider à une meilleure intégration de la biodiversité (espèces cibles) dans les parcs éolien, basé sur un système d'évaluation du capital naturel. Basé sur un projet de recherche partenarial académique-industriel.	Ireland	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	Trinity College Dubin, en partenariat avec plusieurs industriels : SSE Renewables, Orsted, Energia, ...	Lien
ProBat, un outil en ligne permettant de définir l'algorithme le plus approprié pour gérer les modalités de bridage du rotor (pour la réduction de la mortalité des chauve-souris). L'outil calcule également la perte de revenu associée au bridage.	Allemagne	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	WindBat, avec le soutien su ministère de l'Énergie allemand	Lien
Logiciel en accès libre estimant la mortalité par collision des chauves-souris, avec prise en compte des effets cumulés	Etats-Unis	Eolien	Recommandations/outils	Outil pratique	USGS	Lien

Levier	Pays	EnR	Catégorie	Typologie	Entité	Source
Global Biodiversity Information Facility : infrastructure internationale de réseau et de données financée par les gouvernements du monde entier et visant à fournir un accès ouvert aux données sur tous les types de vie sur Terre	Tous pays	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	Total Energies	Lien
LEFT Marine (Local Ecological Footprint Tool): outil web d'aide à la décision visant à appuyer les entreprises dans leurs choix techniques afin d'atténuer les impacts environnementaux de leurs activités en mer. Un utilisateur définit une zone d'intérêt n'importe où dans le monde à l'aide d'une carte basée sur le web et Marine LEFT traite automatiquement une série d'ensembles de données de haute qualité en utilisant des algorithmes standard publiés.	Tous pays	Eolien (offshore)	Recommandations/outils	Outil pratique	Total Energies	Lien
Biodiversity Screening Tool (BeST): outil de dépistage interne de TotalEnergies qui utilise PROTEUS/IBAT et d'autres ensembles de données SIG mondiales. Il s'agit d'un protocole de dépistage de la biodiversité (développé dans un classeur Excel) qui informe et évalue l'importance potentielle de la sensibilité de la biodiversité pour une zone d'étude donnée. Cet outil a pour but d'informer sur les enjeux écologiques associés à une zone d'étude, d'aider à la prise de décision, de fournir un profil de sensibilité à la biodiversité basé sur des thèmes clés pour une zone d'étude, ainsi que de fournir une approche harmonisée du dépistage de la biodiversité dans toute la société.	Espagne	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	Total Energies	
Outil Excel standard pour la réalisation des suivis environnementaux pour les parcs solaires flottants	Pays-Bas	Solaire (flottant)	Recommandations/outils	Outil pratique	STOWA (équivalent Agence de l'eau) / Deltares Pays-Bas	Lien
Guide pratique et outil numérique interactif pour sécuriser les autorisations de type Loi sur l'eau dans le cadre de développements de parcs solaires flottants	Pays-Bas	Solaire (flottant)	Recommandations/outils	Outil pratique	STOWA (équivalent Agence de l'eau) , Pays-Bas	Lien Lien 2

Levier	Pays	EnR	Catégorie	Typologie	Entité	Source
Le WWF Canada a créé un outil cartographique “Renewables for Nature » (énergies renouvelables pour la nature) mettant à disposition du public les couches SIG des sensibilités environnementales pour 4 provinces du Canada.	Canada	Toutes filières	Recommandations/outils	Outil pratique	WWF	Lien
Publication d'un guide technique (2020) pour aider à l'application de la réglementation européenne en matière de protection de la nature dans le cadre du développement des projets éoliens.	UE	Eolien	Recommandations/outils	Guides et normes	Commission Européenne	Lien
Code de bonne conduite pour le développement des centrales PV au sol, élaboré et cosigné par des ONG et l'association nationale des industries solaires (Holland Solar), qui s'engagent à soutenir les projets solaires à condition que le code de bonne conduite soit respecté.	Pays-Bas	Solaire	Recommandations/outils	Guides et normes	Holland Solar	Lien
Méthodologie LARES (Local Authority Renewable Energy Strategy) qui facilite la cohérence de l'approche dans la préparation des EnR, et aide les autorités locales à élaborer des stratégies solides, coordonnées et durables, conformément aux obligations nationales et européennes.	Ireland	Toutes filières	Recommandations/outils	Guides et normes	SEAI	Lien
Développement de parcs éoliens avec pratiques de gestion responsable (pas d'imperméabilisation du sol, semis...) sur des zones de monoculture intensives, permettant d'améliorer les indicateurs de biodiversité sur la zone	Allemagne	Solaire	Recommandations/outils	Guides et normes	Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne)	Lien
Aquavoltaics : couplage de l'aquaculture et du solaire flottant pour améliorer la qualité environnementale et les rendements de fermes de production aquacoles (effet récif autour des modules, ombrage utile, apport d'énergie locale pour le pompage et l'oxygénation)	Etats-Unis	Solaire (flottant)	Recommandations/outils	Guides et normes	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Lien

Annexe 2 Indicateurs physico-chimiques obligatoires, listés au tronc commun du protocole standard de suivi « Zon op water » (Pires, et al., 2020). DCE : directive cadre européenne sur l'eau (2000).

Indicateur	Description	Nombre de mesures par an	Fréquence des années de mesure	Fin de la période de mesure	Type de plan d'eau	Fonction / statut du plan d'eau
Température de l'eau	Degrés Celsius	Hebdomadaire	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Acidité	pH	Hebdomadaire	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Oxygène	Concentration dans l'eau (en mg/L)	Hebdomadaire	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Transparence	profondeur de Secchi	Hebdomadaire	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Extinction lumineuse	Extinction de la lumière visible (400-700 nm) par mètre	Mensuel	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Phosphate total	Phosphate dans 1L d'eau, incluant toutes les particules (µg/L)	Mensuel (DCE, eau de baignade) Hebdomadaire (eau potable)	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Ortho-phosphate	Phosphate dissous dans l'eau (µg/L)	Mensuel (DCE, eau de baignade) Hebdomadaire (eau potable)	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Phosphate dans le sol	Teneur en phosphate total (mg/L) dans l'eau interstitielle des différentes couches du sol	Mensuel (DCE, eau de baignade) Hebdomadaire (eau potable)	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
Azote total	Azote dans 1L d'eau, incluant toutes les particules (µg/L) et toutes les formes (N, nitrates, nitrites...)	Mensuel (DCE, eau de baignade) Hebdomadaire (eau potable)	Chaque année	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable

Annexe 3 Indicateurs faune/flore obligatoires, listés au tronc commun du protocole standard de suivi « Zon op water » (Pires, et al., 2020). DCE : directive cadre européenne sur l'eau (2000).

Groupe d'espèces	Indicateur	Description	Mesures par an	Fréquence	Années de suivi	Type de plan d'eau	Fonctions / statut du plan d'eau
Phytoplancton	Chlorophylle-a	Concentration en chlorophylle-a	En été, hebdomadaire ou bi-mensuel	Tous les ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau de baignade, eau potable
	Composition	Distinguer les couches bleues, les diatomées	Bimensuel	Tous les ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau potable
Macrophytes aquatiques	Diversité	Couverture des groupes fonctionnels et des variétés	1 pour les deux paramètres	Les 3 premières années chaque année puis tous les 6 ans	12	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau potable
Macrofaune	Diversité	Densité par groupe fonctionnel	1	Tous les 3 ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau potable
Ichtyofaune	Composition spécifique	Densité par espèces	1	Tous les 3 ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, Natura 2000
	Abondance	Nombre et biomasse par hectare	1	Tous les 3 ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, Natura 2000
	Composition spécifique	Densité par espèces	1	Tous les 3 ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Loisirs (pêche sportive), Natura 2000
	Abondance	Nombre et biomasse par hectare	Bimensuel	Tous les 3 ans	10	Large et peu profond Large et profond Petit et peu profond Petit et profond	Loisirs (pêche sportive), Natura 2000
Oiseaux	Oiseaux nicheurs	Nombre par zone fixe	1	Tous les ans	10	Tous les types d'eau	Natura 2000, eau potable
Oiseaux	Non nicheurs		1	Tous les ans	10	Tous les types d'eau	Natura 2000, eau potable
Bactériologie	E.coli, notamment	filtration membrane /qPCR	Bimensuel	Tous les ans	10	Tous les types d'eau	Eau de baignade / eau potable

Annexe 4 Autres paramètres obligatoires, listés au tronc commun du protocole standard de suivi « Zon op water » (Pires, et al., 2020). DCE : directive cadre européenne sur l'eau (2000).

Indicateur	Description	Nombre de mesures par an	Fréquence des années de mesure	Fin de la période de mesure (années)	Type de plan d'eau	Usages du plan d'eau
Mouvements dans la colonne d'eau	Mesures du profil de profondeur de l'oxygène et de la température	Hebdomadaire	1	1	Large, profond Petit, profond	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau potable
Hauteur de la colonne d'eau	Différence entre la hauteur de la nappe phréatique et le niveau d'eau moyen annuel	1	1	1	Tous types	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, stockage d'eau
Type de sol	Sable, tourbe, argile ou miettes d'argile	1	1	1	Tous types	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE
Vent	A la fois la vitesse et la direction. Station météo locale	365	Chaque année	5	Tous types	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE
Gaz à effet de serre	CH4, CO2 et N2O	Mensuel	Chaque année	5	Tous types	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, stockage d'eau
Photos des panneaux	Pour voir s'il y a des fientes d'oiseaux et combien il y en a.	Hebdomadaire	Chaque année	10	Tous types	Masse d'eau identifiée au titre de la DCE, eau potable

Annexe 5 Valeurs de référence des paramètres physico-chimiques selon cinq types d'eau de surface différents, selon les standards de la Directive-cadre sur l'eau (DCE, 2000).

Indicateur	Valeur / plage de valeurs	Caractérisation DCE	Source
Phosphate total (mg/L)	0.08	M14	van der Molen et al. 2006
	0.03	M20	van der Molen et al. 2006
	0.03-0.04	M21	van der Molen et al. 2006
	0.06-0.1	M23	van der Molen et al. 2006
	0.06	M27	van der Molen et al. 2006
Azote total (mg/L)	1.5	M14	van der Molen et al. 2006
	1	M20	van der Molen et al. 2006
	0.9-1	M21	van der Molen et al. 2006
	1.3-1.5	M23	van der Molen et al. 2006
	1.3	M27	van der Molen et al. 2006
Température (°C)	25	M14	van der Molen et al. 2006
		M20	van der Molen et al. 2006
		M21	van der Molen et al. 2006
		M23	van der Molen et al. 2006
		M27	van der Molen et al. 2006
Acidité (pH)	5.5-8.5	M14	van der Molen et al. 2006
	6.5-8.5	M20	van der Molen et al. 2006
		M21	van der Molen et al. 2006
		M23	van der Molen et al. 2006
	5.5-7.5	M27	van der Molen et al. 2006
Transparence (m)	0.9	M14	van der Molen et al. 2006
	1.7	M20	van der Molen et al. 2006
		M21	van der Molen et al. 2006
	0.9	M23	van der Molen et al. 2006
	0.9	M27	van der Molen et al. 2006
Chlorure (mg/L)	200	M14	van der Molen et al. 2006
		M20	van der Molen et al. 2006
		M21	van der Molen et al. 2006
		M23	van der Molen et al. 2006
		M27	van der Molen et al. 2006
Saturation en oxygène (%)	60-120	M14	van der Molen et al. 2006
		M20	van der Molen et al. 2006
		M21	van der Molen et al. 2006
		M23	van der Molen et al. 2006
		M27	van der Molen et al. 2006
E.coli (pour 100mL)	2000		Décret sur les exigences de qualité et la surveillance de l'eau (2009)
Entérocoques (pour 100mL)	1000		Décret sur les exigences de qualité et la surveillance de l'eau (2009)



Réalisation dans le cadre du projet LIFE BTP
« Biodiversité intégrée dans les Territoires et les Politiques »
soutenu par le programme LIFE de l'Union Européenne