



GUIDE DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES PARCS ÉOLIENS

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Avant-propos

Le présent guide propose un cadre et une démarche pour la réalisation de l'étude ou de la notice d'impact d'un projet éolien, telles qu'elles sont prévues par la loi n°2003-590 du 2 juillet 2003.

Il s'appuie essentiellement sur l'expérience des projets terrestres. Malgré un moindre retour d'expérience sur les projets éoliens en mer, un chapitre leur est consacré.

Ce guide précise la réglementation en vigueur en 2004 et émet des recommandations techniques sur la conduite et la présentation des études d'impact. Il vise à accroître la qualité des études d'impact, et donc à favoriser la réussite des projets, notamment sur le plan de l'acceptabilité locale et de la protection de l'environnement. La démarche proposée constitue une référence à laquelle tous les acteurs concernés par les projets éoliens peuvent se reporter.

L'élaboration du guide a impliqué des experts issus de l'administration, des associations et de la profession. On en trouve la liste en annexe.

Il s'appuie sur le savoir-faire disponible en France et à l'étranger. Il sera régulièrement actualisé, en fonction des évolutions réglementaires et de l'amélioration des connaissances, en exploitant notamment les suivis environnementaux qui seront mis en place.

Ce guide est particulièrement destiné aux :

- maîtres d'ouvrage publics et privés,
- bureaux d'études,
- services instructeurs des échelons déconcentrés de l'Etat,
- élus,
- acteurs locaux et groupes de citoyens,
- commissaires enquêteurs, ...

Alors que se concrétise une première vague de projets éoliens, et que de nombreux autres sont en cours d'instruction, il est essentiel de rappeler l'attention qui doit être portée au volet environnemental pour assurer la réussite d'un projet.

Ce guide, qui s'appuie sur des expériences régionales et internationales, a une portée nationale. Il aidera les acteurs du territoire à inscrire leurs projets dans une perspective de développement durable, par la prise en compte des différents enjeux environnementaux au même titre que les aspects techniques, économiques et sociaux.

AVANT-PROPOS	1
PRÉFACE	7
1. INTRODUCTION	9
A QUI S'ADRESSE CE GUIDE ?	9
COMMENT CE GUIDE A ÉTÉ RÉALISÉ ?	9
QUE CONTIENT CE GUIDE ?	9
QUELQUES POINTS ESSENTIELS SUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE	9
POURQUOI L'ÉNERGIE ÉOLIENNE ?	10
2. LE CADRE REGLEMENTAIRE DE L'ÉTUDE D'IMPACT	13
2.1 QUELS SONT LES PROJETS SOUMIS À ÉTUDE D'IMPACT ?	13
2.2 ÉTUDE D'IMPACT ET NOTICE D'IMPACT	13
2.3 LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT	13
2.4 LE CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT	13
2.5 LA DÉMARCHÉ D'ÉTUDE	14
2.6 LA CONCERTATION DANS LE MONTAGE DE PROJET ÉOLIEN	14
3. LA CONDUITE DES ETUDES	17
3.1 LA DÉMARCHÉ GÉNÉRALE D'ÉTUDE D'IMPACT DU PROJET	17
3.2 CADRAGE PRÉALABLE	19
3.2.1 Cadre réglementaire	19
3.2.2 Objectif et intérêts du cadrage préalable	19
3.2.3 Comment procéder ?	20
3.2.4 Définition de l'aire d'étude	21
3.3 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL	22
3.3.1 Caractéristiques de l'environnement du site	22
3.3.2 Méthodes d'étude et d'analyse	22
3.3.3 Synthèse des enjeux environnementaux	23
3.4 PRÉSENTATION DES PARTIS D'AMÉNAGEMENT ET DES VARIANTES	23
3.4.1 Définition de plusieurs partis d'aménagement et de leurs variantes	23
3.4.2 Evaluation des partis d'aménagement et de leurs variantes	23
3.5 ÉVALUATION DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	24
3.5.1 Les différents types d'effets	25
3.5.2 Identification des effets	25
3.5.3 Appréciation de l'importance des effets	27
3.5.4 Effets sur la santé	28
3.6 MESURES DE SUPPRESSION, DE RÉDUCTION OU DE COMPENSATION DES IMPACTS	29
3.6.1 Types de mesures	29
3.6.2 Faisabilité effective des mesures proposées	29
3.6.3 Exemples de mesures pour réduire les impacts de la phase chantier	30
3.6.4 Synthèse des mesures réductrices	31
3.7 SUIVI, DÉMANTÈLEMENT ET REMISE EN ÉTAT DU SITE	31
3.7.1 Suivi environnemental	31
3.7.2 Démantèlement des éoliennes et remise en état du site	32
3.8 LA PRÉSENTATION DU DOSSIER D'ÉTUDE D'IMPACT OU DE NOTICE D'IMPACT	33
3.8.1 Constitution du dossier	33
3.8.2 Description du projet	33
3.8.3 Le résumé non technique	33
3.8.4 Analyse des méthodes	34
3.8.5 Noms des auteurs de l'étude ou la notice d'impact	34
4. MILIEUX NATURELS	35
4.1 DÉROULEMENT GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE ÉCOLOGIQUE	35
4.2 CADRAGE PRÉALABLE	37
4.2.1 Définition des aires d'étude	37
4.2.2 Méthodologie	37
4.3 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL	39
4.3.1 Habitats naturels, flore et végétation	39
4.3.2 Faune	40
4.3.3 La représentation cartographique	45

4.4 ANALYSE DES EFFETS.....	46
4.4.1 Les référentiels.....	46
4.4.2 Définition des impacts.....	47
4.5 ANALYSE ET COMPARAISON DES PARTIS D'AMÉNAGEMENT ET DES VARIANTES.....	49
4.5.1 Choix du site.....	49
4.5.2 Positionnement général des éoliennes.....	49
4.5.3 Nombre d'éoliennes.....	49
4.5.4 Taille des éoliennes.....	49
4.5.5 Chemins d'accès et emplacement du poste de livraison.....	49
4.6 SUPPRESSION, RÉDUCTION OU COMPENSATION DES EFFETS DOMMAGEABLES.....	50
4.6.1 Mesures de suppression des impacts.....	50
4.6.2 Mesures de réduction des impacts.....	50
4.6.3 Mesures de compensation des impacts.....	50
4.7 SUIVI DE L'IMPACT ÉCOLOGIQUE DE PARCS ÉOLIENS.....	51
4.7.1 Objectifs des suivis.....	51
4.7.2 Méthodes.....	51
4.7.3 Quelques suivis de référence.....	52
4.8 DÉMANTÈLEMENT ET REMISE EN ÉTAT DU SITE.....	52
5. PAYSAGE ET PATRIMOINE.....	53
5.1 INTRODUCTION.....	53
5.1.1 Un projet pour répondre aux exigences du paysage.....	53
5.1.2 Les particularités de l'implantation d'éoliennes.....	53
5.2 LA PERCEPTION VISUELLE DE L'OBJET "ÉOLIENNE".....	54
5.2.1 L'objet "éolienne".....	54
5.2.2 Conditions météorologiques.....	55
5.2.3 Ensoleillement, éclairage des éoliennes.....	55
5.2.4 Le relief, vue en plongée et en contre-plongée.....	55
5.2.5 Point fixe ou regard en mouvement.....	55
5.2.6 Paysage «encombré» ou «dégagé».....	56
5.2.7 Ecran, fenêtre, perspectives, point d'appel.....	56
5.2.8 Formes.....	56
5.2.9 Angle et distance de vue : différentes échelles d'appréciation du projet.....	56
5.2.10 Arrière plan.....	57
5.2.11 Conclusion.....	57
5.3 CADRAGE PRÉALABLE.....	57
5.3.1 Méthodologie.....	58
5.3.2 Vocabulaire relatif aux paysages.....	58
5.3.3 Les différentes aires d'étude.....	60
5.4 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL.....	61
5.4.1 Le contexte paysager.....	61
5.4.2 La perception du paysage.....	62
5.4.3 La sensibilité du paysage.....	63
5.4.4 Note sur les trois aires d'étude du projet.....	64
5.4.5 Conclusion sur l'état initial paysager.....	65
5.5 LES VARIANTES ET LES RAISONS DU CHOIX DU PARTI RETENU.....	65
5.6 ANALYSE DES EFFETS.....	65
5.6.1 Les principaux effets des éoliennes sur le paysage.....	65
5.6.2 Les outils de représentation des impacts.....	66
5.7 MESURES RÉDUCTRICES.....	69
5.7.1 Mesures concernant le paysage immédiat.....	69
5.7.2 Mesures concernant les paysages rapproché et lointain.....	70
5.8 SUIVI ET BILAN PAYSAGER DES IMPLANTATIONS DES ÉOLIENNES.....	70
5.9 DÉMANTÈLEMENT ET REMISE EN ÉTAT DU SITE.....	71
6. BRUIT ET SANTE PUBLIQUE.....	73
6.1 NOTIONS SUR LE BRUIT.....	73
6.1.1 Notions générales sur le bruit.....	73
6.1.2 Spécificité du bruit des éoliennes.....	74
6.2 CADRE RÉGLEMENTAIRE.....	75

6.3 CADRAGE PRÉALABLE.....	75
6.4 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL.....	76
6.4.1 Etat acoustique initial.....	76
6.4.2 Etat initial de la population.....	78
6.5 ANALYSE DES EFFETS.....	79
6.5.1 Prévision du bruit du aux éoliennes.....	79
6.5.2 Analyse d'émergence sonore.....	80
6.5.3 Phase chantier.....	81
6.6 SUPPRESSION, RÉDUCTION OU COMPENSATION DES EFFETS DOMMAGEABLES.....	81
6.7 VOLET SANITAIRE RELATIF AU BRUIT.....	82
6.7.1 Les effets du bruit sur la santé.....	82
6.7.2 Valeurs de référence.....	83
6.7.3 Evaluation de l'exposition des populations.....	83
6.7.4 Caractérisation des risques.....	83
7. CAS DES ÉOLIENNES EN MER.....	85
7.1 CADRE DE DÉVELOPPEMENT DES PROJETS ÉOLIENS EN MER.....	85
7.1.1 Contexte français.....	85
7.1.2 Caractéristiques des projets éoliens en mer.....	85
7.1.3 Le cadre réglementaire.....	85
7.2 CONDUITE D'UN PROJET ÉOLIEN EN MER.....	86
7.3 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX D'UN PROJET ÉOLIEN EN MER.....	86
7.3.1 Cadrage préalable.....	86
7.3.2 Analyse de l'état initial.....	86
7.3.3 Présentation des variantes et raisons du choix.....	86
7.3.4 Evaluation des effets.....	86
7.3.5 Suppression, réduction ou compensation des impacts.....	88
7.3.6 Suivi environnemental.....	88
7.3.7 Démantèlement et remise en état du site.....	88
ANNEXES.....	89

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 : L'énergie éolienne dans le monde en 2003.....	11
Figure 2 : Puissance éolienne installée en Europe mi-2004.....	11
Figure 3 : Puissance éolienne installée en France, par région en octobre 2004.....	11
Figure 4 : Démarche générale de la conduite de l'étude d'impact.....	18
Figure 5 : Prise en compte de l'environnement dans les étapes de développement d'un projet éolien.....	19
Figure 6 : Les étapes du cadrage préalable.....	19
Figure 7 : Les étapes de l'analyse de l'état initial.....	22
Figure 8 : Les étapes de l'évaluation des impacts.....	24
Figure 9 : Importance des impacts.....	27
Figure 10 : Les mesures réductrices.....	29
Figure 11 : Exemple de tableau de synthèse des mesures réductrices.....	31
Figure 12 : Les étapes de la définition du suivi des impacts.....	31
Figure 13 : Périodes favorables aux inventaires de terrain.....	35
Figure 14 : Déroulement de l'étude écologique.....	36
Figure 15 : Les étapes qui conduisent au réseau Natura 2000.....	38
Figure 16 : Exemple de programme de suivi d'un parc éolien.....	52
Figure 17 : Les proportions de quelques éoliennes.....	53
Figure 18 : Eclairage de quelques éoliennes.....	55
Figure 19 : Effet de surprise créé par une butte et une fenêtre entre les arbres.....	55
Figure 20 : Variation de l'angle de perception d'une éolienne.....	56
Figure 21 : Simulations visuelles selon l'angle de perception.....	57
Figure 22 : Perceptions visuelles des éoliennes en fonction de la couleur du ciel en arrière-plan.....	57
Figure 23 : Un exemple de structure paysagère de vallée en Côte d'Or.....	59
Figure 24 : Différentes tailles d'éoliennes en fonction de la couleur du ciel en arrière-plan.....	60
Figure 25 : Un exemple de prévision des impacts dus au chantier.....	66

Figure 26 : Deux exemples de simulation 3D	67
Figure 27 : Exemples de simulations photographiques	67
Figure 28 : Exemples de dessins interprétatifs autour des éoliennes	68
Figure 29 : Exemples de dessins techniques de préconisation	68
Figure 30 : Exemple de carte d'interprétation en Côte d'Or	68
Figure 31 : Exemple de carte de visibilité des éoliennes en Côte d'Or	69
Figure 32 : Dessin d'enfant.....	71
Figure 33 : Exemple de décroissance du niveau sonore (d'une éolienne d'1MW) en fonction de l'éloignement.....	73
Figure 34 : Exemple de niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A.....	73
Figure 35 : Exemple d'évolution de la puissance acoustique en fonction de la vitesse du vent.....	74
Figure 36 : Evolution des puissance acoustiques en fonction des puissances électriques à 8 m/s	74
Figure 37 : Vitesse du vent et influence du relief	74
Figure 38 : Sonomètre	74
Figure 39 : Courbes isophones autour d'une centrale éolienne	80
Figure 40 : Variantes d'implantation du parc éolien de Middlegrunden (Danemark)	87
Figure 41 : Carte du réseau Aramis de Météo-France	91
Figure 42 : Impact d'une éolienne sur le faisceau radar	93
Figure 43 : Turbulence ajoutée en aval du rotor	101

TABLEAUX

Tableau 1 : La participation du public	15
Tableau 2 : Les sources d'information	21
Tableau 3 : Exemple de tableau d'analyse multicritères des partis d'aménagement	24
Tableau 4 : Exemple d'effets d'un projet éolien sur le milieu physique	26
Tableau 5 : Exemple d'effets d'un projet éolien sur le milieu naturel	26
Tableau 6 : Exemple d'effets d'un projet éolien sur le paysage et le patrimoine	26
Tableau 7 : Exemple d'effets d'un projet éolien sur le milieu humain	27
Tableau 8 : Exemple de critères d'analyse de l'importance des effets.....	28
Tableau 9 : Les différentes aires d'étude	37
Tableau 10 : Exemple de fiche de suivi de terrain	42
Tableau 11 : Espèces de chauve-souris sensibles aux éoliennes	44
Tableau 12 : Exemples de référentiels de la flore et de la végétation	46
Tableau 13 : Exemples de référentiels de la faune	46
Tableau 14 : Exemples d'impacts sur le milieu naturel	47
Tableau 15 : Principales causes de mortalité des oiseaux	47
Tableau 16 : Exemple de caractérisation de quelques impacts d'un projet éolien sur le milieu naturel ..	48
Tableau 17 : Comparaison des différentes variantes du projet et choix du projet final	50
Tableau 18 : Organismes ressources en matière de paysage et de patrimoine	57
Tableau 19 : Un exemple de tableau récapitulatif et comparatif entre plusieurs projets	64
Tableau 20 : Exemple de rapport de mesurage acoustique	78
Tableau 21 : Les niveaux de pression acoustique.....	80
Tableau 22 : Exemple de tableau de synthèse d'évaluation du niveau sonore	80
Tableau 23 : Valeurs guides de l'OMS	83
Tableau 24 : Coordonnées géographiques des radars hydro-météorologiques	92
Tableau 25 : Liste d'espèces de chauve-souris dont la mortalité a été provoquée par des éoliennes	94

PHOTOS

Photo : Découverte d'un parc éolien (photo Ademe)	9
Photo : Poste de livraison d'un parc éolien (photo Abies)	14
Photo : Enfouissement de la ligne électrique entre les éoliennes (photo Abies)	14
Photo : Vue aérienne du parc éolien de Goulien (photo Michel Orset)	23
Photo : Au pied d'une éolienne (photo Ademe)	28
Photo : Cerfs-volants (photo Abies)	29
Photos : Assemblage du rotor d'une éolienne (photos Ademe)	30
Photo : Suivi ornithologique du parc éolien de Sigean (photo Abies)	35
Photo : Coteau calcaire (photo Greet)	40

Photo : Garrigue méditerranéenne (photo Abies)	40
Photo : Talus (photo Greet)	40
Photo : Déplacement d'oiseaux près d'un parc éolien (photo Gunnar Britse)	41
Photo : Pie grièche écorcheur (photo Greet)	42
Photo : Milan royal (photo Abies)	42
Photo : Le Grand Murin (photo Greet)	45
Photos : Les principaux types d'éoliennes existants (photos Ademe)	54
Photo : Vue en plongée d'un parc éolien (photo Ademe)	55
Photo : Vue en contre-plongée d'un parc éolien (photo Ademe)	55
Photo : Encombrement du paysage (photo Abies)	56
Photo : Vignes et perspectives face aux éoliennes (photo Ademe)	56
Photo : Un arbre en point d'appel sur la ligne d'horizon (photo Abies)	58
Photo : Sonomètre (photo EED)	78

Photo de couverture : parc éolien de Névian (Photo La Compagnie du Vent/Alain Arnal)

CARTES

Carte 1 : Exemple d'aires d'étude.....	37
Carte 2 : Exemple de cartographie des milieux naturels	39
Carte 3 : Exemples d'habitats naturels	40
Carte 4 : Principaux axes de des migration de quelques oiseaux en France	43
Carte 5 : Exemple de connexion biologogique entre deux zones humides	45
Carte 6 : Exemple d'évolution de l'implantation des éoliennes	49

Ce guide a été préparé sous la responsabilité du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (Nathalie COUDRET-GUIMBERT) et de l'ADEME (Mila GALIANO) dans le cadre d'un groupe de travail associant Marc LANSIART (Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale), Emmanuel BERT (Mission Bruit), Jean-François SEGUIN et Laure VIGNERON (Direction Nature et Paysage).

Ce guide a été préparé par Espace Eolien Développement, GREET Ingénierie et Terrehistoire.

Il a été soumis à un comité de pilotage (dont la composition est donnée en annexe n°9) et enrichi par les contributions d'experts (dont les noms sont indiqués en annexe n°9).

Sa rédaction finale a été assurée par ABIES bureau d'études (MM. Neau, Calais et Albouy, Mlles Bredelle et Gibert)

Préface

« Notre responsabilité collective est engagée. Les pays développés doivent admettre qu'il n'est d'autre solution pour eux que d'inventer un mode de croissance moins polluant ». En s'exprimant ainsi, au sommet de Johannesburg de 2002, le Président de la République, Jacques CHIRAC, a rappelé qu'il nous fallait modifier nos pratiques de consommation. Il s'agit, en particulier, de diversifier nos modes de production d'énergie, et d'adopter une politique énergétique durable, aboutissant à la diminution de nos émissions de gaz à effet de serre, conformément aux objectifs du protocole de Kyoto.

Au plan communautaire, la France s'est ainsi engagée à porter la part des énergies renouvelables dans sa consommation nationale d'électricité de 15 à 21% en 2010, en diversifiant son bouquet énergétique.

A cette fin, il a notamment été décidé de favoriser la filière éolienne par le biais d'une politique d'appels d'offre et de tarifs d'achat. En effet, la France présente un gisement éolien important : le deuxième en Europe, après l'Écosse. L'éolien, comme les autres énergies renouvelables, s'inscrit dans des cycles naturels et constitue, de fait, une énergie respectueuse de l'environnement.

Si leur contribution à la lutte contre le changement climatique est évidente, il est toutefois indispensable que les projets éoliens respectent la sensibilité des sites et le bien-être des habitants. Dans cette perspective, l'étude d'impact constitue une étape importante, car elle facilite l'élaboration de projets respectueux des enjeux environnementaux locaux.

En France, le développement rapide de l'éolien s'est heurté à certains obstacles, dont des faiblesses d'ordre juridique. Ainsi, de nombreux projets ont vu le jour sans être encadrés juridiquement par des procédures administratives adaptées. Par ailleurs, à l'instar de toute innovation, la technologie éolienne suscite des réactions variées de la part du public et des décideurs locaux. De bonnes études d'impact doivent contribuer à un débat social apaisé.

L'expérience de pays européens comme l'Allemagne, le Danemark et l'Espagne, qui ont développé l'énergie éolienne sur leur territoire depuis une dizaine d'années, a été ici mise à profit. Elle a conduit ainsi à mieux cerner les avantages et inconvénients de certaines caractéristiques des projets.

Aujourd'hui, les procédures d'autorisation des projets sont mieux définies. L'étude d'impact constitue un outil d'aide à la décision qui permet de concilier éolien, aménagement du territoire et préservation des milieux naturels et humains. Ce guide ne contient pas de « recettes », mais des propositions de méthodes et des exemples, pour aboutir à des projets éoliens respectueux des caractéristiques des territoires d'accueil, dans une perspective de développement durable. Pour prendre en compte le perfectionnement des méthodes et l'évolution des réglementations, il sera régulièrement actualisé.

Dominique BUREAU

*Le Directeur des Etudes Economiques
et de l'Evaluation Environnementale*

MEDD

Virginie SCHWARZ

*La Directrice Opérationnelle déléguée
Energie, Air, Bruit*

ADEME

1. Introduction

A qui s'adresse ce guide ?

Le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et l'ADEME ont élaboré ce guide sur les études d'impact et les notices d'impact sur l'environnement des parcs éoliens pour permettre :

- aux **développeurs éoliens** de prendre conscience des enjeux environnementaux et des démarches permettant de les intégrer le plus en amont possible, afin de concevoir des parcs éoliens respectueux de l'environnement,
- aux **bureaux d'études** de mettre en place une démarche et des moyens humains et techniques à la hauteur du travail à réaliser, notamment le recours à des spécialistes des questions mises en évidence dans le cadrage préalable,
- aux **services administratifs** d'y trouver les éléments nécessaires au contrôle qu'ils sont chargés d'effectuer sur la pertinence et le sérieux des documents fournis dans le dossier de demande d'autorisation, et d'évaluer la qualité des projets,
- aux **élus** et autres **décideurs locaux** d'aider leur appréciation des projets, leurs choix et décisions en matière énergétique et d'aménagement du territoire, et de formuler leur avis lors de l'enquête publique,
- au **public** et aux **associations** d'être informés du contenu de l'évaluation environnementale du projet et de mieux participer aux débats qui sont organisés et à l'enquête publique,
- aux **commissaires enquêteurs** d'évaluer la qualité des projets.

Comment ce guide a été réalisé ?

Ce guide complète les outils existants, notamment le *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement* du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2001) et le *Manuel Préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens* de l'ADEME (2000).

Sa conception a été rendue possible par l'implication d'acteurs administratifs, professionnels et associatifs (dont la liste figure en annexe 9) en cherchant à rendre accessible à tous les préoccupations de chacun.

Que contient ce guide ?

Ce guide propose une démarche globale et une méthodologie de mise en œuvre des évaluations environnementales adaptées aux parcs éoliens.

Ce guide présente tout d'abord la démarche générale de l'étude d'impact appliquée aux parcs éoliens. Dans un second temps, des approfondissements sont proposés pour les enjeux environnementaux les plus importants (les milieux naturels, le paysage et le patrimoine, et le bruit et la santé publique).

Les annexes regroupent des éléments complémentaires à l'approche générale, des approfondissements sur quelques problématiques ponctuelles actuelles et les principales références réglementaires et bibliographiques.

Il complète également les mesures décrites dans la circulaire interministérielle aux préfets relative à la promotion de l'énergie éolienne terrestre du 10 septembre 2003.

Quelques points essentiels sur l'évaluation environnementale

Qu'est-ce que l'évaluation environnementale ?

L'évaluation environnementale désigne l'étude descriptive et fonctionnelle de différents thèmes environnementaux : le milieu naturel (les écosystèmes, la faune, la flore, les habitats naturels, ...), le milieu physique (la géographie, la topographie, l'occupation du sol, ...), le milieu humain (les activités humaines, les transports, ...) et l'environnement paysager.

Elle nécessite des investigations de terrain

L'état initial du site et de son environnement se réalise à partir de recherches bibliographiques, de consultations des services de l'Etat, mais également d'investigations de terrain et de mesures sur le site.



Elle impose un calendrier tenant compte des saisons

Pour certains thèmes environnementaux, il est nécessaire de s'appuyer sur des investigations conduites à plusieurs périodes de l'année. La programmation d'une étude d'impact doit intégrer ce critère de saison (ex : période de migration de l'avifaune).

Elle nécessite une approche itérative

La réalisation d'une étude d'impact n'est pas un processus linéaire, mais une démarche continue, progressive et sélective. La **continuité** dans les études et le développement du projet est une condition nécessaire de la cohérence de ce projet. La **progressivité** dans les investigations signifie un niveau de précision allant croissant au fur et à mesure des phases successives. Enfin, la **sélectivité** s'impose face à la complexité et au grand nombre de critères environnementaux.

Les trois notions précédentes appellent celle de **itération** qui consiste à vérifier la pertinence des choix antérieurs.

Autrement dit, l'objectif de l'étude n'est pas seulement de présenter les impacts d'un projet sur l'environnement et les moyens de les atténuer, elle doit aussi contribuer à la conception même de celui-ci, en intégrant la dimension environnementale aux côtés des dimensions techniques et économiques.

Le maître d'ouvrage doit programmer différents moments de synthèses et de choix, avec des degrés d'approfondissement croissants. Ainsi, le projet se construit au fur et à mesure que les connaissances environnementales s'affinent et que des solutions de meilleure intégration environnementale sont définies.

Elle peut être précédée d'un cadrage préalable

Dans cet esprit, un cadrage préalable, c'est-à-dire une consultation des autorités environnementales en amont de la conception d'un projet, est vivement recommandé. Il doit permettre au maître d'ouvrage de mieux définir le cahier des charges de sa future étude d'impact.

Le cadrage préalable de l'étude d'impact est un moment privilégié de la concertation entre le maître d'ouvrage qui prépare une étude d'impact et l'administration responsable du contrôle de sa qualité.

Introduit par la directive européenne du 3 mars 1997 relative à l'évaluation des incidences des projets sur l'environnement et transcrit en droit français par le décret n°2003-767 du 1er août 2003, il permet au maître d'ouvrage de demander à l'autorité compétente pour autoriser le projet de lui préciser les informations à fournir dans son étude d'impact.

Ce cadrage préalable de l'étude d'impact, en phase d'études préliminaires, permet de déterminer l'aire d'étude, d'identifier les principaux enjeux environnementaux, d'identifier les zones protégées, et plus généralement de vérifier que le site est viable. Ainsi, dès la phase amont, un cahier des charges pertinent et précis de l'étude d'impact peut être réalisé.

Cette démarche permet d'éviter les conflits ultérieurs.

Exemple : ce cadrage préalable permet de fixer le périmètre d'étude au sein duquel les parcs éoliens déjà en production doivent être pris en compte pour apprécier les cumuls d'impact avec le parc éolien projeté.

Elle doit faire appel à des spécialistes

Certains thèmes nécessitent les compétences de spécialistes, notamment pour les paysages, les milieux naturels et le bruit. Dans tous les cas, « *doivent figurer sur ce document le nom des participants aux études préparatoires qui ont servi de support au document final, celui des éventuels consultants ou experts auxquels il aura été fait appel, et celui des rédacteurs du document final. Cette disposition peut largement contribuer à renforcer la crédibilité du document final aux yeux du public et à assurer la transparence de la décision* » (circulaire du 27 septembre 1993).

La coordination et la synthèse de ces experts sont souvent confiées à un bureau d'études environnementales. C'est ce dernier qui rédige l'étude d'impact, après avoir hiérarchisé les problématiques, même si la responsabilité de l'étude d'impact incombe au maître d'ouvrage.

Pourquoi l'énergie éolienne ?

Le développement des énergies renouvelables en général et de l'énergie éolienne en particulier s'inscrit dans le cadre de la préservation de l'environnement de notre planète. S'il y a une trentaine d'années, elles étaient développées pour économiser le pétrole, aujourd'hui, ce développement, combiné à la maîtrise des consommations d'énergie, a pour objet premier la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Dans le cadre de la mise en oeuvre du protocole de Kyoto, l'intérêt des sources d'énergies renouvelables a conduit l'Union Européenne à les promouvoir vivement. Elle s'est ainsi fixée des objectifs à l'horizon 2010 dans la directive 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources renouvelables.

Ces sources d'énergies renouvelables participent également à la sécurité d'approvisionnement et au développement local.

De plus, elles s'inscrivent doublement dans le développement durable : d'une part, en permettant aux générations futures d'économiser des ressources fossiles épuisables et d'autre part en ne produisant ni gaz ni déchets susceptibles d'affecter le développement des générations actuelles et futures.

Les atouts de l'énergie éolienne ont été reconnus au-delà de nos frontières avec la mise en place de politiques nationales incitatives. La puissance totale d'énergie éolienne installée au niveau mondial est de 42 000 MW mi-2004. Elle est en forte croissance (17 000 MW début 2001) et l'on prévoit une puissance installée de plus de 83 000 MW en 2007, essentiellement en Europe.

La situation des pays européens est contrastée, avec quelques pays dominant largement la scène comme l'Allemagne, le Danemark et l'Espagne.

Figure 1 : L'énergie éolienne dans le monde en 2003 (Eurobserv'Er, 2004)

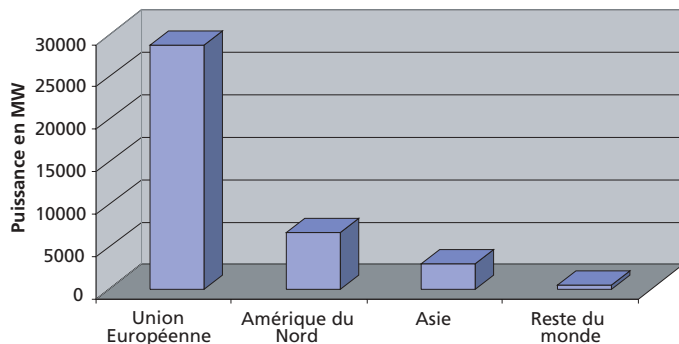
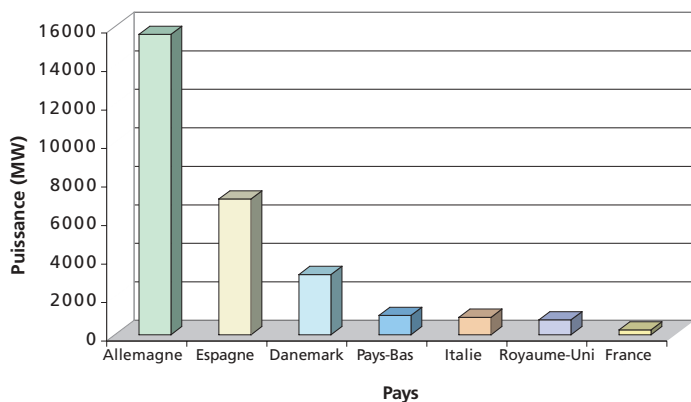


Figure 2 : Puissance éolienne installée en Europe mi-2004 (Wind Power Monthly)



En France, la filière éolienne est la principale source d'énergie renouvelable susceptible de répondre aux objectifs de la directive du 27 septembre 2001, à savoir 21% de notre électricité d'origine renouvelable en 2010 contre 15% en 1997. En effet, une éolienne de 2000 kilowatts (2 MW) produisant 4 à 6 millions de kWh permet de couvrir les besoins d'électricité domestique (hors chauffage et eau chaude sanitaire) de 1600 à 2400 foyers.

Par ailleurs, grâce à sa géographie et son climat, la France présente le second gisement éolien en Europe après le Royaume-Uni.

Cependant, en matière d'énergie éolienne, la France est très en retard avec un peu plus de 300 MW installés en France en novembre 2004 contre 15 600 MW en Allemagne, 7 000 MW en Espagne et 3 100 MW au Danemark (Source : Wind Power Monthly).

Cette énergie a émergé lentement depuis les premiers projets réalisés au début des années 90 et de l'appel à propositions EOLE 2005 du ministère chargé de l'énergie, mis en œuvre en 1996. Le réel décollage a eu lieu suite à

la publication de l'arrêté tarifaire du 8 juin 2001 instaurant un tarif incitatif pour l'achat de l'électricité d'origine éolienne.

La nécessité de développer rapidement l'énergie éolienne répond à des engagements politiques et réglementaires :

- 1) la loi n° 2001-153 du 19 février 2001 précise (article 1) que « la lutte contre l'intensification de l'effet de serre et la prévention des risques liés au réchauffement climatique sont reconnues priorité nationale » ;
- 2) les objectifs de l'arrêté PPI (Programmation Pluriannuelle des Investissements) du 7 mars 2003 sont de 2 000 à 6 000 MW éoliens en fonctionnement au 1^{er} janvier 2007 ;
- 3) la circulaire interministérielle aux préfets du 10 septembre 2003, relative à la promotion de l'énergie éolienne terrestre, demande de « faciliter la concrétisation rapide des projets éoliens ».

Le second volet de la directive 2001/77/CE aborde les procédures administratives. Ainsi, son article 6 demande de : 1) réduire les obstacles réglementaires et non réglementaires, 2) rationaliser et accélérer les procédures, et 3) veiller à ce que les règles soient objectives, transparentes et non discriminatoires.

Cette volonté affirmée d'un développement quantitatif et rapide de l'énergie éolienne dans notre pays ne saurait oublier la nécessité de construire des parcs éoliens de qualité. L'objet du présent guide est de participer à cette double promotion, dans un contexte réglementaire en cours d'évolution.

Figure 3 : Puissance éolienne installée en France, par région, en novembre 2004



source : www.suivi-eolien.com

2. Le cadre réglementaire de l'étude d'impact

Les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui peuvent porter atteinte à l'environnement doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences (Art. L. 122.1 du code de l'Environnement). Ce texte confie la responsabilité de l'étude d'impact au maître d'ouvrage du projet.

2.1 Quels sont les projets soumis à étude d'impact ?

Les projets éoliens sont soumis à une double autorisation (autorisation de construire l'éolienne et autorisation de produire de l'électricité), sans toutefois faire l'objet d'une instruction au titre des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

Au niveau de l'urbanisme, plusieurs textes précisent les procédures qui s'appliquent aux projets éoliens. En particulier, la loi n°2003-590 du 2 Juillet 2003 relative à l'urbanisme et l'habitat définit le nouveau cadre réglementaire dans lequel les projets d'installation d'éoliennes s'inscrivent. Les seuils de référence sont indiqués dans le tableau ci-après.

Puissance du projet Hauteur de l'éolienne	≤ 2,5 MW	> 2,5 MW
< 12 mètres	• notice d'impact	(Configuration techniquement impossible)
≥ 12 mètres	• permis de construire • notice d'impact	• permis de construire • étude d'impact • enquête publique

Ainsi, tous les projets de parcs éoliens doivent prendre en compte l'environnement : les projets dont la puissance est supérieure à 2,5 MW sont soumis à **étude d'impact** ; les projets de puissance inférieure ou égale à 2,5 MW font l'objet d'une **notice d'impact**.

L'article L.421-1 du code de l'urbanisme précise que « la hauteur de l'installation est définie comme celle du mât et de la nacelle de l'ouvrage, à l'exclusion de l'encombrement des pales ».

2.2 Etude d'impact et notice d'impact

Ces deux documents obéissent aux mêmes règles générales, tant au niveau de leur contenu, de leurs objectifs que de la démarche d'étude. Ils se distinguent par la mise en œuvre du principe de proportionnalité.

La notice d'impact, qui concerne des projets de moindre ampleur, n'exige pas forcément des études aussi approfondies que l'étude d'impact. Elle peut, par exemple, concerner une aire d'étude moins vaste.

Mais, c'est surtout la sensibilité du territoire sur lequel un projet est envisagé qui doit guider le porteur de projet : un petit projet dans un site sensible requiert des études qui peuvent être plus délicates, plus longues et plus onéreuses qu'un projet plus important mais dans un site peu sensible.

L'ensemble des recommandations du présent guide pour les études d'impact s'appliquent également pour les notices d'impact. Pour certains thèmes (paysage, bruit), des recommandations spécifiques sont fournies dans les chapitres « approfondissements ».

2.3 Les objectifs de l'étude d'impact

L'étude d'impact constitue la pièce maîtresse du dossier de demande de permis de construire. Elle permet :

- de concevoir un meilleur projet : pour le maître d'ouvrage d'un projet, elle constitue le moyen de (dé)montrer comment il prend en compte les préoccupations d'environnement ;
- d'éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre ; l'étude d'impact contribue à informer l'autorité administrative compétente pour autoriser les travaux, à la guider pour définir les conditions dans lesquelles cette autorisation est donnée, et à définir les conditions de respect des engagements pris par le maître d'ouvrage ;
- d'informer le public et le faire participer à la prise de décision : la participation active et continue du public est essentielle notamment à la définition des alternatives et des variantes du projet étudié, ainsi qu'à la détermination des mesures pour l'environnement.

2.4 Le contenu de l'étude d'impact

Le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977, modifié par le décret 2003-767 du 1^{er} août 2003, prévoit que l'étude d'impact comporte obligatoirement les parties suivantes :

1° **Une analyse de l'état initial** du site et de son environnement, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, affectés par les aménagements ou ouvrages ;

2° **Une analyse des effets** directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement, et en particulier sur la faune et la flore, les sites et paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et du patrimoine culturel et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ou sur l'hygiène, la santé, la sécurité et la salubrité publique ;

3° **Les raisons** pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement, parmi les partis envisagés qui feront l'objet d'une description, le projet présenté a été retenu ;

4° **Les mesures envisagées** par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement et la santé, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes ;

5° **Une analyse des méthodes** utilisées pour évaluer les effets du projet sur l'environnement mentionnant les difficultés éventuelles de nature technique ou scientifique rencontrées pour établir cette évaluation.

Afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude, celle-ci doit faire l'objet d'un **résumé non technique**.

2.5 La démarche d'étude

Un cadrage préalable est fortement recommandé. Il permet d'identifier les thèmes environnementaux à enjeux et donc à approfondir ultérieurement.

L'étude d'impact est rédigée dans le respect des réglementations en vigueur, sous la responsabilité du maître d'ouvrage, initiateur du projet et demandeur des autorisations. S'il ne dispose pas des compétences en interne, il lui est recommandé de faire appel à des consultants spécialisés, dont les noms doivent être explicitement mentionnés dans l'étude d'impact.

Plusieurs principes doivent guider la conduite de l'étude d'impact :

- Elle porte en priorité sur **l'ensemble des installations temporaires et définitives du parc éolien**, c'est-à-dire les éoliennes et leurs fondations, les chemins d'accès, les plates-formes de montage, les aires de chantier, le poste de livraison ainsi que les équipements annexes (mât de mesure, locaux techniques, centre d'information,...).



- Elle analyse aussi **le raccordement au réseau électrique** de transport. Il est généralement impossible de connaître avec précision le tracé envisagé pour ce raccordement lors de l'instruction du permis de construire. C'est pourquoi l'étude d'impact du projet d'installation éolienne ne peut pas proposer une analyse localisée des impacts de ces travaux de raccordement. L'étude d'impact doit alors présenter **une appréciation générale des impacts** de ces travaux.

- L'étude d'impact doit aussi **traiter des impacts cumulatifs** du projet d'installation d'éoliennes avec les parcs en activité, les projets en construction, autorisés et, si possible, les projets en cours d'instruction. Un travail de centralisation des données doit donc être effectué par les services déconcentrés de l'Etat. Ils informent le maître d'ouvrage notamment lors du cadrage préalable de l'étude d'impact.



2.6 La concertation dans le montage de projet éolien

La concertation, en particulier dans la phase amont de développement d'un projet éolien, est une des clés de réussite de l'intégration d'un parc éolien tant dans son environnement naturel que humain.

Un projet éolien concerne de nombreux acteurs : la population locale et ses représentants, les services de l'Etat et les associations. Leur participation à l'élaboration du projet est une condition essentielle de sa réussite. Concourant au développement durable, un parc éolien doit être mené à bien dans une dynamique de concertation locale.

Dans ce cadre, l'étude d'impact est un instrument de communication et de dialogue entre les différents partenaires concernés, d'où l'importance d'un document clair et précis, compréhensible par tous. Cette clarté est d'autant plus requise que l'étude d'impact constitue la pièce maîtresse du dossier d'enquête publique.

L'enquête publique intervient durant la procédure administrative d'autorisation de construire et concerne un projet finalisé et détaillé. La participation du public doit également concerner les phases plus en amont, même si le législateur ne les a pas définies avec précision.

Le tableau ci-après présente des exemples de moyens de participation du public.

La participation du public doit être continue tout au long de l'élaboration du projet ; elle s'inscrit dans les étapes chronologiques décrites dans le tableau ci-contre :

A chacune de ces étapes, une information de qualité, objective et vérifiable doit être transmise au public. Il convient que cette information :

- traite des principaux sujets de préoccupation des habitants et des associations ;
- replace l'éolien dans les grands enjeux du développement durable ;
- apporte une méthodologie de concertation.

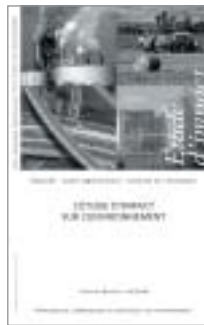
Tableau 1 : La participation du public

Etape du projet	Public ciblé	Exemples de moyens de participation du public
Conception du projet	<ul style="list-style-type: none"> - Municipalité - Associations locales (de protection de la nature, de riverains, ...) - Communauté de Communes - Habitants, riverains - Acteurs économiques locaux (agriculteurs, professionnels du tourisme, chasseurs, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Délibération du conseil municipal, - Information de l'avancement du projet dans le bulletin municipal, - Réunion publique, - Exposition, - Distribution de plaquettes, - Visites d'autres parcs éoliens, - Site web d'information, ...
Permis de construire - enquête publique	<ul style="list-style-type: none"> - Habitants, riverains 	<ul style="list-style-type: none"> - Enquête publique, - Consultation du permis en mairie, - Informations sur site (panneau d'affichage), ...
Construction du parc éolien	<ul style="list-style-type: none"> - Habitants, riverains - Collectivité locale 	<ul style="list-style-type: none"> - Pose de « première pierre », - Information sur l'avancement du chantier, - Visites de chantier, - Inauguration officielle, ...
Exploitation du parc éolien	<ul style="list-style-type: none"> - Public, riverains - Collectivité locale 	<ul style="list-style-type: none"> - Informations sur le fonctionnement du parc éolien, - Présentation du suivi environnemental, - Organisation de visites techniques, - Panneaux d'information sur le site, ...

3. La conduite des études

Ce guide propose une démarche générale pour la conduite des études d'environnement et la présentation de l'étude d'impact. Il s'appuie sur :

- le Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens, publié par l'ADEME en Novembre 2000 ;
- le Guide sur l'étude d'impact, publié par le Ministère en charge de l'Environnement en 2001.



Deux approches sont à dissocier dans la conduite de l'étude d'impact :

- **La phase d'étude** accompagne l'élaboration du projet. Elle conduit le porteur du projet à faire des « aller-retour » entre localisation, évaluation des impacts et conception technique du projet tout au long des différentes phases de son élaboration. Cette phase sous-entend une interaction indispensable entre les études spécifiques, afin d'éviter un cloisonnement étanche entre les différentes disciplines. L'expérience montre en effet que les remarques formulées dans un cadre précis (faune, flore, bruit, paysage, patrimoine...) ont des implications et/ou apportent un éclairage nouveau pour d'autres disciplines, entraînant une réelle amélioration croisée des diagnostics et en définitive des réductions d'impacts et des propositions constructives.
- **La phase rédactionnelle**, qui obéit à une logique de compréhension, est l'aboutissement de ce processus d'étude. Cette phase doit reprendre strictement le canevas demandé dans le décret n°77-1141. En particulier, le résumé non technique et la synthèse des enjeux environnementaux doivent refléter justement les interactions entre les différentes études spécifiques.

3.1 La démarche générale d'étude d'impact du projet

La prise en compte des facteurs environnementaux doit intervenir dès les études préalables à un projet éolien. C'est la méthode la plus performante pour parvenir à un projet minimisant ses impacts sur l'environnement. Mais c'est également la méthode la plus rapide car elle permet d'éviter les futurs retards liés à la nécessité de réalisation des investigations omises.

Le choix de la zone d'étude ne doit obéir ni aux seuls critères techniques garantissant la présence d'un vent suffisant et des possibilités de raccordements routier et électrique, ni uniquement aux opportunités foncières. La zone d'étude doit être sélectionnée, dès les investigations préalables, à partir des enjeux environnementaux locaux.

La démarche doit être la suivante :

- Identification des contraintes dans l'aire d'étude retenue : identification des impacts majeurs potentiels et définition des enjeux environnementaux à partir d'études préalables ;
- Recherche des sites possibles d'implantation ;
- Comparaison des différents sites potentiels d'implantation et identification du site offrant le plus d'avantages vis-à-vis des critères environnementaux, techniques, économiques et sociaux ;
- Sur le site retenu, conduite d'études plus approfondies pour la caractérisation de l'environnement, des impacts potentiels et des mesures réductrices nécessaires ;
- Poursuite du développement du projet, selon la méthodologie indiquée dans le guide, si le site ne révèle pas de contrainte majeure. Dans le cas contraire, un autre site possible devra être identifié avant d'engager de nouvelles investigations ;
- Rédaction du rapport d'étude d'impact, puis soumission à l'instruction administrative et à l'avis du public.

Le présent guide traite des principaux points de ce processus d'étude, qui sont détaillés en six étapes principales (Figure 4) :

1. Le cadrage préalable ;
2. L'analyse de l'état initial ;
3. L'identification et l'évaluation des alternatives (partis d'aménagement et variantes techniques) ;
4. L'évaluation des effets sur l'environnement ;

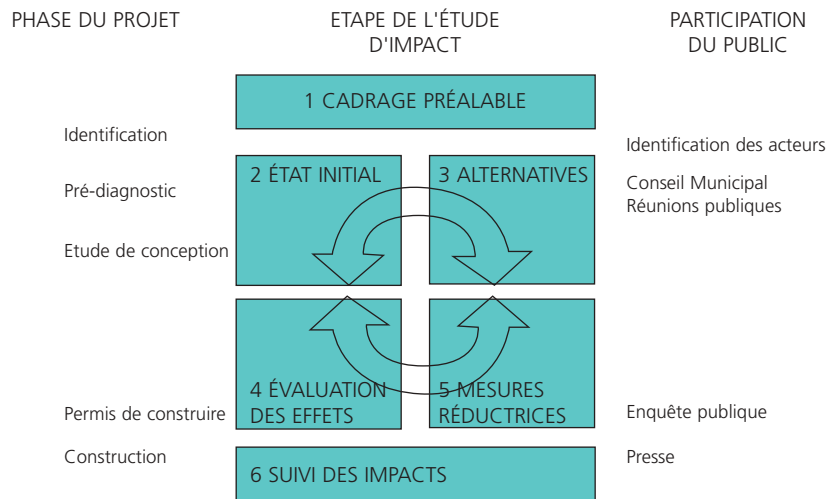
5. La définition des mesures de réduction, de suppression ou de compensation des impacts, regroupées sous le terme « mesures réductrices » ;
6. La définition du programme de suivi des impacts de l'installation sur l'environnement, le démantèlement et la remise en état du site.

Le détail de ces différentes étapes constitue la suite du présent chapitre.

vont émerger et des variantes techniques et d'implantation (sur le site retenu) sont élaborées.

Une troisième phase d'élaboration finale du projet consiste à choisir parmi les variantes puis à affiner la variante retenue. La rédaction de l'étude d'impact conclut ensuite plusieurs années de travail et de concertation. Durant cette phase, les accords fonciers sont finalisés et les éventuelles procédures de mise en conformité des documents d'urbanisme lancées.

Figure 4 : Démarche générale de la conduite de l'étude d'impact



La demande de permis de construire peut alors être déposée.

L'autorisation de construire n'est pas la seule requise pour qu'un parc éolien puisse entrer en fonctionnement. Sont également nécessaires :

- une autorisation de raccordement électrique,
- une autorisation d'exploiter.

Dans le cas des installations de moins de 12 MW pour lesquelles l'électricité est revendue, le certificat donnant droit à obligation d'achat est nécessaire.

L'autorité en charge de la délivrance de l'autorisation de construire s'appuie, pour rendre sa décision, sur plusieurs types d'avis :

- l'avis des différents services de l'Etat ; certains avis sont obligatoires (on parle alors d'avis conforme), d'autres sont facultatifs ;
- l'avis éventuel de la Commission Départementale des Sites, Perspectives et Paysages (elle est sollicitée ou non par le Préfet, sauf aux abords de sites naturels protégés ou de monuments historiques où elle est obligatoire) ;
- l'avis du Commissaire-Enquêteur en charge de l'enquête publique.

Une fois ces autorisations accordées, la construction du parc éolien peut démarrer. Les éoliennes pourront être mises en service environ 12 mois plus tard, selon les aléas climatiques, la période des travaux déterminée dans l'étude d'impact et la complexité du chantier.

Au total, l'ensemble du processus (de l'identification au démarrage de l'exploitation du parc éolien) implique habituellement un minimum de trois années de travail et de démarches. Dans certains cas, des délais supérieurs à 5 années sont nécessaires.

Ces six étapes ne sont pas toujours conduites dans cet ordre. Très souvent, la démarche est itérative. L'état initial, par exemple, n'est pas analysé une fois pour toute ; des éléments sont nécessaires pour réaliser le cadrage préalable, mais des approfondissements sont indispensables lorsque des alternatives sont envisagées.

Pour illustrer cette démarche, le déroulement d'un projet-type de parc éolien est présenté ci-après (figure 5).

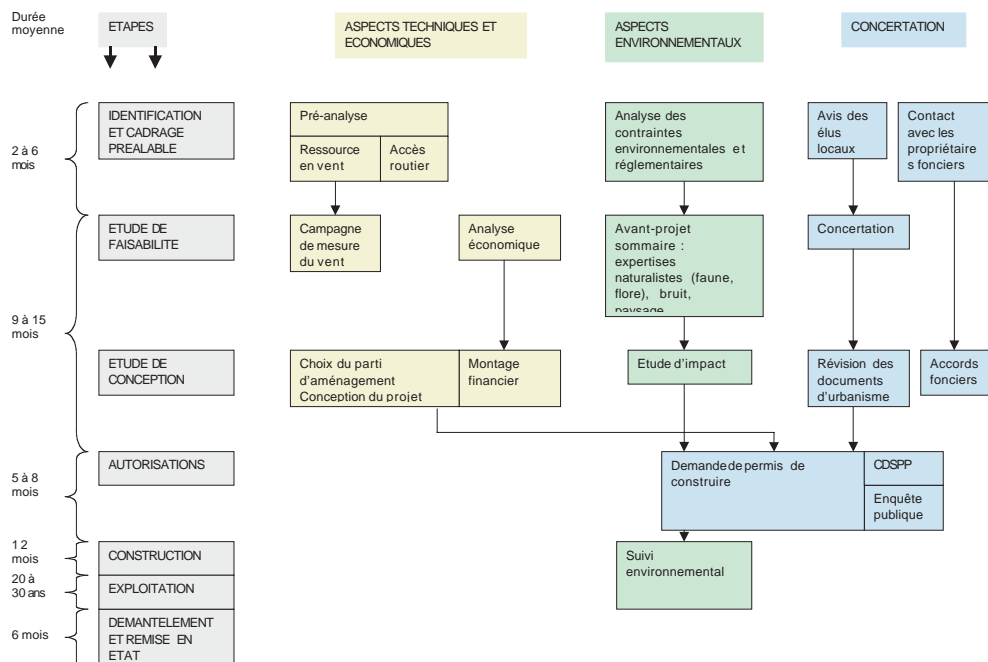
Après un repérage de la zone d'étude, la première étape consiste en une phase de pré-faisabilité avec :

- l'analyse des contraintes environnementales et réglementaires,
- une première approche du gisement éolien (atlas éolien, modélisation),
- une analyse des possibilités de raccordements électrique et routier,
- et l'avis des élus locaux et des utilisateurs actuels du site.

A l'issue de cette phase, si les analyses technico-économiques et environnementales confirment l'intérêt du site et que les acteurs locaux sont favorables à un projet éolien, les études de faisabilité peuvent être lancées. Elles se déroulent plus ou moins simultanément (certaines sont ponctuelles, d'autres exigent du temps). En parallèle, la concertation avec les acteurs locaux (élus, habitants, associations) se poursuit.

Au fil des conclusions des différentes investigations, des partis d'aménagement (sites d'implantation possibles)

Figure 5 : Prise en compte de l'environnement dans les étapes de développement d'un projet éolien



Conduite des études
3

3.2 Cadrage préalable

3.2.1 Cadre réglementaire

Le cadrage préalable est défini par l'article 1 du décret n°2003-767 du 1^{er} août 2003 :

« Le pétitionnaire ou le maître de l'ouvrage peut obtenir de l'autorité compétente pour autoriser ou approuver le projet de lui préciser les informations qui devront figurer dans l'étude d'impact. Les précisions apportées par l'autorité compétente n'empêchent pas celle-ci de faire, le cas échéant, compléter le dossier de demande d'autorisation ou d'approbation et ne pré-jugent pas de la décision qui sera prise à l'issue de la procédure d'instruction ».

3.2.2 Objectif et intérêts du cadrage préalable

Le cadrage préalable a pour objectif d'identifier les principaux enjeux environnementaux du territoire étudié et notamment les contraintes réglementaires et servitudes rédhibitoires ou handicapantes à l'implantation d'éoliennes. Il permet ainsi d'élaborer un cahier des charges pertinent et précis des études environnementales nécessaires à la réalisation de l'étude d'impact.

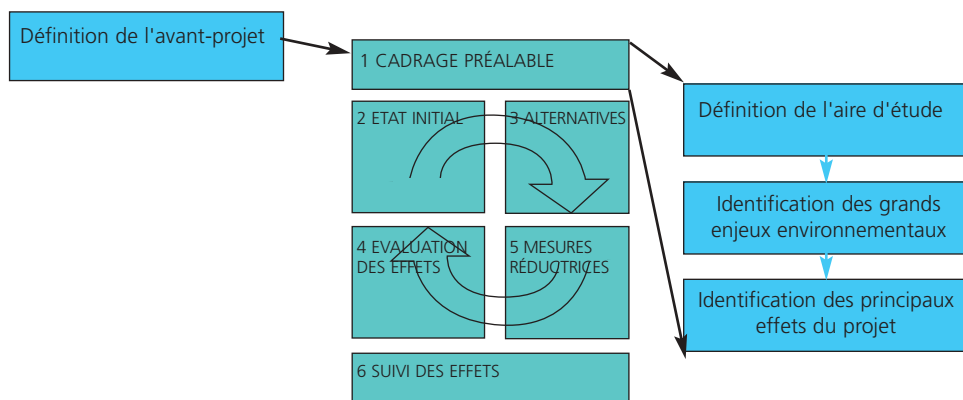
Le cadrage préalable constitue une étape préliminaire à l'engagement

des enquêtes et des études spécifiques. Si le maître d'ouvrage le souhaite, ce cadrage préalable peut être un moment privilégié de la concertation avec l'administration responsable du contrôle de la qualité de l'étude d'impact (DIREN, DDE, ...).

Ce cadrage est l'occasion d'identifier le programme général des travaux dont l'installation d'éoliennes est un des éléments ; le raccordement électrique et l'accès routier au site éolien constituant les autres éléments forts de ces travaux.

Ce cadrage permet également d'identifier les installations existantes ou les projets connus, avec lesquels le nouveau projet éolien est susceptible d'avoir un effet cumulatif qui devra être apprécié dans l'étude d'impact.

Figure 6 : Les étapes du cadrage préalable



3.2.3 Comment procéder ?

a) Quelles informations recueillir ?

Différents types d'informations sont à recueillir (liste indicative) :

- les servitudes réglementaires : elles concernent tant l'espace aérien que les éoliennes vont occuper (faisceaux hertziens, mouvements des aéronefs, ...) que la surface au sol occupée par d'autres activités (canalisations de transport, infrastructures, ...) ; en particulier, les servitudes aéronautiques (de dégagement et radioélectriques) ainsi que les contraintes liées à l'exploitation des aéroports en conditions de vol à vue et en conditions de vol aux instruments (Annexe 3. Servitudes et contraintes aéronautiques),
- les zones de protection environnementale et d'inventaire (ZICO, ZNIEFF, Natura 2000...),
- les orientations de gestion territoriale indiquées dans des documents de planification (schémas régionaux éoliens, atlas de paysages, chartes environnementales, charte des Parcs Naturels Régionaux...),

Certains territoires sont soumis à des réglementations spécifiques :

- Contraintes d'urbanisme :
 - Littoral : la bande non constructible de 100 mètres de large (article L 146-4-III du code de l'urbanisme) et les espaces remarquables (article L 146-6 du code de l'urbanisme) instaurés par la loi « littoral » (loi n°86-2 du 3 janvier 1986) ;
 - Les applications de la loi « montagne » (loi n°85-30 du 9 janvier 1985) : prise en compte de la préservation des activités agricoles, pastorales, forestières et des espaces, paysages et milieux caractéristiques du patrimoine naturel et culturel montagnard (article L.145-3 du code de l'urbanisme) ;
- Contraintes liées au patrimoine naturel :
 - les réserves naturelles et les arrêtés de biotope ;
 - les terrains faisant l'objet d'une protection foncière, du fait de leur acquisition, soit par le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, soit par les Conseils Généraux au titre des espaces naturels sensibles ;
- Contraintes liées au patrimoine culturel :
 - les sites naturels et le périmètre de 500 mètres autour des monuments classés et inscrits ;
- Contraintes techniques :
 - les abords des aéroports civils ou militaires concernés par le plan de servitudes aéronautiques de dégagement (Annexe 3. Servitudes et contraintes aéronautiques) ;
 - les abords des émetteurs d'ondes (radio ou TV), les faisceaux hertziens protégés par des servitudes (PT1) et les radars météorologiques (Annexe 1. Météorologie).

SCHEMA EOLIEN

Pour faciliter le développement de projets éoliens, la loi n°2003-590 du 2 juillet 2003 prévoit que les régions peuvent mettre en place un schéma régional éolien (article L.553-4-I, chapitre III « Eoliennes » du titre V du livre V du code de l'environnement).

Ces schémas ont une valeur indicative et d'information, mais n'ont ni valeur de prescription, ni valeur d'autorisation. Les projets éoliens restent soumis aux procédures décrites dans le présent guide.

Selon le code de l'environnement, leur objectif est d'indiquer, à l'échelle d'une région, « les secteurs géographiques qui paraissent le mieux adaptés » à l'implantation d'éoliennes. A contrario, les espaces au sein desquels les éoliennes doivent être exclues et ceux où elles peuvent être admises sous certaines conditions y sont identifiées et qualifiées.

Le schéma régional éolien constitue donc un document de référence, en particulier dans la phase de cadrage préalable.

DOCUMENTS D'URBANISME

Le Plan Local d'Urbanisme (P.L.U.), s'il existe, dans la commune concernée ou la communauté de communes, doit être consulté en priorité, lors du cadrage préalable d'un projet :

- il fournit des informations sur l'environnement, notamment les limitations d'usage liées aux servitudes de protection ;

- il traduit le projet urbain local, notamment à travers le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), en évoquant les principales actions d'aménagement, les actions relatives au traitement de l'espace public ou à l'environnement.

Le Plan d'Occupation des Sols (P.O.S.), prédécesseur du P.L.U., recèle les mêmes informations environnementales et urbanistiques.

En l'absence de P.L.U. ou de P.O.S., la carte communale peut évoquer les implantations d'éoliennes, sans toutefois prévoir de règles particulières.

b) Quels documents consulter à ce stade ?

Différents documents en matière d'aménagement et d'urbanisme fournissent des indications précieuses sur les attentes des autorités et des collectivités locales. Ils permettent généralement d'identifier les travaux envisagés avec lesquels le projet éolien proposé doit être compatible.

Ces documents donnent également des indications sur les orientations et les politiques de protection ou de restauration de la qualité de l'environnement.

c)auprès de qui recueillir ces informations ?

Cette phase de cadrage préalable repose sur une large prise en compte de données sur l'environnement ; son succès s'appuie sur une recherche documentaire et la consultation des organismes compétents en matière d'environnement, comme indiqués dans le tableau suivant (liste non exhaustive) :

Tableau 2 : Les sources d'information

Thème	Documents / informations	Source
Contexte général	- Agenda 21 ¹ , Contrat ATEnEE ² local, PADD, SSCE, SAGE, SDAGE, DTA, ...	- Mairie
	- Schéma régional éolien, atlas départemental, ...	- Préfecture, ADEME, Région, pôle de compétence éolien
Milieu physique	- Risque sismique	- Base de données BRGM
	- Captage eau potable	- DDASS
Milieu naturel	- Zonages et inventaire (ZNIEFF, ZICO, Natura 2000, Réserve naturelle, arrêté de protection de biotope, liste rouge régionale ...)	- DIREN
	- Sensibilité naturaliste	- DIREN, Association naturaliste locale, Conservatoire botanique
	- Boisement, forêt domaniale, réserve biologique	- ONF, DDAF
	- Espace naturel sensible	- Conseil Général (service environnement)
	- Activité cynégétique	- ONCFS, Fédération des Chasseurs
Milieu humain	- PLU, POS, carte communale, SCOT, SDAU, SAR	- Mairie, DDE
	- Document de servitude	- DDE, DRIRE, ANF, GDF, EDF, RTE, TdF, Météo-France,
	- Servitudes et sujétions aéronautiques	- Armée de l'Air, Direction de l'Aviation Civile, DDE
	- Activités de loisir aérien (ULM, Vol Libre, ...)	- Mairie, DDJSS, Fédérations
	- Charte Parc Naturel Régional	- PNR
	- Infrastructures	- SNCF, Société d'autoroute, Conseil Général
	- Plan de Prévention des Risques Naturels et Technologiques, ICPE	- DDE, SDIS, DRIRE
	- Terroir viticole	- INAO
	- Activités agricoles	- Chambre d'agriculture
Paysage et patrimoine	- Sites naturels classés et inscrits, sites emblématiques	- DIREN, SDAP
	- Monuments historiques, sites archéologiques	- SDAP, DRAC

¹ L'Agenda 21 local est un programme d'actions, définissant les objectifs et les moyens de mise en œuvre du développement durable du territoire. Il est élaboré par la mise en cohérence des objectifs de la collectivité et en concertation avec l'ensemble des acteurs socio-économiques.

² Contrat ATEnEE = **A**ctions **T**erritoriales pour l'**E**nvironnement et l'**E**fficacité **E**nergétique. (ADEME-MEDD)

Ces informations (tableau, statistique, cartes, règlements, ...) doivent être complétées par une visite de site pour mieux apprécier les enjeux environnementaux, notamment paysagers et pour rencontrer les acteurs locaux.

POLE DE COMPETENCE EOLIEN

Sur décision préfectorale, une instance regroupant les services de l'Etat en charge des questions éoliennes peut être créée au niveau départemental. Il s'agit d'une instance administrative, lieu d'échanges et de concertation avec les développeurs éoliens.

Selon les besoins et les volontés locales, ce « pôle éolien » peut intervenir seulement dans la phase de cadrage préalable. Mais il peut également intervenir à d'autres stades d'avancée du projet : conclusions des expertises, choix de la variante, finalisation de l'étude d'impact, ...

3.2.4 Définition de l'aire d'étude

A l'issue de cette phase de cadrage préalable, le maître d'ouvrage doit définir les aires d'étude (lointaine, rapprochée, immédiate), avant d'en affiner par la suite l'étendue, en fonction des partis d'aménagement envisagés.

Les limites d'aire d'étude sont définies par l'impact potentiel ayant les répercussions notables les plus lointaines. L'impact visuel est le plus souvent pris en compte pour fixer l'aire d'étude lointaine. Toutefois, ceci n'implique pas d'étudier chacun de ces thèmes avec le même degré de précision sur la totalité de l'aire d'étude.

Ces aires d'études varient en fonction des thématiques à étudier (couloir visuel de grande profondeur, présence d'un élément inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO, couloirs migratoires des oiseaux, présence d'établissements sensibles aux nuisances sonores, ...).

A retenir

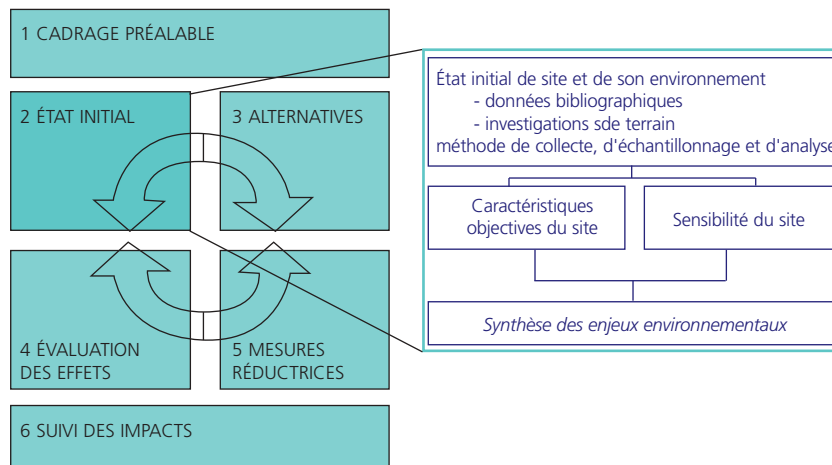
Le cadrage préalable

- Il consiste à identifier les principaux enjeux environnementaux du territoire concerné et à élaborer un cahier des charges approprié de l'étude d'impact. Plus largement, il va permettre de définir les études environnementales à entreprendre.
- Selon le principe de proportionnalité, ce cadrage préalable doit être adapté à l'importance du projet (et à ses spécificités) et à la sensibilité du territoire étudié.

3.3 Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial du site et de son environnement doit fournir des données suffisantes pour identifier, évaluer et hiérarchiser les effets possibles du parc éolien. L'état initial doit décrire de façon précise et détaillée le contexte (lieu, extension géographique, quantification), les caractères spécifiques (aspect remarquable, originalité, rareté) et significatifs (qualité des milieux, niveau de protection) des composantes de l'environnement analysées.

Figure 7 : Les étapes de l'analyse de l'état initial



L'état initial de l'environnement constitue aussi le document de référence pour apprécier les conséquences du projet sur l'environnement et la remise en état du site à la fin de l'exploitation.

3.3.1 Caractéristiques de l'environnement du site

L'analyse de l'état initial du site et de son environnement permet de mettre en évidence les caractéristiques du site, sur la base de données scientifiques et d'observations de terrain par des spécialistes. La mise en œuvre de méthodes reconnues doit être privilégiée.

Ces données doivent être appréciées en terme de tendance d'évolution, pour évaluer la capacité du site à intégrer des changements ou des interventions, sans générer pour autant d'effets inacceptables.

Cet état initial doit permettre de :

- fournir les données bibliographiques, les résultats des investigations de terrain et les méthodes de collecte, d'échantillonnage et d'analyse nécessaires pour définir les valeurs de référence quant à la mesure des indicateurs de l'état local de l'environnement ;
- mettre en perspective ces caractéristiques à l'aide de références locales, nationales, voire internationales pour en apprécier la rareté ou l'abondance. A ce titre, les politiques locales à l'œuvre doivent être prises en compte. Par exemple, l'existence d'une volonté politique de réhabiliter un site dégradé donne à celui-ci

une « valeur » qui doit être prise en compte pour déterminer les enjeux environnementaux.

3.3.2 Méthodes d'étude et d'analyse

Cette analyse de l'état initial doit mobiliser plusieurs types d'outils disponibles :

• Analyse bibliographique :

- Cartes géographiques générales de l'Institut Géographique National (IGN) à différentes échelles, cartes thématiques (végétation, géologie, aéronautique, ...) et photographies aériennes ;
- Documents de base : livres, publications, thèses, rapports d'études, ...
- Recueil d'informations techniques, auprès des constructeurs et de la presse spécialisée ;
- Consultation de bases de données : par exemple, la base de données Mérimée du Ministère de la Culture qui recense les Monuments Historiques ;
- Analyse d'autres études d'impact et des résultats du suivi environnemental de projets déjà en fonctionnement.

• Etudes de terrains :

- Observations de terrains par des spécialistes (faune, flore, paysage, ...) ;
- Prélèvements et mesures sur site (niveau sonore ambiant, qualité des eaux, typologie des sols, reconnaissance du sous-sol, ...) ;
- Rencontre avec la population, les acteurs locaux (élus, responsables professionnels et associatifs) et les administrations.

L'information doit être suffisante pour assurer l'identification et l'évaluation des principaux enjeux, tout en détaillant les plus significatifs et permettre ainsi de fonder une décision. Par ailleurs, une analyse critique de l'information, disponible ou non, doit être effectuée. Il convient d'éviter de fournir des détails sur des aspects mineurs, rendant la lecture longue et difficile. En revanche, des études fines sont indispensables pour les parties les plus sensibles de l'aire d'étude.

Cet état initial de l'environnement peut être présenté en quatre grands chapitres :

- milieu physique,
- milieu naturel,
- milieu humain,
- patrimoine et paysage.

Ce découpage se retrouve dans les autres parties de l'étude d'impact (analyse des effets, mesures réductrices, ...).

3.3.3 Synthèse des enjeux environnementaux

L'appréciation de la sensibilité et de la vulnérabilité du site permet d'identifier ses enjeux environnementaux. Il convient de relativiser les différents enjeux par une évaluation qualitative de leur importance en fonction notamment de leur emprise spatiale et temporelle. Cette évaluation s'appuie sur une présentation claire des critères utilisés.

La synthèse des enjeux peut être présentée sous la forme d'un tableau croisant les caractéristiques de l'aire d'étude avec le niveau de sensibilité, pour hiérarchiser les enjeux environnementaux. Elle peut également être présentée sous forme de documents cartographiques.

A retenir

L'état initial

- L'état initial constitue le document de référence pour caractériser l'environnement et apprécier les conséquences du projet. Il doit permettre d'identifier et de hiérarchiser les enjeux environnementaux de l'aire d'étude.

3.4 Présentation des partis d'aménagement et des variantes

3.4.1 Définition de plusieurs partis d'aménagement et de leurs variantes

Lors de la démarche d'identification du site éolien, plusieurs sites alternatifs sont décrits et comparés, en fonction de critères techniques, économiques et environnementaux. On définit ces différents sites alternatifs comme autant de partis d'aménagement possibles.

Par la suite, la démarche d'étude doit favoriser la définition et l'analyse de variantes de moindre impact sur le site retenu :

- variantes de localisation des éoliennes sur un même site ;
- variantes sur les infrastructures liées au projet : localisation, type de raccordement et tracé du réseau électrique, autres accès pour l'acheminement des éoliennes,...
- variantes techniques : type d'éolienne, fondation, raccordement au réseau, ...

Cette phase d'étude permet d'avoir un regard critique sur le projet, en présentant les différentes pistes explorées au cours de la conception. Elle facilite la compréhension des choix faits par le porteur de projet et la justification de l'alternative retenue. Elle permet enfin, en comparant des partis d'aménagement contrastés, de choisir le meilleur, en mobilisant un petit nombre de données environnementales. Ainsi, cette phase permet de consacrer l'essentiel des moyens sur une zone plus restreinte.

3.4.2 Evaluation des partis d'aménagement et de leurs variantes

Une analyse multicritères permet de synthétiser les différentes possibilités. Dans ce cadre, doivent être retenus :

- **des critères techniques** : potentiel éolien, aménagements nécessaires, raccordements aux réseaux électrique et routier, ... ;
- **des critères environnementaux** : richesse du patrimoine naturel, niveau de rareté, de menace ou de sensibilité des milieux naturels, caractéristiques du paysage, proximité de l'habitat riverain, ... ;
- **des critères socio-économiques** : usages actuels du site, projet de développement local, retombées économiques, ...



Un tableau de synthèse des différents partis d'aménagement et de leurs variantes peut constituer un outil d'aide à la décision en offrant une vision globale.

Sur la base d'une analyse multicritères et après concertation, le maître d'ouvrage hiérarchise les différents impacts et fait ses choix en les argumentant.

La variante retenue n'est pas nécessairement la moins impactante sur l'environnement. En effet, l'ensemble des contraintes techniques, économiques et environnementales doit être pris en compte.

A retenir

Le choix du projet

- Ce chapitre doit expliquer « le pourquoi du projet et comment l'environnement a été pris en compte ». Il doit présenter les différentes alternatives qui ont été étudiées. C'est un chapitre-clé montrant l'articulation entre le volet environnement et les volets techniques et économiques.

Tableau 3 : Exemple de tableau d'analyse multicritères des partis d'aménagement

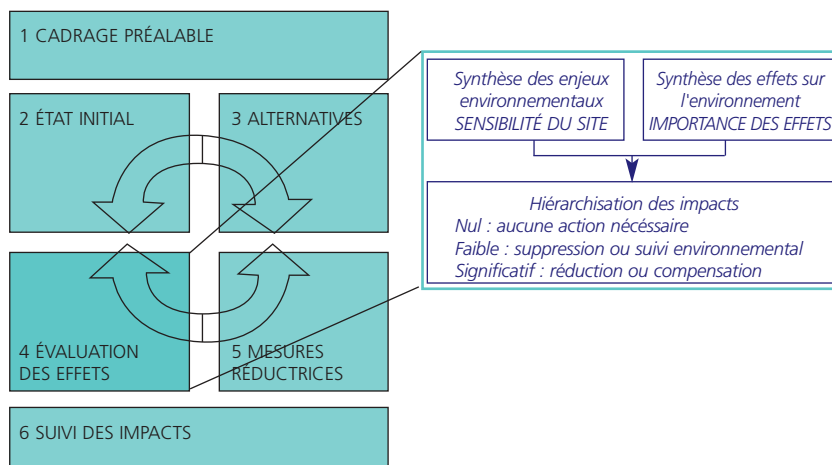
	Partis d'aménagement			
	1	2	3	...
Critères techniques				
Production d'énergie				
Facilité d'accès				
Raccordement au réseau EDF				
Disponibilité foncière				
...				
Appréciation technique				
Critères environnementaux naturels et humains				
Impacts floristiques				
Impacts sur l'avifaune				
Autres impacts sur les milieux naturels				
Impacts sur le patrimoine architectural				
Impacts paysagers				
Proximité de riverains				
...				
Appréciation environnementale				
Critères socio-économiques				
Concurrence avec les usages actuels du site				
Retombées économiques locales				
...				
Appréciation socio-économique				
Appréciation globale				
Rang				

3.5 Evaluation des effets sur l'environnement

Les termes *impact* et *effet* n'ont pas la même signification :

- **l'effet** décrit la conséquence objective du projet sur l'environnement : par exemple, une éolienne émettra un niveau sonore de 36 dB(A) à une distance de 500 mètres ;
- **l'impact** est la transposition de cette conséquence sur une échelle de valeurs : l'impact sonore de l'éolienne sera fort si des riverains se situent à proximité immédiate des éoliennes, il sera faible si les riverains sont éloignés.

Figure 8 : Les étapes de l'évaluation des effets



L'évaluation des effets sur l'environnement doit s'appuyer sur des méthodes et outils permettant la prévision et la détermination de l'importance des différents effets (positifs ou négatifs) en distinguant :

- les effets pendant la construction,
- les effets pendant l'exploitation,
- les effets pendant le démantèlement,
- les effets directs ou indirects,
- les effets temporaires ou permanents,
- et les effets cumulatifs.

3.5.1 Les différents types d'effets

a) Effets directs/ indirects

L'étude d'impact ne doit pas se limiter aux seuls effets directement attribuables aux travaux et aménagements projetés. Elle doit aussi tenir compte des effets indirects, notamment ceux qui résultent d'autres interventions induites par la réalisation des travaux. Ces effets indirects sont généralement différés dans le temps et peuvent être éloignés du lieu d'implantation de l'éolienne.

b) Effets temporaires/ permanents

L'étude doit distinguer les effets selon leur durée. Elle doit traiter aussi bien les effets temporaires, liés à la phase de réalisation des travaux (nuisances de chantier, notamment circulation de camions, bruit, poussière, vibrations, odeurs, pollutions...), que les effets plus durables liés à la cicatrisation plus ou moins bien réussie du site (tassement et compactage, bourrelet cicatriciel, apparition spontanée de plantes adventices non désirées, démolition de muret ou de talus, élagage et/ou abattage d'arbres ou de haies bocagères...).

c) Effets réductibles

Les effets peuvent être réductibles, c'est-à-dire que par des dispositions appropriées l'effet sera limité dans le temps ou dans l'espace.

d) Effets réversibles/irréversibles

Les effets d'un aménagement peuvent être irréversibles, du fait d'une transformation lourde ou de conséquences pouvant s'étendre très loin dans le temps.

e) Effets positifs/négatifs

L'étude doit prendre en compte les impacts négatifs mais également les impacts positifs. Parmi ces derniers, on peut citer les pollutions globales évitées (émission de gaz à effet de serre, production de déchets radioactifs) ou le développement local accompagnant le projet, base de l'aménagement durable du territoire.

f) Effets cumulatifs

Le développement actuel des projets éoliens implique des projets parfois proches les uns des autres ; on doit alors en étudier les effets cumulatifs.

Ces effets sont aussi à appréhender pour les projets réalisés en plusieurs tranches, les projets faisant donc

partie d'une opération plus vaste ou pour lesquels une extension est envisagée. On peut distinguer :

- les effets qui peuvent s'ajouter ;
- les effets cumulatifs liés à l'interaction entre deux projets distincts. C'est par exemple le cas de l'installation d'éoliennes en zone industrielle.

Les effets cumulatifs sont particulièrement à étudier pour le paysage et les écosystèmes : plusieurs sites éoliens implantés dans une même unité de paysage peuvent provoquer une rupture de la continuité paysagère mais, bien conçus, ils peuvent en revanche contribuer à la création d'un « bassin éolien » harmonieux. Pour le milieu naturel, la proximité d'une ligne électrique peut constituer un second obstacle aux déplacements des oiseaux.

g) Effets transfrontaliers

L'environnement d'un projet n'a pas de frontière ; ses effets doivent donc aussi être analysés (décret n°2003-767 du 1^{er} août 2003) sur le territoire des états ou territoires frontaliers (communes, intercommunalités, départements, régions ou pays). C'est particulièrement important lorsque ces projets sont implantés près d'une frontière et que le relief est peu accidenté ou, au contraire, lorsqu'ils sont implantés en position élevée et visibles de loin, depuis un autre pays. Il en va de même pour les impacts sur le milieu naturel ou humain. L'analyse de l'état initial doit en tenir compte : le maître d'ouvrage doit être conscient de l'importance des contacts avec le public et les autorités de l'Etat concerné. Un délai plus long pour l'instruction de ces dossiers doit également être prévu dans le calendrier envisagé.

3.5.2 Identification des effets

Sur la base des éléments du cadrage préalable et de l'état initial, une identification des effets sur l'environnement du parc éolien est réalisée sur le parti d'aménagement retenu. Les effets du projet doivent être analysés pour :


- les travaux préalables ;
- la construction des installations et des équipements connexes ;
- l'exploitation ;
- le démantèlement.

Les tableaux ci-après proposent des éléments, pour chacun des grands thèmes de l'état initial, d'appréciation des principaux effets, ainsi que des méthodes ou moyens pour y arriver.

Comme moyen d'appréciation de ces effets, l'analyse des retours d'expériences et plus généralement les analyses bibliographiques reviennent systématiquement ; de ce fait, elles ne sont pas citées dans le tableau.


De la même manière, les compétences et l'expérience des experts peuvent être mentionnées à chaque fois.

Tableau 4 : Exemples d'effets d'un projet éolien sur le milieu physique




THEME : MILIEU PHYSIQUE			
Sous-thème	Identification des effets du projet	Exemples de méthodes d'évaluation	Sources d'information
Géologie Relief Pédologie	<ul style="list-style-type: none"> - Accentuation des risques d'érosion - Emprise au sol ; perte de terre végétale - Présence de déchets et de remblais (chantier, exploitation) 	- Expertise ou étude spécifique	<ul style="list-style-type: none"> - Carte pédologique - Etude géotechnique BRGM (cartes, études)
Hydrologie Nappe phréatique	<ul style="list-style-type: none"> - Rejets d'hydrocarbures (carburant, huiles...) avec infiltration dans les nappes lors du chantier, de la maintenance ou en cas d'accidents 	- Expertise ou étude spécifique	<ul style="list-style-type: none"> - DDASS - Syndicat des Eaux, Agence de l'eau - Données des constructeurs

Tableau 5 : Exemples d'effets d'un projet éolien sur le milieu naturel



THEME : MILIEU NATUREL			
Sous-thème	Identification des effets du projet	Exemples de méthodes d'évaluation	Sources d'information
Végétation et flore	<ul style="list-style-type: none"> - Atteinte à des stations d'espèces rares, menacées ou protégées (fondations, réseau électrique, chemins d'accès) - Piétinement du site 	- Expertise ou étude spécifique	<ul style="list-style-type: none"> - DIREN, associations de protection de l'environnement, Muséum National d'Histoire Naturel, Conservatoires botaniques nationaux, experts locaux
Faune	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de territoire (nicheurs, hivernants). - Perturbation des déplacements et flux migratoires - Risque de collision avec les éoliennes - Dérangements 	- Expertise ou étude spécifique	<ul style="list-style-type: none"> - DIREN, LPO, associations de protection de l'environnement, experts locaux
Milieux naturels d'intérêt	<ul style="list-style-type: none"> - Perte d'habitats prioritaires - Modification du fonctionnement des écosystèmes 	- Expertise ou étude spécifique	<ul style="list-style-type: none"> - DIREN, associations de protection de l'environnement, experts locaux

Tableau 6 : Exemples d'effets d'un projet éolien sur le paysage et le patrimoine



THEME : PAYSAGE ET PATRIMOINE			
Sous-thème	Identification des effets du projet	Exemples de méthodes d'évaluation	Sources d'information
Paysage	<ul style="list-style-type: none"> - Effets sur l'organisation de l'espace, le fonctionnement du paysage - Rapports avec l'environnement paysager (rural, urbain, industriel, ...) - Rapports avec les éléments du paysage (forêts, cours d'eau, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de photomontages, vidéomontages, cartes de perception, cartes des zones d'influence visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> - DIREN, DRAC, SDAP, CAUE
Patrimoine (monuments, sites, archéologie)	<ul style="list-style-type: none"> - Covisibilité avec monuments ou sites protégés et/ou emblématiques - Proximité de sites archéologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de photomontages, vidéomontages, coupes topographiques 	<ul style="list-style-type: none"> - DIREN, DRAC, SDAP, CAUE - Guides touristiques et autres documents touristiques (Guide bleu, Guide vert, cartes de randonnées pédestres,...)

Tableau 7 : Exemples d'effets d'un projet éolien sur le milieu humain

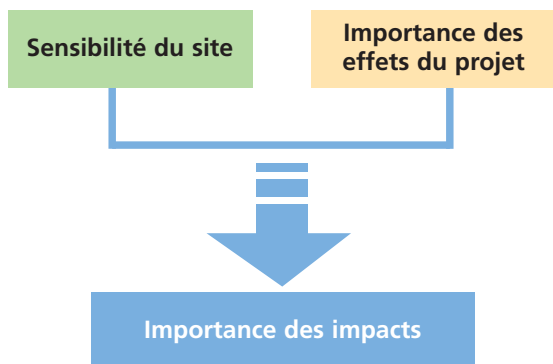
THEME : MILIEU HUMAIN			
Sous-thème	Identification des effets du projet	Exemples de méthodes d'évaluation	Sources d'information
Nuisances de voisinage	<ul style="list-style-type: none"> - Gêne pendant le chantier (circulation des camions, réalisation des tranchées). - Emission sonore des éoliennes et des engins de travaux. - Ombre portée des pales en rotation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation 2D ou 3D 	<ul style="list-style-type: none"> - Données techniques des constructeurs - Dénombrement des habitations - Entretiens avec les élus, les riverains
Impacts économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emploi direct (chantier, entretien et maintenance) et indirect (tourisme, animations). - Retombée fiscale (taxe professionnelle, loyer). - Effet positif (image valorisante, tourisme technique) ou négatif (effet NIMBY). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ratio de la filière éolienne (€/kWh) - Ratio d'autres activités économiques(€/kWh) 	<ul style="list-style-type: none"> - Calculs économiques - Enquêtes d'opinions, sondages - Données des constructeurs - Données DDTE, CCI
Concurrence/compatibilité avec les usages et usagers locaux	<ul style="list-style-type: none"> - Compatibilité avec les servitudes techniques. - Compatibilité avec d'autres activités. - Compatibilité avec les aménagements existants ou futurs (vocation de la zone). 	<ul style="list-style-type: none"> - Expertise ou évaluation des surfaces en concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> - Données des constructeurs - Entretiens avec les élus et acteurs locaux - Documents d'urbanisme
Impacts environnementaux globaux	<ul style="list-style-type: none"> - Emissions de CO₂ évitées. 		<ul style="list-style-type: none"> - Données Ministère de l'Industrie, ADEME
Risques technologiques et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> - Conséquence d'effondrement de la structure, de jet de pales. - Risque lié à la présence de câbles électriques enterrés - Risque d'accidents du travail (chantier, exploitation). - Sécurité des travailleurs pendant le chantier et l'exploitation (travail à grande hauteur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ratio : g de CO₂/kWh - Expertise ou étude spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> - Normes - Données des constructeurs - Statistiques



3.5.3 Appréciation de l'importance des effets

Pour chacun des effets analysés précédemment, une appréciation de leur importance est nécessaire. Différentes méthodologies permettent d'arriver à ce résultat. Elles reposent toutes sur le croisement entre les effets (positifs ou négatifs) liés à l'installation des éoliennes et la sensibilité du milieu. Le principe de cette appréciation peut être illustré par le schéma suivant :

Figure 9 : Importance des impacts



A ce stade, même si le vocabulaire n'est pas toujours retenu, il est souhaitable de parler d'impacts car ils répondent assez bien à la compréhension que les acteurs peuvent avoir des effets localisés sur les différentes composantes de l'environnement.

Certains souhaitent donner à chacun de ces impacts une appréciation quantitative et agréger les résultats pour déterminer un impact global. D'autres privilégient une approche plus qualitative et des modes graphiques de visualisation des résultats.

Ce guide ne privilégie aucune de ces approches. Elles ont toutes leurs avantages, mais aussi certains inconvénients rappelés dans les annexes du guide général concernant l'étude d'impact sur l'environnement (2001).

Une liste non limitative de critères permettant d'apprécier l'importance des impacts est donnée ci-dessous. Quelle que soit la méthode retenue, il convient de tenir compte de l'ensemble de ces critères :

- la réalité de l'impact (au regard des expériences acquises sur des projets similaires et de taille comparable, dans des environnements de qualité semblable) ;

- l'importance de l'impact : quantification, extension spatiale ;
- les conséquences de cet impact : milieux affectés (espèces protégées,...), réversibilité ou non du changement, positif, neutre ou négatif ;
- la durée de l'impact : changement permanent ou temporaire des caractéristiques du site.

Cette appréciation de l'importance des impacts sur toutes les composantes de l'environnement du site permet de comparer les partis d'aménagement et leurs variantes techniques.

Au pied d'une éolienne



SECURITE ET RISQUE TECHNIQUE D'UNE EOLIENNE

Comme tout équipement industriel, les éoliennes induisent un risque technique lié à leur fonctionnement. Si ce risque est reconnu comme globalement très faible, le respect des règles de conception et d'exploitation est un élément essentiel au fonctionnement sûr et fiable des équipements.

Les dispositions actuelles en matière de sécurité des éoliennes font l'objet d'un rapport du Conseil général des Mines, consultable sur www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm

Tableau 8 : Exemple de critères d'analyse de l'importance des effets

CRITERES D'APPRECIATION DE L'IMPORTANCE DES EFFETS
CARACTERISTIQUES DES EFFETS
L'effet est-il de longue durée ? irréversible ? important quantitativement ? Le nombre de personnes touchées est-il « important » ? La probabilité d'occurrence est-elle élevée ? Y a-t-il possibilité d'incidences transfrontalières ?
ENVIRONNEMENT AFFECTE
La zone affectée est-elle de qualité ? La zone affectée est-elle de grande dimension ? La zone affectée est-elle sensible à l'impact ? (existence d'un arrêté de biotope, sites remarquables, covisibilité avec un patrimoine emblématique...) Les personnes affectées sont-elles sensibles à l'impact ? (nuisance sonore, modification de l'attractivité touristique...)
ASPECTS REGLEMENTAIRES ET POLITIQUE LOCALE
Comment la réglementation environnementale a-t-elle été prise en compte ? Comment les orientations d'aménagement du territoire et d'utilisation du sol ont-elles été prises en compte ? (existence de zone naturelle, loi « littoral »,...) Comment les politiques environnementales locales ont-elles été prises en compte ? (Parcs Naturels Régionaux, proximité de Parcs Nationaux, Zone Natura 2000, réserves naturelles, propriétés de Conservatoire du littoral...)
PERCEPTION DU PUBLIC
La population locale est-elle fortement concernée ? La population locale présente t-elle une sensibilité particulière ? (densité de population, proximité d'habitations ou d'établissements de soins...) Comment a-t-elle été associée ? Les élus locaux sont-ils mobilisés ? Quel est leur positionnement ?
INCERTITUDES
L'ampleur ou l'importance des effets sont-ils incertains en raison d'une méconnaissance sur un thème précis ou d'informations non communiquées ? (période d'étude trop courte, aire d'étude mal définie géographiquement, absence de concertation...) Des méthodes ou des moyens sont-ils disponibles pour réduire ou supprimer les incertitudes ? La réduction ou la compensation seront-elles impossibles ou difficiles ?

3.5.4 Effets sur la santé

Depuis la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, codifiée à l'article L.122-3 du code de l'environnement, l'étude d'impact concerne tant les effets du projet sur l'environnement que ceux sur la santé. Celle-ci constitue en réalité un prolongement du

chapitre consacré aux effets du projet sur l'environnement qu'elle traduit en risques pour la santé humaine.

Même si environnement et santé sont étroitement liés, il est préférable d'individualiser cette analyse santé dans un chapitre bien spécifique.

Les parcs éoliens se situent dans une position paradoxale en la matière. D'un côté, le développement de l'énergie éolienne réside avant tout dans ses effets positifs sur la qualité de l'air. En effet, la production d'électricité d'origine renouvelable permet d'éviter l'utilisation de combustibles fossiles responsables de la majorité de la pollution atmosphérique de notre planète. D'un autre côté, à l'échelle locale, un parc éolien peut générer des effets négatifs. Ils concernent avant tout le bruit émis par les éoliennes et les risques d'accident pour les riverains.



L'étude d'impact doit retranscrire cette dualité.

La démarche d'évaluation de ces effets sur la santé doit reprendre la démarche environnementale avec les trois étapes : la définition de l'aire d'étude, l'analyse des effets potentiels sur la santé et les mesures proposées pour réduire les risques sanitaires.

A retenir
Les effets du projet

- L'évaluation environnementale doit prendre en compte les effets directs et indirects, temporaires et permanents, réductibles et non réductibles. Elle doit également analyser les impacts positifs et négatifs, ainsi que les risques d'accident.

3.6 Mesures de suppression, de réduction ou de compensation des impacts

Le parti d'aménagement retenu doit être accompagné de mesures proposées par le maître d'ouvrage pour supprimer, réduire ou compenser les impacts négatifs qui lui sont associés.

3.6.1 Types de mesures

On distingue les mesures de réduction - voire de suppression des impacts - des mesures dites de compensation. Pour des raisons de facilité de lecture, l'ensemble de ces mesures est regroupé dans la suite du texte sous le terme de « mesures réductrices » :

- Les **mesures de réduction** visent à réduire l'impact (diminution ou augmentation du nombre d'éoliennes, modification de l'espacement entre éoliennes, création

d'ouvertures dans la ligne d'éoliennes, éloignement des habitations,...).

- Les **mesures de suppression** permettent d'éviter l'impact dès la conception du projet (ex : changement d'implantation pour éviter un milieu sensible).
- Les **mesures de compensation** visent à permettre de conserver globalement la valeur initiale des milieux (reboisement de parcelles pour maintenir la qualité du boisement lorsque des défrichements sont nécessaires, achat de parcelles pour une gestion du patrimoine naturel, mesures de sauvegarde d'espèces ou de milieux naturels,...).

Pour définir ces mesures, le maître d'ouvrage peut s'appuyer sur :

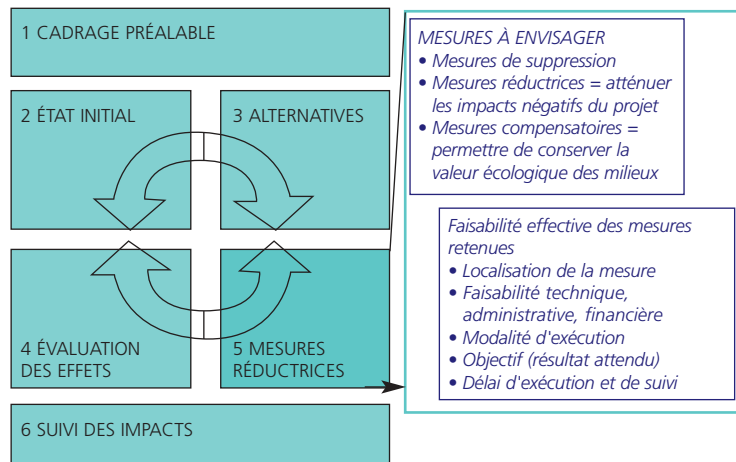
- L'analyse des mesures adoptées sur des projets existants (études de cas) ;
- L'expérience acquise par son entreprise ;
- L'exploitation des données bibliographiques (françaises et étrangères) ;
- Les entretiens avec les partenaires (services administratifs, collectivités locales, associations).

3.6.2 Faisabilité effective des mesures proposées

A chacune de ces mesures, il doit être associé :

- des « objectifs de résultat » : cette formule générale intègre de très nombreuses possibilités détaillées dans les études spécifiques (ex : réduction des chemins à l'emprise initiale, enlèvement ou remodelage des talus techniques...)
- une spécification des moyens (ex : feux à éclats pour balisage aérien, mise en enterré du réseau électrique...)
- le délai et les conditions techniques de leur mise en œuvre ;
- une évaluation de leur coût ;
- le responsable de leur mise en œuvre (s'il est connu).

Figure 10 : Les mesures réductrices





3.6.3 Exemples de mesures pour réduire les impacts de la phase chantier

La liste ci-après est extraite de l'expérience acquise, en France ou à l'étranger, en matière de mesures réductrices des impacts de parcs éoliens (mais pas uniquement).

Ce « catalogue » n'a aucune vocation d'exhaustivité ou d'exemplarité, mais d'aiguilleur d'idées. Ce sont l'analyse de la sensibilité des lieux et de l'importance du projet, et, surtout, l'analyse des effets prévisionnels du projet sur l'environnement qui permettront de déterminer les mesures réductrices adaptées au projet éolien étudié.

Ces exemples de mesures sont regroupés en trois groupes chronologiques : avant, pendant et après le chantier.

a) Avant le chantier

- Cartographie, piquetage ou balisage de positionnement et/ou de protection des stations animales ou végétales à protéger, voire pose de palissades ou de clôtures.
- Transcription dans les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE) des contraintes et prescriptions identifiées dans l'étude d'impact.



b) Pendant le chantier

- Accompagnement du suivi du chantier par un expert environnement (écologue, paysagiste, ...).
- Gestion des terres végétales de surface décapées, sans compactage, pour remise en place sur les emprises, une fois les fondations coulées et les tranchées remblayées.

- Evacuation systématique hors du site des terres inutilisées.
- Evitement de tout mélange de terres pour éviter toute dissémination végétale anarchique.
- Pistes non revêtues à élargir ou à rouvrir : les pistes peuvent être élargies pour faciliter le passage des convois. Mais ces élargissements des emprises ne doivent pas être calculés pour un croisement continu des engins de chantier. Ce croisement doit s'effectuer sur des aires dédiées, préalablement définies pour éviter tout élargissement supplémentaire.
- Réduction de l'emprise (temporaire) des aires de stationnement des grues et du montage des éoliennes ;
- Régularité du terrain et planimétrie excessives des emprises constituent des handicaps pour la ré-insertion des plates-formes dans le paysage.
- Ouverture du terrain pour l'ancrage des bases d'éoliennes de manière à ce que toute fondation affleurante puisse être ultérieurement recouverte de terre et re-colonisée par la végétation spontanée ou ré-utilisée à des fins agricoles.
- Base de chantier : son implantation doit prioritairement s'effectuer dans des zones déjà remaniées afin d'éviter tout risque supplémentaire de pollution et de dégradations du site.
- Clôture de la base chantier ;
- Mise en place de bennes à ordures vers lesquelles sont acheminés tous les gravats et débris issus du chantier. Aucun stock de gravats et autres déchets n'est à tolérer sur le site, hormis les stocks de terre de déblais superficiels gerbés. Les bennes doivent être régulièrement relevées et emportées en décharge contrôlée ;
- Les baraquements éventuels sont à organiser avec un souci de cohérence et de composition. Aucun rejet direct ne peut être toléré (eaux usées de cuisine, toilette ou douche...). Les abris de l'aire de chantier doivent disposer de réservoirs autonomes relevés régulièrement.



c) Après le chantier

- Suite au chantier, une scarification, voire un décompactage plus profond des emprises des plates-formes après montage des éoliennes, est à réaliser avant toute remise en place des terres. Cette mesure

facilite la restauration du site et sa re-colonisation spontanée (en dehors des surfaces destinées à la maintenance).

- Voies d'accès revêtues : Aucune mesure particulière ne peut être édictée pour les sections de routes départementales et nationales empruntées par les futurs convois.

3.6.4 Synthèse des mesures réductrices

Il convient de préciser pour chaque mesure réductrice le résultat attendu et son coût, son délai de mise en œuvre et, pour celles qui ne seront pas réalisées sous maîtrise du bénéficiaire de l'autorisation de construire, l'organisme qui en sera chargé.

Le tableau ci-après est présenté à titre d'exemple.



Figure 11 : Exemple de tableau de synthèse des mesures réductrices

SYNTHESE DES MESURES REDUCTRICES				
Mesure proposée	Résultat attendu	Coût	Délai de mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage
1				
2				
3				
...				

Conduite des études

3

A retenir

Les mesures réductrices

- La démarche d'étude d'impact consiste à privilégier en premier lieu les mesures pour éviter les impacts du projet, puis les mesures pour les réduire et enfin les mesures pour les compenser.
- La faisabilité des mesures proposées doit être exprimée à travers la présentation du résultat attendu, et autant que possible du coût, du délai de mise en œuvre et du maître d'œuvre.

Dans ces cas, un dispositif de suivi peut être proposé au titre des mesures réductrices des impacts. Ce dispositif doit définir :

- le protocole de suivi à mettre en œuvre ;
- les organismes ou experts mandatés pour réaliser les études complémentaires ;
- la manière dont le maître d'ouvrage met en œuvre les mesures réductrices qu'il a proposées et comment il les finance ;
- la réévaluation de ces engagements.

3.7 Suivi, démantèlement et remise en état du site

3.7.1 Suivi environnemental

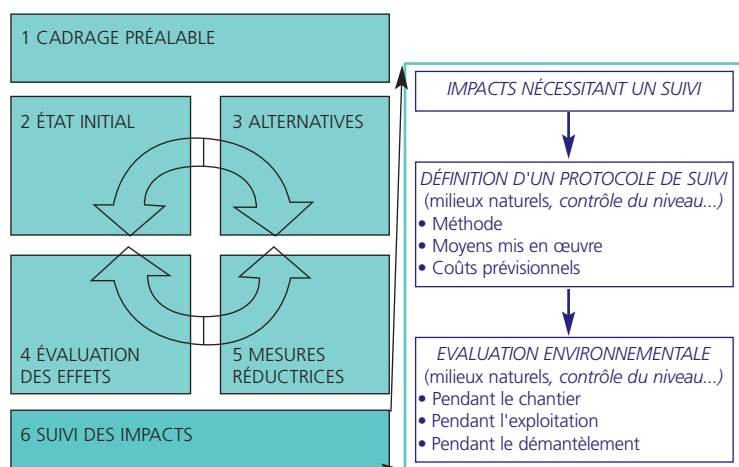
Il n'est pas toujours possible d'évaluer avec exactitude toutes les conséquences de la mise en œuvre du projet sur l'environnement. Dans certains cas, les propositions du maître d'ouvrage ne pourront être validées qu'après l'installation des éoliennes, voire après plusieurs années de fonctionnement (évolution du niveau sonore, comportement et évolution des populations d'oiseaux, ...).

Cette prise en compte de l'environnement peut s'inscrire lors de différentes phases :

- 1) lors de la phase de consultation des entreprises ;
- 2) durant le chantier avec la participation de professionnels de l'environnement ;
- 3) en phase d'exploitation, pour vérifier et affiner la connaissance des impacts et l'efficacité des mesures réductrices.

Dans tous les cas, des clauses environnementales peuvent être introduites dans un « cahier des charges » définissant la conduite du chantier et l'exploitation des installations.

Figure 12 : Les étapes de la définition du suivi des impacts



Ces clauses peuvent être intégrées dans le dossier d'information mis à disposition du public, en application de l'article 147 de la loi n° 2002-276 du 27 février 2002, relative à la démocratie de proximité. Il est en effet prévu que *"lorsqu'une décision d'octroi ou de refus de l'autorisation concernant le projet soumis à étude d'impact a été prise, l'autorité compétente en informe le public et (...) met à disposition (...) les principales mesures destinées à éviter, réduire et si possible compenser les effets négatifs importants du projet"*.

A retenir

Le suivi environnemental

- La prise en compte de l'environnement dans le projet éolien doit se poursuivre au-delà de la remise de l'étude d'impact.
- Elle peut s'inscrire à trois reprises : 1) lors de la phase de consultation des entreprises ; 2) durant le chantier avec la participation de professionnels de l'environnement ; et 3) en phase d'exploitation, pour vérifier et affiner la connaissance des impacts et l'efficacité des mesures réductrices.
- Ces dispositifs de suivi environnemental peuvent faire partie des prescriptions du permis de construire.

3.7.2 Démantèlement des éoliennes et remise en état du site

L'article L553-3 du code de l'environnement précise que l'exploitant d'une éolienne est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site à la fin de l'exploitation.

La phase de démantèlement induit les mêmes types d'impact que la phase de construction avec la présence d'engins de chantier. Cependant, a priori, les impacts liés à la phase de démantèlement devraient être moindres pour plusieurs raisons :

- a) le site éolien présente une sensibilité environnementale moindre qu'avant l'implantation des éoliennes ;
- b) la durée du chantier de démantèlement est logiquement plus courte que celle de montage.

Le démantèlement nécessite le démontage et l'évacuation des superstructures et machines, y compris les fondations et le poste de livraison.

La remise en état consiste à rendre le site éolien apte à retrouver sa destination antérieure. La remise en état des accès et des emplacements des fondations doit faire l'objet d'une analyse détaillée en terme de revégétalisation du site.

Ces opérations de démantèlement et de remise en état doivent donc prendre en compte l'ensemble des équipements qui ont été nécessaires à la mise en place et au fonctionnement des éoliennes, notamment :

- les voies d'accès, les pistes, les aires de stationnement et de travaux ;
- les ouvrages et équipements de sécurité ;
- les fondations de l'éolienne ;
- les lignes et câbles, enterrés ou aériens ;

- tout équipement et aménagement lié à l'exploitation de l'éolienne (installations techniques et d'accueil du public, ...).

La remise en état consiste à réaliser des travaux destinés à effacer les traces de l'exploitation et à favoriser la réinsertion des terrains dans leur site, et plus généralement dans l'environnement. Le retour à la vocation initiale des terrains, dans la mesure du possible -tout particulièrement en milieu rural- est le choix de remise en état qu'il est conseillé de privilégier.

Afin de définir l'état final du site, il convient de s'appuyer sur les données collectées pour l'état initial du site et de son environnement lors de l'étude d'impact, en prenant en compte l'évolution prévisible des milieux et de l'occupation des sols. Il s'agit également de prendre en compte les impacts prévisibles des travaux de démantèlement, et dresser le bilan avantages/inconvénients de l'enlèvement de la totalité ou non des fondations (pouvant constituer une (seconde) phase « traumatisante » pour le milieu naturel).

Lorsque le retour des terrains à leur vocation initiale ne s'avère pas possible, ou souhaitable, l'exploitant doit justifier son choix et proposer un projet de remise en état crédible, prenant en compte, en particulier les points suivants :

- la remise en état doit proposer une nouvelle vocation des terrains qui corresponde à des besoins réels -le plus souvent locaux- que cet espace réhabilité pourra alors satisfaire ;
- l'exploitant doit indiquer clairement le nouvel utilisateur de ces terrains ;
- la crédibilité technique du projet, et son équilibre financier, doivent être démontrés, tant en investissements initiaux qu'en entretien, lorsque celui-ci est nécessaire.

Le projet de remise en état du site doit préciser, à chaque étape, le contenu technique de chaque poste, et évaluer le coût de chaque intervention.

Les résultats du suivi et les bilans périodiques des impacts sur l'environnement de la construction et de l'exploitation du projet permettent de définir les termes de référence de la remise en état du site, si le maître d'ouvrage arrête l'exploitation de l'énergie éolienne.

A retenir

Démantèlement et remise en état du site

- La législation prévoit que l'exploitant d'une éolienne est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site.
- L'étude d'impact doit donc préciser, en se basant sur les données de l'état initial, les conditions techniques de ces opérations en précisant leur coût.

3.8 La présentation du dossier d'étude ou de notice d'impact

3.8.1 Constitution du dossier

L'étude ou la notice d'impact présente la démarche d'évaluation environnementale suivie par le maître d'ouvrage et doit répondre aux critères suivants (selon le Guide sur l'étude d'impact sur l'environnement du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001) :

- Critères stratégiques liés à la planification et la compréhension : le rapport doit être accessible à l'autorité qui aura à prendre la décision, aux parties qui appuient le projet et à celles qui s'y opposent ; il doit également donner des réponses aux personnes publiques ou privées concernées par les impacts du projet, permettre de juger de l'acceptabilité environnementale du projet, apporter à l'autorité décisionnaire les engagements du maître d'ouvrage à respecter l'environnement et mettre en avant les enjeux-clefs nécessaires au débat public.
- Critères structurels impliquant une organisation et une articulation logique des différents éléments du rapport pour en faciliter la lecture : tout en respectant les parties réglementaires, le rédacteur doit présenter les thèmes de l'environnement en rapport avec le projet, sans développer inutilement la description de multiples paramètres sur lesquels le projet n'aura aucun impact ou des impacts très secondaires (principes d'équilibre et de proportionnalité) ;
- Critères rédactionnels liés à la communication des résultats (clarté, lisibilité, écriture et syntaxe).

Pour faciliter l'instruction de cette demande, il est souhaitable de présenter ces résultats sous le titre des rubriques énoncées dans le décret n°77-1141 sur l'étude d'impact, de préférence dans l'ordre de leur énumération dans ce texte.

UN EXEMPLE DE PLAN D'ETUDE D'IMPACT

Résumé non technique
Description du projet
L'état initial de l'environnement
Les raisons du choix du projet
Les effets sur l'environnement de la solution retenue
Les effets sur la santé
Les mesures réductrices associées
Les méthodes utilisées et les difficultés rencontrées

3.8.2 Description du projet

Le chapitre relatif à la description du projet doit renfermer des informations à caractère technique. Elles peuvent être regroupées en une description générale du projet, puis en une description chronologique de la vie du

parc éolien, depuis sa construction, en passant par son fonctionnement, et jusqu'à son démantèlement.

DESCRIPTION GÉNÉRALE

- Présentation générale de l'aire d'étude (fonds de carte 1/100 000^e) ;
- Présentation générale de la zone d'implantation du parc éolien (carte 1/25 000^e) ;
- Site d'implantation proposé et emprise requise ;
- Puissance électrique et production escomptée ;
- Nombre, type, dimensions et situation des éoliennes ;
- Acteurs du projet : maître d'ouvrage, maître d'œuvre ;
- Historique de développement du projet ;
- Planning prévisionnel du projet.

CONSTRUCTION

- Description des méthodes de construction et d'installation des éoliennes : fondations, accès pendant le chantier et pendant l'exploitation, procédure de levage ;
- Description du raccordement au réseau et d'interconnexion des éoliennes : transformateurs, poste de livraison, cheminement des câbles électriques ;
- Autres équipements : mât de mesures, parking, local d'information du public...
- Ressources humaines nécessaires pendant la construction et la réception ;
- Typologie et circulation des engins de chantier, transports de matériaux et circulations ;
- Durée des phases de construction et planning prévisionnel.

EXPLOITATION

- Description de l'exploitation de la centrale ;
- Conditions d'accès au parc éolien ;
- Durée de vie estimée du projet.

DEMANTELEMENT ET REMISE EN ETAT DU SITE

- Description du plan de démantèlement des structures ;
- Description de la remise en état du site.

3.8.3 Le résumé non technique

Afin de faciliter la prise de connaissance et la compréhension par le public des informations contenues dans l'étude d'impact, deux chapitres sont prévus, dont le « résumé non technique ».

Il convient d'apporter un soin tout particulier à la rédaction du résumé non technique.

Le terme « résumé » signifie qu'il s'agit d'un chapitre qui doit être rédigé spécialement et non pas être produit par

accumulation de « copié-collé » de parties de l'étude d'impact.

Ce résumé doit être en outre « non technique » : en ce sens il doit permettre à un public non averti de comprendre immédiatement les enjeux du site, la nature de l'aménagement et les effets du projet présenté. A cet égard, certains éléments caractéristiques de l'étude d'impact peuvent y trouver place (ex : carte de covisibilité, simulations visuelles...).

Il reprend le plan de l'étude (description de l'état initial, caractéristiques du projet, effets sur l'environnement, mesures réductrices, ...) et rappelle les conclusions de chacune des parties de l'étude d'impact.

3.8.4 Analyse des méthodes

Comme le résumé non technique, le chapitre relatif à l'analyse des méthodes a pour objectif de faciliter la compréhension par le public du contenu de l'étude d'impact.

L'analyse des méthodes doit permettre une lecture critique de l'étude d'impact. Elle permet de mettre en évidence la rigueur et la neutralité de l'étude en précisant les préoccupations prises en compte, notamment pour les thèmes qui risqueraient d'être traités de façon subjective (paysage, nuisances sonores...).

Plus généralement, ce chapitre consiste en une description détaillée des méthodes employées pour les investigations relatives à l'état initial du site et de son environnement, la prévision des impacts du projet sur l'environnement, les outils utilisés et l'analyse des difficultés rencontrées.

3.8.5 Noms des auteurs de l'étude ou la notice d'impact

Pour renforcer la crédibilité du dossier aux yeux du public et assurer la transparence de la décision, le maître d'ouvrage doit indiquer la dénomination précise et complète du ou des auteur(s) de l'étude ou de la notice d'impact, qu'il fasse ou non appel à des consultants extérieurs spécialisés en évaluation environnementale.

4. Milieux naturels

L'étude des milieux naturels nécessite des compétences naturalistes et scientifiques spécialisées en écologie. Si l'étude d'impact est réalisée par un bureau d'études généraliste, le renfort d'ingénieurs écologues ou d'organismes compétents est souhaitable pour mener cette partie de l'étude.

4.1 Déroulement général de l'étude écologique

Une étude d'impact de qualité doit procéder à la meilleure définition possible de l'état initial en regard des impacts prévisionnels d'un parc éolien. Pour ce faire, il est indispensable de compléter les données documentaires par des investigations de terrain. Les exigences de la flore (date de floraison) et de la faune (espèces hivernantes, migratrices et nicheuses) nécessitent que ces expertises

de terrain aient lieu pendant les phases appropriées du cycle biologique des espèces.

La durée et la complexité de l'étude dépendent des caractéristiques du site identifiées lors du cadrage préalable (sensibilité particulière, enjeux spécifiques en terme de biodiversité...). Par conséquent, certains inventaires peuvent être facultatifs comme, par exemple, les batraciens sur un site ne présentant aucune zone humide. En revanche, certains thèmes restent fortement recommandés et les périodes de prospection sur le terrain sont alors à respecter impérativement (ces thèmes sont présentés en gras dans le tableau suivant).

Ce schéma phénologique théorique varie en fonction de la région dans laquelle se trouve le site (fortes différences entre le Nord et le Sud de la France, entre la montagne et la plaine) et des conditions météorologiques locales (fortes fluctuations interannuelles possibles).

Figure 13 : Périodes favorables aux inventaires de terrain

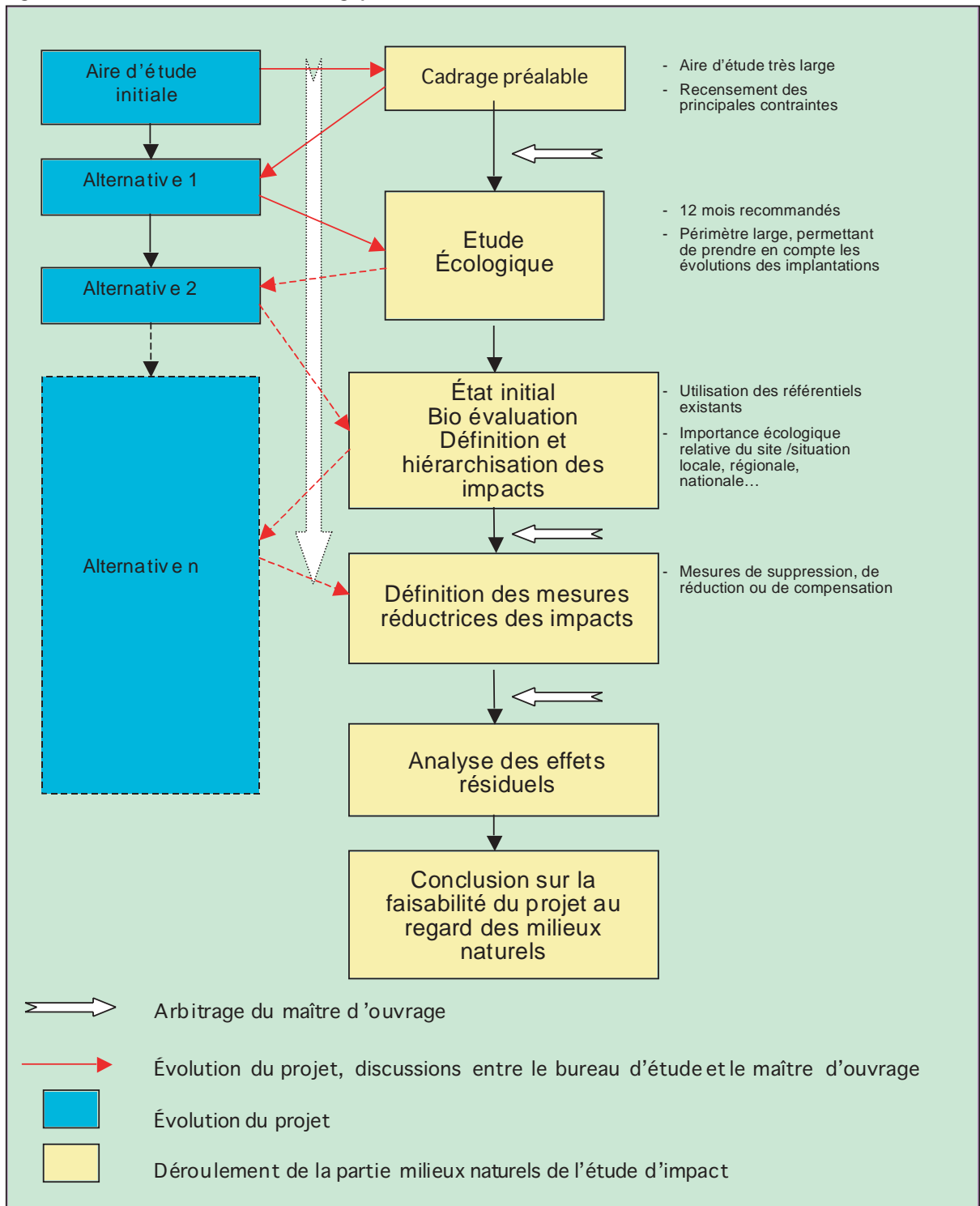
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Flore												
Oiseaux nicheurs												
Oiseaux migrateurs												
Chauves-souris												
Oiseaux hivernants												
Amphibiens												
Reptiles												
Mammifères (autres que Chauves-souris)												
Invertébrés terrestres												

Période favorable
 Période optimale



Le schéma suivant met en avant la démarche à suivre pour la réalisation de l'étude écologique.

Figure 14 : Déroulement de l'étude écologique



4.2 Cadrage préalable

4.2.1 Définition des aires d'étude

La définition de l'aire d'étude est l'une des clefs de la réussite de l'étude écologique. Il convient de considérer l'ensemble de la zone géographique concernée par le projet d'aménagement. Dans le cas des parcs éoliens, les différentes unités écologiques présentes autour du site éolien sont à prendre en compte : zones de chasse de l'avifaune, aires de repos des oiseaux migrateurs, zones de transit de la faune, gîtes de mise bas des chiroptères...

Cette approche est primordiale pour pouvoir établir le fonctionnement écologique du site et de sa dynamique. Une perturbation sur une des unités, même si cette dernière n'est pas directement concernée par l'implantation des éoliennes, peut avoir des conséquences sur l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème local.

Dès lors, on ne parle plus de l'aire d'étude mais des aires d'étude. Les distances au projet de ces aires d'étude restent à définir au cas par cas en fonction des sensibilités et des caractéristiques du site. Elles sont donc indiquées à titre indicatif dans le tableau suivant. Il convient, pour les préciser, d'effectuer une visite de la zone et de se rapprocher des experts naturalistes locaux.

schémas régionaux de l'éolien, chartes départementales de l'éolien, atlas éoliens, ... ;

- *inventaires de terrain* : dans tous les cas, des visites de terrain, menées par des spécialistes, sont souhaitables pour venir compléter et/ou approfondir les informations bibliographiques.

Carte 1 : Exemple d'aires d'étude



Source : GREET

Tableau 9 : Les différentes aires d'études

Aire d'étude	Caractéristiques
Immédiate (< 1 km)	Zone d'implantation même des éoliennes, où l'état initial doit être analysé de manière complète, en dressant en particulier l'inventaire des espèces animales et végétales présentes (mammifères, oiseaux, flore, etc.)
Rapprochée (de 1 à 10 km)	Zone potentiellement affectée par le projet, dont l'amplitude varie en fonction de la localisation et de la valeur des unités écologiques voisines. Au sein de cette aire, doivent être menés des inventaires ciblés sur les espèces protégées ou les habitats les plus sensibles, les zones de concentration de la faune et les principaux noyaux de biodiversité. Des approfondissements particuliers doivent être développés, dès lors qu'une espèce protégée menacée ou un habitat est présent dans ce périmètre.
Lointaine (> 10 km)	Région d'implantation des éoliennes, qui est le support d'une analyse de la fonctionnalité écologique de la zone d'implantation au sein de la dynamique d'un territoire. L'étude de cette aire doit s'inscrire tout particulièrement dans la logique de l'analyse des effets cumulatifs.

4.2.2 Méthodologie

La recherche documentaire permet d'identifier les enjeux écologiques majeurs et les protections existantes (réserve naturelle, arrêté de biotope, ZPS, ZSC, ...). Elle permet également d'orienter les investigations de terrain (définition des aires d'étude, identification des thèmes à étudier et des périodes favorables aux prospections, ...).

La réalisation d'une étude écologique nécessite de prendre en compte de nombreuses sources d'informations :

- *sources bibliographiques* : études relatives au secteur d'étude, études d'impact de projets voisins, atlas de répartition de la faune et de la flore, données de la DIREN, de l'ONF, de l'ONCFS, d'organismes gestionnaires, d'associations naturalistes locales,

A retenir

Le cadrage préalable pour l'étude du milieu naturel

- Sur la base d'un travail bibliographique et des investigations de terrain, les enjeux environnementaux sont identifiés à trois niveaux : l'aire d'étude lointaine, rapprochée et immédiate.

ESPACES NATURELS (INVENTORIES OU PROTEGES) ET PARCS EOLIENS

Le territoire national fait l'objet de multiples protections et inventaires. Certains permettent l'implantation d'éoliennes.

Les Z.N.I.E.F.F.

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique ou Floristique (Z.N.I.E.F.F.) repose sur la richesse des milieux naturels ou la présence d'espèces floristique ou faunistique rares ou menacées. On distingue :

- les Z.N.I.E.F.F. de type I, qui sont des secteurs limités géographiquement ayant une valeur biologique importante ;
- les Z.N.I.E.F.F. de type II, qui regroupent de grands ensembles plus vastes.

Ces zones révèlent la richesse d'un milieu ; mais le zonage en lui-même ne constitue pas une contrainte juridique susceptible d'interdire un aménagement en son sein.

Les Z.I.C.O.

Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux ou Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux (Z.I.C.O.) sont des recensements européens mis en œuvre dans le cadre de la Directive européenne pour la Conservation des oiseaux sauvages. Cet inventaire, sans valeur juridique, recense les espaces indispensables aux espèces d'oiseaux menacés.

Il convient de prendre en compte plus particulièrement les espèces menacées présentes dans ces ZICO.

Les Z.P.S.

Les Zones de Protection Spéciale (Z.P.S.) présentent un intérêt communautaire pour les oiseaux, en fonction de critères définis par la Directive Européenne n°79/409 pour la conservation des oiseaux sauvages et par la Directive n°92/43 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la faune et la flore sauvages. Chaque État s'engage à prendre des mesures pour éviter la détérioration des habitats et la perturbation des oiseaux. Les projets susceptibles d'affecter ces zonages doivent faire l'objet d'une justification très précise, démontrant notamment que les impacts ne sont pas susceptibles de mettre en danger les populations d'oiseaux.

Les Z.S.C.

Les Zones Spéciales de Conservation (Z.S.C.) résultent de la mise en œuvre de la Directive européenne « Habitats » qui prévoit la conservation des habitats naturels et des espèces menacées. Elles concernent des habitats naturels d'intérêt communautaire ou des habitats abritant des espèces d'intérêt communautaire. Les ZSC sont définies par la Directive n°92/43 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la faune et la flore sauvages. Les projets éoliens susceptibles d'affecter ces zonages doivent faire l'objet d'une justification très précise, démontrant notamment que les impacts ne sont pas susceptibles de mettre en danger ces espaces.

L'arrêté de protection de biotope

L'objectif des arrêtés préfectoraux de protection de biotope est la préservation des habitats naturels nécessaires à la survie des espèces végétales et animales menacées. Cet arrêté est pris par le Préfet au niveau départemental et fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. De fait, en application des articles L. 411-1 et suivants du code de l'environnement, aucun projet d'éoliennes ne peut trouver place dans ces périmètres.

Le réseau Natura 2000

La Directive 92/43/CE « Habitats » prévoit la mise en réseau des zones de grand intérêt écologique à l'échelle de l'Europe. Ce réseau Natura 2000, en cours de construction, regroupe des secteurs qui, du fait de leur importance écologique, sont protégés. Il constitue un outil important pour la préservation de la biodiversité en Europe. Il comprend les Z.P.S. et les Z.S.C. Les différents États se sont engagés à prendre les mesures appropriées pour éviter la détérioration de ces milieux.

Figure 15 : les étapes qui conduisent au réseau Natura 2000



Tous les projets susceptibles d'avoir une incidence notable sur un site Natura 2000 font l'objet, en plus de l'étude d'impact, d'une évaluation d'incidences qui examine les conséquences sur ce site. Le maître d'ouvrage doit ainsi fournir une évaluation des incidences dont le contenu est défini à l'article R. 214-36 du code de l'environnement.

Conformément aux articles R. 214-34 et suivants du code rural, les projets d'éoliennes rentrent dans le champ d'application du régime d'évaluation des incidences. L'étude ou la notice d'impact, si elle satisfait aux prescriptions de ce régime d'évaluation, tient lieu de dossier d'évaluation des incidences. Pour des raisons de clarté, l'évaluation des incidences doit faire l'objet d'une partie spécifique dans l'étude d'impact. La circulaire du 5 septembre 2004 précise les modalités d'application de ce régime d'évaluation.

Le document de gestion d'un site Natura 2000 (appelé document d'objectif ou DOCOB) peut aider le pétitionnaire notamment pour l'état des lieux et la définition des mesures de réduction et, le cas échéant, de compensation.

Remarque importante : un projet éolien situé en dehors d'un site Natura 2000, mais susceptible de l'affecter de façon notable, doit, de même, faire l'objet d'une évaluation des incidences.

Le dossier d'évaluation des incidences doit préciser si, malgré les mesures de réduction d'impact, le projet peut affecter de façon notable le site Natura 2000 considéré. Ce dossier doit alors préciser :

- les raisons impératives d'intérêt public qui justifient la réalisation du projet ;
- les raisons pour lesquelles il n'existe pas de solution alternative ;
- les mesures compensatoires prises pour maintenir la cohérence globale du réseau Natura 2000.

Si des mesures compensatoires sont nécessaires, la Commission Européenne en est tenue informée. Dans le cas où le site Natura 2000 abrite un habitat ou une espèce prioritaires, l'avis de la Commission Européenne est requis avant toute autorisation, sauf si le projet doit être réalisé pour des raisons liées à la santé ou à la sécurité publique ou procurer des avantages importants à l'environnement.

Les réserves naturelles

Les réserves naturelles ont pour but la préservation de la faune, de la flore et des milieux naturels qui présentent une

importance particulière. Toute action susceptible de nuire au développement de la flore ou de la faune ou entraînant la dégradation des milieux naturels est interdite ou réglementée. Aucun projet d'éoliennes ne peut trouver place dans ces périmètres (Art. L.332-1 et suivants du code de l'environnement).

Les réserves naturelles nationales sont créées par décret ministériel.

Les réserves naturelles régionales sont créées par délibération du Conseil Régional ou, en cas d'opposition ou de désaccord des propriétaires, par décret en Conseil d'Etat.

Les réserves naturelles de Corse sont créées par délibération de l'Assemblée de Corse ou, en cas d'opposition ou de désaccord des propriétaires, par décret en Conseil d'Etat.

Les Parcs Nationaux

Institués par la loi du 22 juillet 1960, les parcs nationaux ont pour but de protéger des milieux naturels de grande qualité. Leurs zones centrales sont inhabitées ou faiblement peuplées, à l'inverse de la zone périphérique. Une réglementation est édictée pour chaque parc.

Constituant des « sanctuaires », l'implantation d'un parc éolien est interdite dans la zone centrale des sept parcs nationaux français.

En revanche, l'installation d'un parc éolien est éventuellement envisageable dans la zone périphérique. Cette dernière n'est en effet pas réglementée et constitue un domaine de transition entre le monde extérieur et la pleine nature.

Les Parcs Naturels Régionaux (PNR)

L'objectif des PNR est de permettre un développement durable dans des zones au patrimoine naturel et culturel riche, mais fragile. Le Conseil Régional prend l'initiative de leur création en concertation avec les communes concernées. Une charte définit les grandes orientations de gestion du parc.

L'utilisation des énergies renouvelables, et donc de l'éolien, y est souvent encouragée. Certains PNR ont ainsi élaboré des schémas éoliens. Ils peuvent donner leur avis sur les études d'impact des projets sur leur territoire.

Les réserves de chasse et de faune sauvage (arrêté départemental) et les réserves nationales de chasse et de faune sauvage (arrêté ministériel) ont pour but de préserver la quiétude et les habitats du gibier et de la faune sauvage en général. Certaines activités peuvent y être réglementées ou interdites (articles R.222-82 à R.222-92 du code rural – Livre II). Tout projet éolien doit faire l'objet d'une très large consultation entre les partenaires.

Les réserves de chasse

les réserves de chasse et de faune sauvage (arrêté départemental) et les réserves nationales de chasse et de faune sauvage (arrêté ministériel) ont pour but de préserver la quiétude et les habitats du gibier et de la faune sauvage en général. Certaines activités peuvent y être réglementées ou interdites (articles R.222-82 à R.222-92 du code rural – Livre II). Tout projet éolien doit faire l'objet d'une très large consultation entre les partenaires

4.3 Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial se fait à deux niveaux :

- elle porte, d'une part, sur le fonctionnement écologique du site : rôle de chaque espèce, interactions entre espèces, importance de la population au regard des populations locales, régionales, nationales ou européennes ;
- d'autre part, elle prend en compte la réglementation et dresse la liste des habitats et des espèces protégées au niveau départemental, régional, national ou européen et/ou mondial.

Il est à noter que l'analyse de l'état initial n'a pas une vocation d'exhaustivité. En revanche, elle a un rôle de compréhension et d'explication du fonctionnement des écosystèmes, à travers l'analyse spécifique de bio-indicateurs.

4.3.1 Habitats naturels, flore et végétation

Là où les enjeux le justifient (selon les conclusions du cadrage préalable), une étude de la végétation doit être entreprise. S'appuyant sur l'analyse phytosociologique classique, elle vise à mettre en évidence les associations de plantes en liaison avec les facteurs biotiques et abiotiques du milieu. Pour chaque type de milieu rencontré, sont décrits :

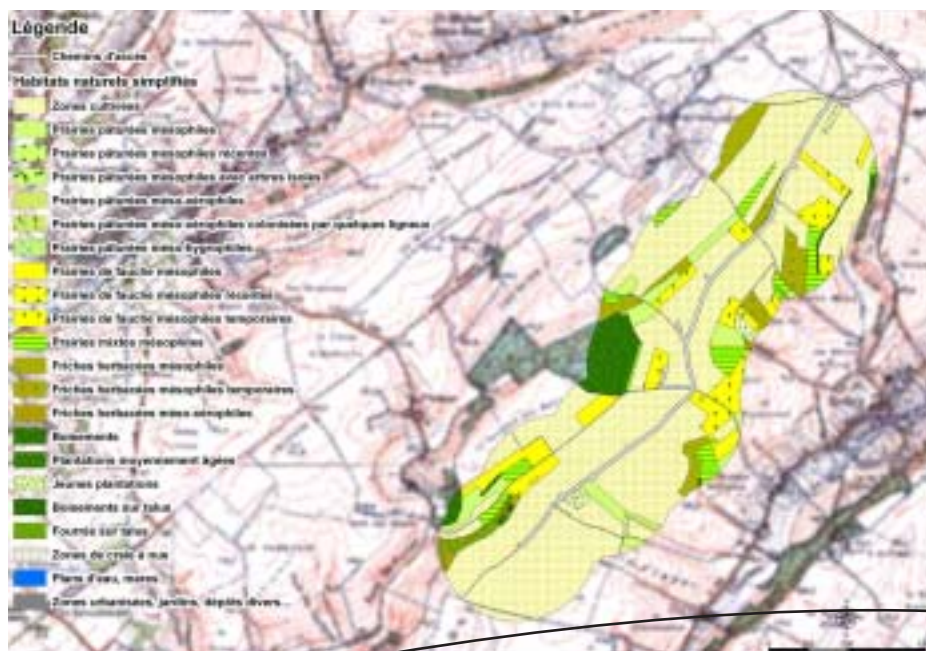
- l'architecture générale de la végétation,
- les taxons structurants (plantes dominantes donnant la physionomie de la végétation),

- les autres taxons indicateurs,
- la qualité écologique globale,
- la nomenclature phytosociologique (association, alliance ou complexe d'habitats).

a) Habitats naturels

Les différents habitats naturels rencontrés au cours des prospections font l'objet d'un descriptif sommaire. Ils peuvent être regroupés en complexes de végétation et doivent représenter le plus fidèlement possible les diverses situations observées sur le terrain. Les correspondances des habitats naturels avec la nomenclature européenne Corine

Carte 2 : Exemple de cartographie des milieux naturels



Biotope sont réalisées. La transcription en codes Natura 2000 est précisée pour chacun d'entre eux, afin de déterminer les habitats d'intérêt communautaire et leur localisation.

La caractérisation puis la cartographie des habitats naturels sont des éléments essentiels du diagnostic écologique. C'est sur cette cartographie que s'appuiera un grand nombre d'analyses au cours de l'étude. Selon la complexité des milieux, sa précision est plus ou moins fine. Dans le cas d'espaces naturels banals, les habitats sont regroupés en complexes de végétation, comme dans l'exemple suivant.

Talus



b) Flore et végétation

Pour la flore, il convient d'établir une liste des taxons végétaux recensés lors des inventaires dans l'aire d'étude. Pour chacun d'entre eux, il est nécessaire de préciser leurs statuts de protection, de rareté et de menace aux niveaux départemental, régional, national européen et/ou mondial.

Les stations d'espèces végétales protégées et /ou de fort intérêt patrimonial sont ensuite localisées précisément.

Les différentes espèces de la flore du site doivent faire l'objet de relevés par unité écologique. Selon la complexité des milieux, des inventaires au sein de quadrats, dont la surface varie en fonction des différents types d'habitats naturels, peuvent être menés.

Les résultats obtenus grâce à cette méthode standardisée peuvent notamment servir de base de comparaison avec la flore inventoriée après l'implantation des éoliennes.

Dans le cas de sites sensibles, il peut également être intéressant de réaliser des transects, en notant toutes les espèces présentes le long d'un parcours traversant la zone d'implantation des éoliennes.

L'impact des éoliennes sur la flore étant défini géographiquement, on peut, une fois le diagnostic

général effectué, cartographier précisément les espèces remarquables, c'est-à-dire :

- les espèces végétales protégées aux échelles départementale, régionale, nationale ou européenne ;
- les espèces végétales possédant des statuts de rareté et/ou de menace élevée aux niveaux régionaux ou nationaux ;
- les formations végétales rares ou protégées.

4.3.2 Faune

Coteau calcaire



Garrigue méditerranéenne



Comme pour toute étude d'impact, il convient d'identifier et d'étudier les groupes selon le risque potentiel auquel le projet les expose et de porter une attention particulière aux espèces protégées. L'identification d'une problématique spécifique conduit à approfondir les études sur ce point, notamment lorsque l'inventaire met en évidence la présence d'une espèce patrimoniale. La démarche à suivre comprend donc deux temps :

- 1- Identifier, quantifier et hiérarchiser les espèces,
- 2- Approfondir l'étude pour certaines espèces, en fonction du milieu rencontré.

Pour les projets éoliens, les relevés et l'analyse visant à caractériser les aires d'études concernent généralement les oiseaux, faune pour laquelle le plus d'impacts potentiels a été identifié.

Par ailleurs, ce choix s'appuie aussi sur :

- la possibilité, la rapidité et la facilité de collecte de données standardisées ;
- l'échelle spatiale d'utilisation du milieu compatible avec la problématique de l'étude ;
- l'existence fréquente d'un référentiel de bio-évaluation à l'échelle régionale.

Le choix de l'avifaune comme principal bio-indicateur est justifié par le fait que les oiseaux intègrent les différents



maillons des systèmes naturels, aussi bien en amont (milieu, habitat, ...) qu'en aval (prédateurs, proies, ...) et sont donc de bons indicateurs des écosystèmes.

Les prospections de terrain doivent être étalées dans le temps (sur un cycle biologique complet, sauf si le cadrage préalable a conclu sur des exigences moindres), de manière à appréhender les oiseaux nicheurs, les stationnements d'hivernants et les passages des migrateurs. Elles doivent permettre de caractériser les milieux fréquentés.

Dans le groupe des mammifères, des études récentes montrent que les chauves-souris présenteraient une diversité et une sensibilité plus fortes vis-à-vis des projets éoliens. Dès qu'un enjeu est identifié, notamment par la présence de gîtes ou d'habitats utilisés par les chiroptères, des investigations plus poussées sont à conduire.

La batrachofaune (amphibiens) et l'herpétofaune (reptiles) ne servent généralement pas de bio-indicateurs dans le cadre de projets éoliens. Ils peuvent cependant faire l'objet de prospections si le site projeté concerne des secteurs favorables (zones humides, mares, étangs...) pour permettre d'évaluer les impacts induits ou indirects.

Si un milieu aquatique est inclus dans l'aire d'étude immédiate, des compléments d'expertise sur les espèces qui y sont inféodées (poissons, batraciens, invertébrés...) peuvent être justifiés.

Il en est de même pour d'autres habitats comme certaines forêts anciennes pouvant accueillir des espèces de coléoptères (invertébrés terrestres) protégées, ou bien la présence de plantes hôtes pour des papillons protégés...

D'une problématique spécifique identifiée doit découler un approfondissement marqué sur certaines espèces, comme par exemple la présence d'une espèce sensible

(rapaces, chiroptères...), en fonction des habitats présents dans l'aire d'étude.

Dans tous les cas, l'analyse des habitats naturels est importante en vue de la conservation des espèces animales.

Par la suite, des méthodes de recensement de certaines espèces sont proposées. Il convient de leur adapter en fonction du terrain et des espèces potentiellement présentes.

a) Les oiseaux

En raison de sa mobilité et de son ubiquité, l'avifaune est l'un des groupes les plus sensibles aux effets de l'installation d'un parc éolien. En effet, les principaux impacts sur les oiseaux sont de trois types : une perte d'habitat, une mortalité directe et un dérangement. Mais ces impacts varient grandement en fonction des milieux et des espèces concernées, ainsi que de la densité, l'agencement et la typologie des éoliennes installées.

C'est pourquoi, une attention toute particulière doit donc accompagner les recensements des oiseaux durant, si nécessaire, tout un cycle biologique. Il est également nécessaire de prendre en compte non seulement les zones de repos, de nourrissage et de reproduction des diverses espèces locales, mais aussi les déplacements liés à ces activités.

L'étude avifaunistique préalable à l'implantation d'un parc éolien s'intéresse ainsi :

- d'une part, aux populations d'espèces d'oiseaux présentes ou utilisant le site ;
- d'autre part, au comportement de ces oiseaux et en particulier à leurs voies de déplacement.

Dans l'optique d'un éventuel suivi post-implantation, mais également dans un souci d'harmonisation et de comparaison, il convient de privilégier les méthodes de recensement standardisées.

Le choix du protocole d'inventaire est déterminant sur les résultats obtenus. Les méthodes d'étude standardisées sont de deux types :

Les méthodes absolues (ex : les plans quadrillés ou quadrats) sont les plus « fiables ». Elles nécessitent un investissement important en temps qui ne se justifie qu'en présence d'espèces rares ou protégées ou de milieux remarquables.

Les méthodes relatives (ex : les IKA – Indice Kilométrique d'Abondance – ou les IPA - Indice Ponctuel d'Abondance) apportent des résultats standardisés, donc comparables dans l'espace et dans le temps, mais avec une période d'investigation plus réduite. Ces méthodes sont à privilégier car elles sont plus simples à mettre en place et plus adaptées à la problématique éolienne.

- Avifaune nicheuse

Pour l'avifaune nicheuse, la technique des I.P.A. semble particulièrement adaptée. Elle consiste en un recensement ponctuel des oiseaux vus ou entendus en un point donné et pendant une durée définie. La



répartition des points d'écoute doit être sélectionnée en fonction de la zone d'implantation possible des éoliennes : points à l'intérieur, en bordure et à l'extérieur de la zone. Cette sélection est essentielle en vue de

l'interprétation des expertises post-implantations.

La méthodologie S.T.O.C. E.P.S. (Suivi Temporel des Oiseaux Communs – Echantillon Ponctuel Simple) est dérivée de la méthode des I.P.A. Elle permet de mettre en relation les oiseaux nicheurs avec les habitats naturels et de comparer les résultats obtenus avec l'ensemble de la France et de l'Europe.

Pour obtenir des informations précises sur la densité d'oiseaux nicheurs d'un secteur (de garrigue, par exemple), on peut également utiliser la technique des « plans quadrillés ». Cette méthode consiste à parcourir, tout au long de la saison de reproduction, un terrain de quelques dizaines d'hectares et de cartographier de manière très précise tous les contacts avec les oiseaux. Une synthèse des contacts obtenus lors des différentes visites permet d'apprécier la densité d'oiseaux nicheurs dans la zone considérée.

- Avifaune migratrice

L'observation directe de la migration est le principal moyen de qualifier le phénomène migratoire au sein de l'aire d'étude immédiate. La caractérisation des axes de déplacement, des altitudes et la composition des vols permettent d'identifier les enjeux. Ce type d'observations doit être systématiquement mené lors des prospections de terrain durant les périodes favorables (février à mai pour la migration pré-nuptiale, août à novembre pour la migration post-nuptiale).

L'appréhension du phénomène de la migration est relativement complexe, surtout à l'échelle d'une superficie réduite. Une multitude de facteurs peut biaiser les résultats (conditions météorologiques, relief, dérangements...). C'est pourquoi il ne s'agit pas de viser un suivi exhaustif (trop lourd), mais d'appréhender le fonctionnement local de la migration sur quelques journées-test de suivi. Il est donc souhaitable de mener les observations dans des conditions météorologiques variables et, surtout, correspondant à un risque potentiel pour l'avifaune (direction et vitesse du vent).

La fiche de suivi terrain peut se présenter ainsi :

Les trajectoires peuvent aussi être retranscrites sur une carte au 1/25 000^e, l'objectif étant d'identifier des micro-voies et/ou des zones d'ascendance.

Ces méthodes de recensement classiques, basées sur la détection directe, ne sont pas adaptées à l'étude de la migration nocturne. Depuis quelques années, des observations de nuit et/ou à haute altitude, sur terre ou sur mer, ont été rendues possibles grâce à des radars. Mais, selon le principe de proportionnalité, ce type de suivi ne se justifie que pour les projets dont l'enjeu pour l'avifaune migratrice ou pour les déplacements locaux est important.



EXEMPLE : LE SUIVI DE LA MIGRATION DES OISEAUX PAR RADAR

Dès le début du développement des radars, les ornithologues ont cherché à observer les déplacements d'oiseaux, particulièrement lors des passages migratoires. EASTWOOD a synthétisé en 1967 les résultats des suivis de la migration à l'aide de radars, ouvrant ainsi la porte à un nouveau champ de recherche.

Différentes informations peuvent être obtenues, notamment sur les migrations nocturnes :

- localisation des mouvements ;
- quantification du flux d'oiseaux migrants ;
- stratification de la hauteur de vol des oiseaux ;
- direction principale des mouvements migratoires.

Ainsi, le radar peut servir à identifier les couloirs de déplacement nocturne de canards ou limicoles entre un estuaire et des zones de polders.

Actuellement, en France, un programme de suivi de la migration par radar a été lancé par l'ADEME, à titre expérimental.

Tableau 10 : Exemple de fiche de suivi de terrain

Observation N°	Heure	Espèces	Nombre	Statut M : Migrateur N : Nicheur Lo : Local	Secteur de passage (Codes)	Hauteur de vol 1 ras du sol 2 niveau éoliennes 3 au-dessus des éoliennes 4 très haut	Type Petit Rapace Grand Rapaces Passereau Autre...

QUELQUES TRAITS CARACTÉRISTIQUES DE LA MIGRATION DES OISEAUX

L'étude de la migration des oiseaux est un vaste champ d'études qui reste encore, pour partie, inconnu. Le développement des suivis migratoires et du baguage des oiseaux a permis de connaître quelques caractéristiques du phénomène migratoire. On peut les résumer ainsi :

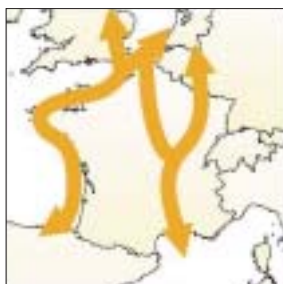
- la plupart des oiseaux terrestres migrent la nuit, spécialement dans les heures qui suivent le coucher du soleil ;
- la plupart des rapaces migrent le jour ;
- les oiseaux d'eau migrent de jour ou de nuit, les espèces côtières débutent la migration en fin d'après-midi ;
- les migrateurs préfèrent voler avec un vent arrière ou un léger vent de face ;
- généralement, les migrations nocturnes de passereaux se font à haute altitude à partir de 400 – 500 mètres (bien au-dessus des futures éoliennes) ;
- le risque de collision pour les migrateurs est principalement lié aux phases de décollage et d'atterrissage ; ce risque peut également être le résultat d'un phénomène d'attraction lumineuse, spécialement quand des conditions de visibilité

réduite ou des forts vents de face forcent les migrateurs à voler à basse altitude. La hauteur de vol est également réduite lors des franchissements de crêtes ;

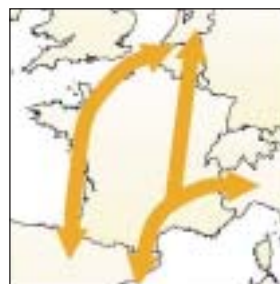
- les migrations diurnes sont souvent concentrées le long d'éléments linéaires comme des lignes de côtes ou des vallées, sauf lors du franchissement des montagnes ;
- beaucoup de comportements diurnes et nocturnes sont similaires ;
- les haltes migratoires peuvent amener les migrateurs à hauteur des éoliennes pendant les phases d'ascension et de descente, spécialement les espèces qui gagnent ou perdent de l'altitude petit à petit (cygnes...) ;
- les passages au-dessus des terres se font sur un large front, bien que les zones de détroits (Cap Gris-Nez, Gibraltar, Bosphore, etc...) et les cols des zones montagneuses concentrent les flux de migrateurs.

Source : LANGSON & PULLAN, 2002

Carte 4 : Principaux axes de migration de quelques oiseaux en France



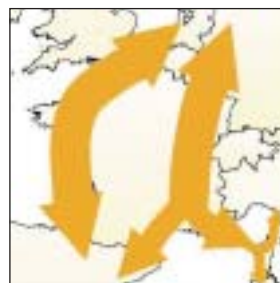
Oiseaux d'eau



Rapaces diurnes



Grue cendrée



Passereaux

Source : EED

- Avifaune hivernante

Ce type de suivi n'est pas obligatoire ; il dépend de la situation du site éolien par rapport aux zones d'hivernage connues (zones humides, dortoirs...). L'intensité de ce suivi varie également. Il est conseillé de réaliser les investigations au cœur de la période (décembre et janvier).

Pour suivre les espèces hivernantes, l'observation directe à partir de points stratégiques est conseillée. L'objectif consiste à identifier les espèces présentes et à évaluer la densité de fréquentation et l'utilisation de l'aire d'étude par ces espèces.

- Conclusions sur l'avifaune

Il convient de réaliser l'étude avifaunistique sur un cycle annuel (sauf conclusion contraire lors du cadrage

approfondies sont à réaliser au sein des aires d'étude rapprochée et lointaine pour apprécier les aires vitales, le territoire de chasse des rapaces, les zones de gagnage et les reposoirs des canards et limicoles,

Le périmètre de prospection peut être élargi ou restreint, selon les caractéristiques des milieux. Par exemple, la zone d'étude peut être étendue pour prendre en compte les territoires de chasse de rapaces nicheurs. Pour cela, le recours aux bases de données et aux connaissances de terrain de certaines associations locales peut être une aide précieuse (gain de temps, de coût et meilleurs résultats).

b) Les mammifères

Les connaissances actuelles montrent que, parmi les mammifères, les chauves-souris sont les plus sensibles à l'installation d'un parc éolien. Malgré tout, les données d'impacts observés sont réduites.

Le tableau ci-contre présente, selon les connaissances actuelles, des espèces à priori sensibles qu'il s'agit plus particulièrement de prendre en compte.

Le recensement des chauves-souris nécessite des compétences spécifiques et très qualifiées. Les DIREN peuvent fournir la liste des experts compétents localement.

Les chauves-souris peuvent être recensées à plusieurs stades de leur cycle biologique :

- durant la phase d'hibernation, dans les gîtes d'hiver ;
- durant la période de reproduction, directement dans les colonies de mise bas ;
- durant leurs activités printanière et estivale, par contacts directs. Cette méthode de recensement consiste en la détection et la détermination des espèces de nuit, à l'aide d'un détecteur d'ultrasons. Les points d'écoute sont répartis dans les unités écologiques fonctionnelles de l'aire d'étude. Les espèces sont contactées en chasse ou en déplacements (locaux ou migratoires).

Des données plus détaillées concernant l'état des connaissances et des interrogations des effets des éoliennes sur les chauves-souris sont présentées en Annexe 2.

Le recensement des autres Mammifères doit être mené sur l'ensemble des unités écologiques affectées par le projet. Plusieurs méthodes sont possibles.

La première consiste en une synthèse des connaissances, établie par l'interrogation des personnes et organismes compétents localement.

Un parcours/échantillon peut également être réalisé à toutes les saisons. L'ensemble des contacts avec les macro-mammifères terrestres est alors cartographié. Les espèces classées comme gibier (lapin, lièvre, chevreuil, sanglier...) sont également étudiées et leur intérêt cynégétique est évalué. L'interrogation des fédérations de chasse est alors conseillée.

Tableau 11 : Espèces de chauve-souris sensibles aux éoliennes

		Mortalité observée en Europe (hors France)	Espèces les plus à risque (France)
Grand murin (<i>Myotis myotis</i>)	X		
Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	X	x	
Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	X	x	
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	X	x	
Sérotine de Nilsson (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	X		
Sérotine bicolore (<i>Vespertilio murinus</i>)	X		
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)		X	
Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)	X		
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	X		
Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)		X	x
Vespère de Savi (<i>Hypsugo savii</i>)	X	x	
Molosse de Cestoni	x		
Minioptère de Schreibers	x		

Source : SFEPM, 2004

préalable) et de définir des aires d'études permettant de prendre en compte les dynamiques locales.

La prospection détaillée est à réaliser dans l'aire d'étude immédiate. Des prospections moins

A retenir

L'étude avifaunistique

- L'étude avifaunistique préalable à un projet éolien doit porter sur un cycle annuel (sauf conclusion contraire présentée lors du cadrage préalable).
- Elle doit concerner tant les espèces fréquentant le site éolien que leur utilisation du site. Les investigations doivent être approfondies pour les espèces rares ou patrimoniales.
- Les oiseaux migrateurs, nicheurs et hivernants doivent être étudiés selon des méthodes appropriées.



c) Les amphibiens et reptiles

Des expertises sur les amphibiens ou les reptiles sont à entreprendre, a priori de façon exceptionnelle, selon la sensibilité du site identifiée lors du cadrage préalable.

La recherche des amphibiens doit se faire préférentiellement durant la phase aquatique de leur cycle biologique, soit généralement entre février et mai-juin. Les prospections doivent être conduites dans les plans d'eau et les zones humides en recherchant toutes les phases du développement des amphibiens : œufs, larves, adultes. Si le secteur est favorable, des séances d'écoute des chants peuvent être menées de nuit, au printemps ou en été, selon les espèces. Les passages de migration doivent également être notés. Il s'agit d'identifier les espèces présentes, de déterminer les populations et les habitats qu'elles fréquentent ainsi que leurs voies de déplacement.

Pour les reptiles, les recherches doivent être menées dans les secteurs favorables, qui sont variables selon les espèces (milieux secs et ensoleillés pour les lézards, zones humides ou coteaux secs pour certains serpents...).

4.3.3 La représentation cartographique

La représentation cartographique des éléments décrits est absolument nécessaire à la compréhension globale des milieux naturels.

L'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (S.I.G.) multiplie les possibilités de représentation et d'analyse des différents facteurs. Si le nombre et le type de cartes ne sont pas imposés, certaines représentations sont indispensables. Parmi celles-ci, on peut citer :

- les périmètres d'inventaires et réglementaires (zonages Z.N.I.E.F.F., ...)
- la cartographie simplifiée des habitats naturels ;
- la localisation des espèces végétales protégées ou remarquables ;
- la localisation des espèces animales remarquables, notamment les espèces d'oiseaux et de chiroptères remarquables (espèces de la liste rouge nationale, de

l'annexe I de la Directive « Oiseaux », de l'annexe II de la Directive « Habitats »...)

- le fonctionnement écologique de l'aire d'étude (voies de déplacement, corridors, barrières, comportement des oiseaux sur la zone, etc).

La prise en compte du fonctionnement écologique global de l'aire d'étude rapprochée est importante. En effet, la détérioration des écosystèmes et la rupture des liaisons entre les différentes composantes du site constituent des impacts susceptibles d'être générés par un projet éolien.

Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte les axes de déplacement de la faune et d'établir une cartographie synthétique présentant ces voies ainsi que les différents cœurs d'habitats (boisements, zones humides) au sein de la matrice paysagère. Il s'agit d'identifier les rôles des différents habitats (reproduction, alimentation, repos...) et des connexions biologiques existantes entre eux.

Carte 5 : Exemple de connexion biologique entre deux zones humides



Source : GREET

A retenir

L'état initial des milieux naturels

- Les habitats et les espèces végétales doivent être étudiés de façon approfondie, si des enjeux environnementaux ont été identifiés lors du cadrage préalable.
- Les expertises naturalistes (avifaune et chiroptères) doivent porter sur un cycle biologique complet, dont la pertinence et l'acuité auront été définies lors du cadrage préalable.
- Les investigations doivent suivre des protocoles standardisés.

4.4 Analyse des effets

4.4.1 Les référentiels

Cette partie consiste à évaluer les effets du projet éolien sur le milieu naturel (végétation, flore, faune, écologie). Il existe plusieurs moyens d'approcher la valeur patrimoniale des milieux naturels et de leurs composantes biologiques :

- listes d'espèces protégées aux échelles européenne, nationale, régionale, voire départementale;
- listes rouges d'espèces menacées aux échelles mondiale, nationale, voire régionale ;
- degrés de rareté des espèces ou des habitats aux échelles mondiale, européenne, nationale, régionale ou locale ;
- espèces situées en limite de leur aire de répartition ;
- espèces indispensables au bon fonctionnement de l'écosystème local ;
- espèces présentant une valeur anthropocentrique par leur utilisation traditionnelle, agricole, ou des qualités esthétiques, récréatives, voire marchandes ;

- espèces sensibles à l'éolien, mentionnées dans la bibliographie (Annexe 7).

La simple énumération de ces différents critères montre que leur degré d'objectivité est variable et que leur utilisation nécessite la présence d'instruments de mesures (référentiels), c'est à dire de données récentes, complètes et fiables.

Pour la bioévaluation de la faune, de nombreux ouvrages de référence ont été publiés et peuvent servir de base (voir liste en Annexe 7).

Certaines régions se sont dotées de listes d'espèces protégées et de listes rouges des espèces menacées. Ces listes sont disponibles auprès des DIREN.

Les principales directives et conventions internationales à prendre en compte sont les suivantes :

- Convention de Berne du 19 septembre 1979 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe (JORF du 28 août 1990),

Tableau 12 : Exemple de référentiels de la flore et de la végétation

		Exemples de référentiels
Habitats naturels	- Bioévaluation	- Z.N.I.E.F.F.
	- Interprétation légale	- Directive « Habitats » (92/43 CEE), annexe I - Convention RAMSAR
Flore	- Bioévaluation	- Listes rouges régionale ou nationale des espèces menacées, statuts de rareté régionaux
	- Interprétation légale	- Liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire (arrêtés du 15 septembre 1982 et du 31 août 1995) - Liste des espèces végétales protégées au niveau régional et départemental - Directive « Habitats » (92/43 CEE), annexe II et IV - Convention de Berne - Convention CITES

Tableau 13 : Exemple de référentiels de la faune

		Exemples de référentiels
Oiseaux	- Bioévaluation	- Listes rouges régionale, nationale, européenne ou mondiale des espèces menacées
	- Interprétation légale	- Liste des espèces d'oiseaux protégées sur l'ensemble du territoire (arrêté du 17 avril 1981 modifié) - Directive « Oiseaux » (79/409/CEE), annexe I - Conventions de Berne et de Bonn
Mammifères	- Bioévaluation	- Listes rouges régionale, nationale, européenne ou mondiale des espèces menacées
	- Interprétation légale	- Liste des espèces de mammifères protégées sur l'ensemble du territoire (arrêtés du 17 avril 1981) - Liste départementale des espèces considérées comme nuisibles - Directive « Habitats » (92/43 CEE)
Amphibiens - reptiles	- Bioévaluation	- Listes rouges régionale, nationale, européenne ou mondiale des espèces menacées
	- Interprétation légale	- Liste des espèces d'amphibiens et de reptiles protégées sur l'ensemble du territoire (arrêté du 22 juillet 1993) - Directive « Habitats » (92/43 CEE)
Insectes	- Bioévaluation	- Listes rouges régionale ou nationale des espèces menacées
	- Interprétation légale	- Liste des espèces d'insectes protégées sur l'ensemble du territoire (arrêté du 22 juillet 1993) ou au niveau régional - Directive « Habitats » (92/43 CEE)

- Convention de Bonn du 23 juin 1979 relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (JORF du 30 octobre 1990),
- Arrêté du 29 mars 1988 fixant les modalités d'application de la convention internationale des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES),

Les impacts varient selon le degré de sensibilité du site choisi, mais aussi selon les espèces, les milieux, les infrastructures aériennes existantes, la topographie, les conditions météorologiques, ...

De façon plus globale encore, les menaces qui pèsent sur les oiseaux ne viennent pas, ou très peu, des éoliennes, même dans les pays pionniers en éolien (cf. tableau 15).

Tableau 14 : Exemples d'impacts sur le milieu naturel

Type d'impact	Exemples d'impact
Impacts directs	- Décapage de la zone de travaux - Modifications des chemins d'accès et destruction de talus
Impacts indirects	- Modification des voies de déplacements des oiseaux - Installation d'espèces de plantes rudérales après les travaux
Impacts permanents	- Risque de collision pour les oiseaux migrateurs - Destruction de la végétation sur les sites d'implantation
Impacts temporaires	- Dérangement de la faune pendant les travaux - Destruction de végétation sur une zone de stockage provisoire du matériel et des engins
Impacts induits	- Augmentation de la fréquentation du site par les visiteurs, avec les dérangements associés sur la faune.

- Directive 92/43 CEE du 21 mai 1992, relative à la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (JOCE du 22 juillet 1992),
- Directive 79/409 CEE du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages (JOCE du 25 avril 1979).

4.4.2 Définitions des impacts

Il existe différents types d'impacts sur le milieu naturel dont les principaux sont :

- Impacts directs / indirects
- Impacts temporaires / permanents
- Impacts induits.

a) Comparaison d'impacts en fonction des types d'aménagement

De façon générale, si le site éolien a été sélectionné en évitant les zones sensibles pour l'avifaune, et si les éoliennes ont été agencées en prenant en compte les sensibilités locales, l'implantation d'un parc éolien ne constitue pas une menace forte pour les oiseaux.

De la même façon, à l'échelle de la France, quelques-unes des principales menaces sont rassemblées dans le tableau suivant.

La majorité des études menées à travers le monde a démontré un faible taux de mortalité des oiseaux liée aux collisions avec des éoliennes. Ces taux de mortalité sont habituellement compris entre 0 et 3,4 oiseaux/éolienne/an.

Même si ces chiffres varient selon la sensibilité de chaque site, la mortalité liée aux éoliennes reste faible au regard des impacts d'autres infrastructures humaines. Bien entendu, les conséquences de cette mortalité sont différentes selon la rareté ou non des espèces concernées.

Tableau 15 : Principales causes de mortalité des oiseaux

Cause de mortalité	Commentaires
Ligne électrique haute tension (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux/km/an ; réseau aérien de 100 000 km
Ligne moyenne tension (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux/km/an ; réseau aérien de 460 000 km
Autoroute, route	Autoroute : 30 à 100 oiseaux/km/an ; réseau terrestre de 10 000 km
Chasse (et braconnage)	Plusieurs millions d'oiseaux chaque année
Agriculture	Evolution des pratiques agricoles (arrachage des haies) ; effets des pesticides (insecticides) ; drainage des zones humides.
Urbanisation	Collision avec les bâtiments (baies vitrées), les tours et les émetteurs.

Source : Abies (à partir de données AMBE, LPO, ...).

EXEMPLES D'IMPACTS SUR LES OISEAUX

Une synthèse bibliographique a permis d'identifier les principaux impacts potentiels des éoliennes sur les oiseaux : perturbation des déplacements (effet de barrières), mortalité liée à des collisions et perte directe d'habitat.

- Oiseaux migrateurs : principalement sensibles aux risques de mortalité directe et de perturbation, directe ou indirecte, des individus en halte migratoire et modifications ou perturbations des axes de vol ;
- Oiseaux hivernants et en stationnement internuptial : principalement sensibles aux risques de perturbation, directe ou indirecte, des individus en stationnement ; en principe, risque plus faible de collisions car apprentissage possible ;
- Oiseaux nicheurs : principalement sensibles aux risques de perturbation, directe ou indirecte, des individus en phase de recherche alimentaire ; perturbation potentielle des axes de vols ; en principe, risque plus faible de collisions car apprentissage possible ; mortalité potentiellement plus forte en phase pré- et post-émancipatoire des juvéniles.

Source : LANGSON & PULLAN, 2002 - Conseil de l'Europe, 2002

b) Hiérarchisation des impacts

Tout aménagement, tout équipement ou infrastructure génère des impacts sur son environnement. Le travail consiste alors à hiérarchiser ces différents impacts.

Un tableau synthétique, dont un exemple est proposé ci-après, rassemblant les impacts, en précisant leur type et leur importance permet d'avoir une vision globale des effets du projet sur les différents thèmes du milieu naturel.

Dans ce tableau, il est proposé de renseigner l'importance des impacts en les caractérisant (superficie,

nombre d'espèces, ...). Puis, sur la base de ce tableau descriptif, on peut établir une analyse plus approfondie et, le cas échéant, une hiérarchisation des impacts.

Une carte permet de fournir des informations de localisation et de hiérarchisation (par le jeu des couches).

Il est également important de prendre en compte les effets cumulés des parcs éoliens entre eux, mais aussi avec d'autres aménagements anthropiques (lignes H.T., autoroute, future zone industrielle, ...) qui peuvent affecter les déplacements de la faune. Si un seul parc éolien peut avoir un effet négatif réduit (sur l'avifaune migratrice par exemple), la multiplication des obstacles (à la migration) peut avoir des conséquences plus importantes.

A retenir

Les effets sur les milieux naturels

- Les principaux impacts des éoliennes sur les oiseaux sont de trois types : perte d'habitat, dérangement et mortalité. Ils varient selon les milieux, les espèces concernées et l'agencement des éoliennes.

Tableau 16 : Exemple de caractérisation de quelques impacts d'un projet éolien sur le milieu naturel

Impact sur	Description de l'impact	Permanent temporaire induit	Importance de l'impact direct	Importance de l'impact indirect
Habitats naturels	Destruction d'habitats naturels			
Flore	Destruction d'une espèce protégée ou menacée située sur un chemin d'accès ou sur la zone d'implantation d'une éolienne			
Avifaune migratrice	Obstacles aux déplacements migratoires, risques de collisions			
Avifaune hivernante	Réduction de la superficie de stationnement			
Avifaune nicheuse	Dérangements des oiseaux nicheurs en période de nidification durant les travaux et en fonctionnement			
	Dérangements des oiseaux nicheurs dus à une augmentation de la fréquentation du site (visiteurs)			
	Implantation sur une zone de chasse d'une espèce de rapaces menacée			
Chauves-souris	Implantation sur une zone de chasse, risques de collisions			
Amphibiens	Chemins d'accès situés sur un passage de migration			
	Risque de destruction d'une mare à proximité du poste de livraison			
Grands mammifères	Obstacle aux déplacements (période de travaux + en fonctionnement du parc)			

4.5 Analyse et comparaison des partis d'aménagement et des variantes

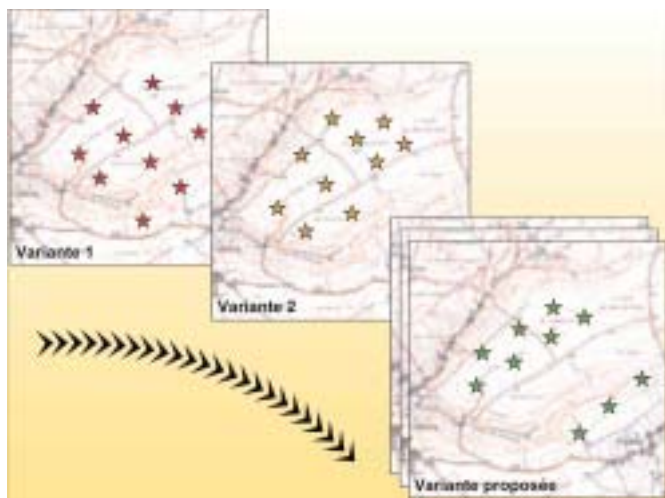
Le développement d'un projet éolien est un processus continu, progressif et sélectif. La phase d'analyse et de comparaison des variantes suit la même démarche.

De manière générale, tout au long du diagnostic, le maître d'ouvrage est informé de l'état des investigations et des résultats : découverte d'une station de plantes protégées, utilisation du site par une espèce d'oiseau menacée... Le projet doit ainsi évoluer progressivement de manière à optimiser tous les paramètres et réduire les effets négatifs sur les milieux naturels.

Les modifications alors envisagées peuvent porter sur plusieurs éléments du projet (cf. ci-après).

Mais la demande des experts paysagistes ou acousticiens peut aller ou non dans le même sens. Le travail du maître d'ouvrage et de son bureau d'études environnementales consiste donc à hiérarchiser les différentes demandes en ayant une vision globale du projet et de ses composantes techniques, économiques, foncières, ...

Carte 6 : Exemple d'évolution de l'implantation des éoliennes



Source : EED

4.5.1 Choix du site

C'est le facteur principal qui permet de réduire ou de supprimer la majorité des incidences sur les milieux naturels.

En effet, si de fortes contraintes sont apparues lors du cadrage préalable, il est nécessaire de privilégier la recherche d'un autre site (au sein d'une aire d'étude préalablement définie) plutôt que d'envisager des mesures (lourdes) de réduction ou de compensation des impacts.

L'optimisation du projet doit également se faire en fonction des éventuelles stations d'espèces végétales ou animales d'intérêt patrimonial, en particulier celles protégées. Il convient donc d'éviter d'implanter des éoliennes au sein des habitats naturels d'intérêt

communautaire identifiés. En effet, le choix du lieu d'implantation d'un parc éolien doit se porter sur la zone de moindre enjeu environnemental :

- absence d'habitat naturel et d'espèces rares ou protégées,
- absence de voies migratoires d'importance (concentration).

4.5.2 Positionnement général des éoliennes

La disposition des éoliennes au sein du parc peut influencer fortement les impacts sur les milieux naturels et notamment sur la faune.

Il faut éviter les effets de barrière ou d'entonnoir, qui peuvent constituer de véritables pièges pour les oiseaux. Une orientation des parcs parallèle aux axes migratoires réduit les effets négatifs sur l'avifaune migratrice.

De même, l'aménagement de couloirs dépourvus d'éoliennes, soit au sein d'un long linéaire d'éoliennes, soit dans un « bassin éolien » est préconisé de manière à laisser des zones de passage pour l'avifaune. Il n'existe cependant pas de solution établie d'avance. Chaque parc éolien a sa spécificité et les mesures doivent être adaptées au cas par cas.

Les déplacements d'oiseaux nicheurs/hivernants doivent également être pris en compte et intégrés à la conception du projet. En effet, des mouvements importants peuvent prendre place entre des dortoirs et des zones de recherche de nourriture. De même, l'utilisation du site par les oiseaux en fonction des caractéristiques et du fonctionnement aérologique du site doit être pris en compte (exemple de l'utilisation de courants ascendants par les oiseaux planeurs).

4.5.3 Nombre d'éoliennes

En fonction des caractéristiques et de la sensibilité du milieu naturel, il est parfois préférable d'installer moins de machines mais plus puissantes à la place de nombreuses éoliennes plus petites.

4.5.4 Taille des éoliennes

La taille des éoliennes influence peu les impacts sur le milieu naturel. Toutefois, la hauteur du mât de l'éolienne (et la hauteur de surplomb) au-dessus du sol ou de la végétation peut avoir une influence pour les animaux ailés.

4.5.5 Chemins d'accès et emplacement du poste de livraison

Le choix des chemins d'accès et l'emplacement du poste de livraison doivent être étudiés avec le même soin que celui apporté à l'emplacement des éoliennes elles-mêmes. Les effets sur les milieux naturels peuvent être de plusieurs types :

- destruction de milieux naturels ou d'espèces végétales ;
- perturbation du milieu physique (décaissement, arasement de talus, ...).

Il convient donc de choisir des tracés présentant le moindre impact sur les milieux naturels :

Tableau 17 : Exemple de comparaison des différentes variantes du projet et choix du projet final

Impacts sur les milieux naturels	Projet initial	Alternative 1	Alternative 2	Projet final
Habitats naturels	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Flore	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Amphibiens	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Avifaune nicheuse	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Avifaune migratrice	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Avifaune hivernante	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Grands Mammifères	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort
Chauves-souris	Impact fort	Impact fort	Impact fort	Impact fort

- évitement des stations animales ou végétales,
- utilisation privilégiée des chemins existants,
- implantation raisonnée du poste de livraison,
- enfouissement du réseau de raccordement souterrain...

La variante retenue n'est pas nécessairement la moins « impactante » sur le milieu naturel, étant entendu que d'autres contraintes environnementales interviennent. De même, des considérations techniques ou économiques peuvent primer.

Mais, dans tous les cas, l'étude d'impact doit présenter les partis d'aménagement étudiés et les différentes variantes envisagées et donner « les raisons du choix ».

4.6.1 Mesures de suppression des impacts

Des mesures telles que le changement de site d'implantation des éoliennes, le choix de la période des travaux, le déplacement d'une éolienne, l'enfouissement du réseau électrique ou le changement de chemins d'accès peuvent supprimer un impact bien défini et localisé.

4.6.2 Mesures de réduction des impacts

La réduction significative de certains impacts peut être obtenue par des aménagements ciblés.

Dans tous les cas, il est impératif de respecter la nature et la structure des milieux en place avant le projet ainsi que son fonctionnement écologique. Ainsi, par exemple, la création de linéaires arbustifs ou arborescents doit être cohérente avec les réseaux existants (ex : paysage ouvert : bandes enherbées ; bocage : reconstitution de haies ; zones humides : fossés ou mares,...).

A titre d'exemples, peuvent être cités :

1. Période de travaux / calendrier (planification du chantier) ;
2. Balisage et protection des stations de plantes protégées lors de la phase de chantier (selon les principes de la norme suisse SN 640577b du 1er mars 2003) ;
3. Suivi du chantier par un ingénieur écologue ;
4. Remise en état de la zone de travaux après le chantier (évacuation des matériaux de chantier, décompactage des merlons, évacuation des déchets) ;
5. Réduction des aires de levage des éoliennes au minimum ;
6. Positionnement des éoliennes parallèlement aux voies de déplacement de l'avifaune,
7. Création de haies basses et de bandes enherbées le long des chemins d'accès.

4.6.3 Mesures de compensation des impacts

Une fois toutes les suppressions et réductions possibles des effets dommageables effectuées, il convient au maître d'ouvrage de proposer des mesures visant à compenser les éventuels impacts résiduels du parc éolien.

A retenir

Milieux naturels et choix du parti d'aménagement et des variantes

- La sélection du site, l'agencement général des éoliennes, le nombre et le type d'éoliennes, le tracé des chemins d'accès et la localisation du poste de livraison déterminent des partis d'aménagement et des variantes de moindre impact sur les milieux naturels.

4.6 Suppression, réduction ou compensation des effets dommageables

La synthèse de l'analyse des effets du projet conduit le maître d'ouvrage à proposer des mesures de suppression ou de réduction des impacts ou, le cas échéant, l'adoption de mesures de compensation des impacts résiduels.

Dans tous les cas, les mesures de suppression ou de réduction des impacts sont préférables aux mesures de compensation.

Il s'agit de mesures « en dernier ressort » étant entendu que les efforts doivent porter sur les mesures de suppression à la source et de réduction.

Ces mesures peuvent concerner un autre lieu que le site éolien, et ne s'inscrivent pas nécessairement dans la même unité de temps. Ces mesures doivent être techniquement et économiquement réalisables.

A titre d'exemples, peuvent être cités :

- la gestion conservatoire de milieux naturels menacés ;
- la réhabilitation de mares ;
- l'aménagement de gîtes pour les chauves-souris ;
- l'aide au fonctionnement de structures locales (agricole, associative, touristique...).

L'ensemble de ces mesures doit faire l'objet d'une concertation entre le maître d'ouvrage, les cabinets d'experts concernés, les services de l'État, la commune et les utilisateurs du site (agriculteurs, chasseurs, naturalistes...).

A retenir

Mesures réductrices relatives aux milieux naturels

- Différents types de mesures réductrices des impacts sont à mettre en place.
- Il convient de privilégier les mesures de suppression et de réduction qui respectent la nature et la structuration des milieux en place et leur fonctionnement écologique.

L'ÉCLAIRAGE DES ÉOLIENNES

Certaines associations naturalistes proposent parfois d'éclairer les mâts des éoliennes pour avertir les oiseaux.

Il s'avère que les sources lumineuses peuvent avoir des effets pervers. Car, par conditions météorologiques défavorables, notamment par temps de brumes et de brouillard, elles ont un effet d'attraction qui s'avère souvent nocif voire fatal aux oiseaux. En effet, pour qu'une source lumineuse puisse avoir un quelconque effet avertisseur, il faudrait qu'elle soit, d'une part, d'une taille suffisante pour être détectée et, d'autre part, qu'elle soit perçue par les oiseaux véritablement comme un signal avertisseur.

La seule solution qui serait efficace serait d'éclairer puissamment (du haut vers le bas) les éoliennes (mât + pales) de manière complète. Dans ce cas, et notamment en regard de la taille et du nombre de parcs, on engendrerait alors une source de pollution lumineuse non négligeable dans les paysages encore relativement préservés de ce phénomène.

En outre, cet éclairage nocturne serait source de dérangement pour toute la faune nocturne, dont les chauves-souris.

Beaucoup de déplacements migratoires des oiseaux ont lieu, en plaine, à grande altitude, surtout de nuit. Les risques de collision avec les éoliennes sont de fait limités.

Le bilan avantages/inconvénients de l'éclairage des éoliennes n'a pas fait l'objet d'études scientifiques approfondies : il convient d'étudier son opportunité au cas par cas.

4.7 Suivi de l'impact écologique de parcs éoliens

4.7.1 Objectifs des suivis

Compte-tenu des manques actuels dans la connaissance de certains effets des parcs éoliens sur le milieu naturel, un suivi de l'impact écologique peut être prescrit dans le cadre des mesures réductrices.

Le suivi de l'impact écologique doit répondre au principe de proportionnalité ; ainsi, son contenu dépend des enjeux environnementaux propres au site.

Celui-ci peut s'articuler autour des principaux points sur lesquels porte l'impact, en particulier :

- suivi de la nidification des oiseaux et tout particulièrement des espèces patrimoniales (densité, diversité, succès reproducteur...);
- observation des réactions d'une espèce patrimoniale ;
- suivi de la migration de l'avifaune, des collisions éventuelles et des comportements à l'approche des éoliennes ;
- utilisation de l'espace par les chauves-souris avant et après l'installation des éoliennes ;
- suivi de la végétation et des espèces végétales remarquables dans ou aux abords de l'emprise du parc éolien ;
- suivi de la mortalité (avifaune et chiroptères) sous les éoliennes ;
- évaluation de la pertinence des mesures réductrices mises en place et évaluation de leur impact positif ;
- évaluation de la perte d'habitat pour les oiseaux nicheurs et hivernants ;
- relevé de variations en terme de biodiversité (espèces et abondance).

4.7.2 Méthodes

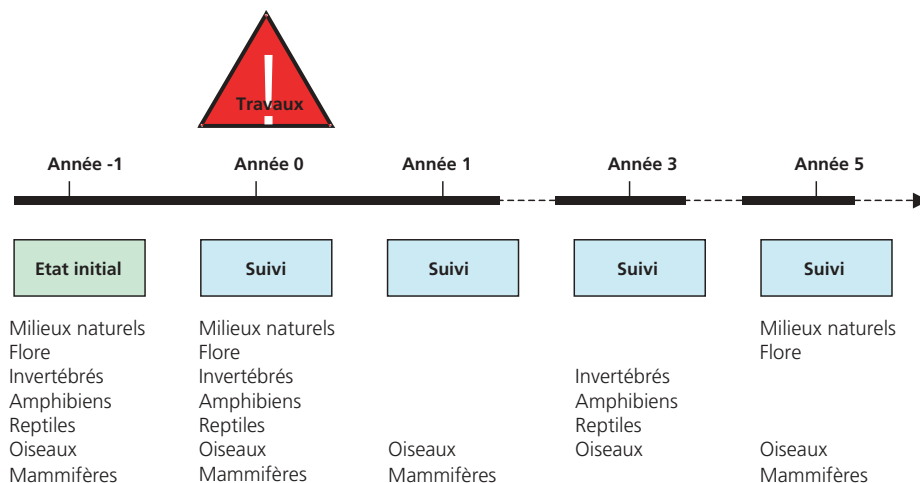
Dans un souci d'homogénéité et de pérennité, il importe d'utiliser des protocoles standardisés. Les suivis pourront être ainsi reproductibles et les résultats comparables d'un parc à l'autre et sur plusieurs années.

La Ligue pour la Protection des oiseaux (LPO) a élaboré une notice proposant des principes de suivi. Le Museum National d'Histoire Naturelle doit préciser les méthodologies à suivre.

Dès à présent, il peut être conseillé de réaliser le suivi selon le principe BACI (Before After Control Impact / contrôle des impacts par comparaison avec l'état initial). Une zone de référence (milieu avec caractéristiques identiques) peut aussi être utilisée. Ces mêmes principes de la LPO sont recommandés par l'ONCFS dans sa plaquette de 2004 « Impact des éoliennes sur les oiseaux : synthèse des connaissances actuelles – conseils et recommandations »).

La qualité de l'état initial est donc déterminante si l'on veut mesurer des modifications après l'implantation des éoliennes.

Figure 16 : Exemple de programme de suivi d'un parc éolien



La période de suivi doit être suffisamment longue (3 à 5 ans) pour permettre d'obtenir des résultats significatifs. Un exemple de programmation d'un suivi écologique est présenté à la figure 16, selon les groupes étudiés. Cet exemple est bien-sûr théorique, il convient à chaque maître d'ouvrage de proposer un ou des suivis scientifiquement pertinents, basés sur les véritables enjeux de leur site éolien.

L'ensemble des données relatives à ces suivis est inventorié et synthétisé au sein d'un observatoire national des impacts des parcs éoliens sur l'avifaune, piloté par le Ministère de l'Ecologie et du développement Durable.

Ce suivi est à la charge du maître d'ouvrage du projet éolien.

4.7.3 Quelques suivis de référence

Les principaux suivis des impacts des parcs éoliens sur les oiseaux, entrepris en France ces dernières années, sont listés en annexe bibliographique (annexe n°7).

Ces études sont basées sur des recherches de cadavres autour des éoliennes et/ou sur l'observation du comportement des oiseaux, notamment des migrateurs, face aux éoliennes. A ce propos, la LPO et le CNERA⁽¹⁾ Avifaune migratrice de l'ONCFS ont mis en place des protocoles de suivi des parcs éoliens ; par ailleurs la LPO gère une base de données documentaire des impacts sur l'avifaune.

Les suivis à l'étranger sont plus nombreux mais ne relèvent pas forcément de la même approche ni de la même démarche méthodologique (cf. annexe bibliographique n°7).

4.8 Démantèlement et remise en état du site

Au terme de leur durée de vie (estimée à 20-30 ans), les éoliennes, si elles ne sont pas remplacées, sont démantelées et le terrain est remis en état. Ces deux actions ont encore été peu étudiées en France où le développement éolien est récent. Les points suivants peuvent toutefois être précisés :

- le démantèlement des éoliennes est un chantier à part entière, c'est-à-dire qu'il convient de respecter le même type de recommandations préconisées lors de la construction (concernant en particulier la période, la planification et les modalités du chantier...),
- les actions compensatoires de réhabilitation doivent tenir compte à la fois de l'origine du site (état des lieux initial), mais également de l'évolution de ce site avec le temps et donc de sa nouvelle utilisation ou fonctionnalité, si celle-ci n'est pas directement liée à la présence des éoliennes.

Dans tous les cas, il convient de rédiger un cahier des charges précis des actions à mener et de définir l'avenir du site en concertation avec tous les acteurs locaux concernés et d'en évaluer le coût.

A retenir

Démantèlement et milieux naturels

- L'étude d'impact doit prévoir les conditions de démantèlement et de remise en état du site, notamment en précisant les conditions techniques et d'organisation du chantier ainsi que les actions compensatoires de réhabilitation du milieu naturel.

A retenir

Suivi de l'impact écologique

- Le suivi doit répondre au principe de proportionnalité. Il s'intéresse donc prioritairement aux oiseaux et chauves-souris là où des enjeux existent.
- Des protocoles standardisés sont à employer.

(1) Centre National des Etudes et de la Recherche Appliquée

5. Paysage et patrimoine

5.1 Introduction

5.1.1 Un projet pour répondre aux exigences du paysage

La recherche d'une intégration des parcs éoliens dans le paysage est vaine. Il n'est pas possible, ni souhaitable, de prendre une attitude de protection des paysages, au sens classique du terme. Il faut au contraire chercher à réussir **un aménagement du paysage**, c'est-à-dire engager des « actions présentant un caractère prospectif particulièrement affirmé visant la mise en valeur, la restauration ou la création de paysages », comme y invite la Convention européenne du paysage.

Dès lors, l'implantation d'éoliennes doit s'inscrire dans une démarche d'aménagement du paysage et non pas de protection. La question n'est pas « comment planter des éoliennes sans qu'elles se voient ? », mais « comment planter des éoliennes en produisant de beaux paysages ? ».

Créer un nouveau paysage, ou restaurer un paysage, par l'implantation d'éoliennes suppose que le maître d'ouvrage d'un projet éolien fasse appel à des **paysagistes**, seuls capables de dessiner un projet énergétique en harmonie avec le lieu d'implantation.

L'étude, lorsqu'elle est réalisée dans l'esprit de la loi, est bien plus qu'une simple analyse des effets d'un projet sur l'environnement. Elle est en elle-même une véritable démarche de projet en ce qu'elle analyse l'état initial de l'environnement, donc du paysage, et qu'elle est l'occasion de comparer plusieurs solutions d'aménagement pour retenir celle qui est la plus favorable pour l'environnement.

Dans le cadre de l'implantation d'un parc éolien, cette étude d'impact ne doit donc pas être regardée comme un catalogue de contraintes sur un projet, mais plutôt comme une aide au dit projet. En poussant le raisonnement à l'extrême, tout en respectant le principe de proportionnalité, une étude d'impact bien conduite doit permettre l'aménagement d'un nouveau paysage de qualité, qui ne nécessiterait pas qu'on ait besoin de prendre des mesures de compensation, des mesures de réduction étant toutefois définies au regard de chaque situation.

Cela implique la nécessité de construire un projet de paysage qui prenne en compte différents besoins et montre les possibilités d'utilisation du territoire dans un contexte d'aménagement. « L'objectif du projet est de proposer une vision partagée entre les acteurs concernés de ce qu'est « leur » paysage, ce qu'il devient et surtout ce qu'ils souhaitent qu'il devienne » (Guide des plans de

paysage, des chartes et des contrats – Ministère de l'environnement, 2001). L'étude paysagère est donc réalisée en fonction de l'aménagement : elle sert à rechercher le meilleur parti en fonction des caractéristiques du lieu étudié.

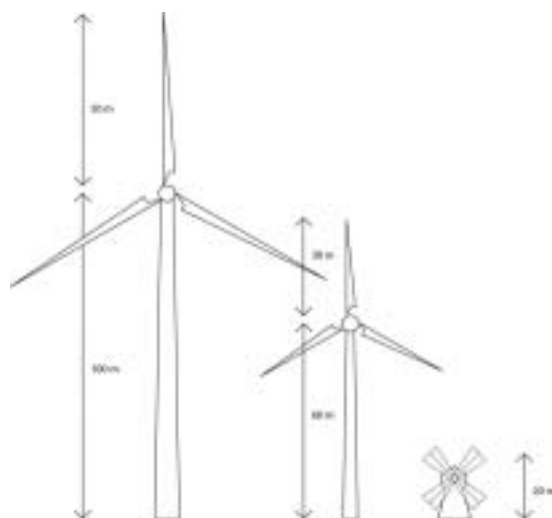
Le projet de paysage permet donc de trouver les éléments pour aider à l'acceptation sociale de l'aménagement.

Par ailleurs, la plupart des dossiers éoliens concernent des espaces naturels ou ruraux. Ces espaces libres d'urbanisation sont en quelque sorte considérés comme ouverts à la colonisation. Or, c'est sans doute dans ces espaces qu'un projet de paysage avec éoliennes est le plus délicat à réussir. En effet, souvent, ces paysages, naturels surtout, montrent une certaine homogénéité. Et depuis les travaux de Bernard Lassus, on sait que « *seul un substrat paysager suffisamment hétérogène permet d'accueillir des apports originaux* ». Par là, des sites industrialisés, en activité ou délaissés, ou des espaces périphériques aux agglomérations pourraient être de meilleurs territoires de projet qu'il conviendrait d'envisager.

5.1.2 Les particularités de l'implantation d'éoliennes

"La taille importante des éoliennes et les principes d'implantation rendent illusoire toute tentative de dissimulation des parcs éoliens dans les paysages." (DIREN Picardie). Les éoliennes se voient de toute façon dans le paysage, qui deviendra un paysage avec éoliennes.

Figure 17 : Les proportions de quelques éoliennes (de gauche à droite : éolienne de 2MW, éolienne de 1 MW, moulin à vent)



Cette création d'un nouveau paysage avec éoliennes est d'autant plus inéluctable que les éoliennes sont souvent implantées en groupes (de quelques unités à plusieurs dizaines). L'effet paysager en est d'autant plus puissant.

D'où l'idée que ces nouveaux paysages avec éoliennes ne soient pas « déconnectés » du paysage initial dans lequel ils sont créés. L'implantation d'éoliennes doit respecter la diversité des paysages français, en tenant compte des caractéristiques de ceux-ci. Ces caractéristiques sont déclinées autour des structures paysagères, à plusieurs échelles (du 1/100000^e au 1/5000^e) avec deux objectifs : d'une part, il s'agit de bien comprendre ce paysage et les potentialités qu'il présente en matière d'aménagement éolien ; d'autre part, il s'agit de viser la conservation de ses spécificités et donc de sa singularité.

Dans cette perspective, il serait dommage que toutes les éoliennes et tous les parcs se ressemblent. Ainsi, il est souhaitable que les parcs éoliens soient, comme les paysages, diversifiés dans leur forme et leurs dimensions. Les éoliennes actuelles, dont la hauteur dépasse souvent 100 mètres, sont des objets qui peuvent convenir à certains types de paysages, mais pas à tous. Dans certains cas, il peut être préférable de remplacer une grande éolienne par deux ou trois plus petites (tout en gardant la même puissance) pour adapter le parc au paysage environnant.

A retenir

Projet de paysage

- L'implantation d'éoliennes constitue un projet d'aménagement du paysage.
- Le paysage est un ensemble de relations entre des hommes et un territoire. Le paysage est pluridisciplinaire ; l'analyse doit concerner les milieux naturel et humain et l'ensemble de leurs relations.
- Un projet de paysage permet de conjuguer les arguments territoriaux et techniques avec le débat public.
- Une étude paysagère est réalisée en fonction du type d'aménagement et doit être révélatrice des potentialités du territoire.
- L'enjeu du projet éolien est de conserver la diversité et les singularités des paysages.

5.2 Perception visuelle de l'objet "éolienne"

Les éléments suivants sont présentés à titre indicatif et n'ont pas de valeur normative. Un certain nombre de facteurs peut influencer la vue de l'observateur. Parfois, ils peuvent même conduire à une perception erronée des présentations graphiques ou à une interprétation abusive. Ces éléments de perception visuelle des éoliennes permettent aussi de « relativiser » les vues sur les éoliennes.

Lors des prises de vue photographiques, il est important d'en intégrer toutes les composantes afin de pouvoir ensuite les justifier lors des présentations. Cette clarté de l'information visuelle crée les conditions de confiance pour présenter le projet éolien dans son site et en apprécier les impacts.

5.2.1 L'objet "éolienne"

Les éoliennes possèdent des caractéristiques dimensionnelles, inhérentes à la solidité de la structure et aux performances recherchées, qui ne peuvent guère subir de modifications. On peut donc presque considérer que le *design* des éoliennes est fixe. En revanche, il est tout à fait possible d'agir sur leur implantation et leur hauteur (certains paysages acceptant l'implantation d'éoliennes de taille moyenne, d'autres pouvant s'accorder avec des éoliennes de grande hauteur).

Il existe toutefois plusieurs modèles de machines, différentes d'une part au niveau de leur mat (certains sont tubulaires, d'autres "treillis", comme les pylônes électriques) et d'autre part, au niveau des pales (certains éoliennes sont bipales, d'autres tripales). Enfin, certaines ont un axe horizontal, d'autres un axe vertical. Mais, les éoliennes tripales à axe horizontal se généralisant (99% des éoliennes installées actuellement en France), ce guide n'aborde pas les autres modèles présentés à titre d'exemples ci-après.

Les principaux types d'éoliennes existants (bipale, tripale, à mât haubané, caréné, à mât treillis.



Les éoliennes sont aussi soumises à un balisage aéronautique de sécurité qui peut augmenter leur perception visuelle (extrémité des pales rouges par exemple). Une recherche sur la couleur de l'éolienne est vite limitée : les teintes de peinture sont normées pour des raisons aéronautiques, par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). Elles sont reprises dans la réglementation nationale (instruction n°20700 DNA du 16 novembre 2000, relative à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones gérées). Si la palette de couleur recommandée par l'OACI permet quelques variations dans les tons blancs, la couleur claire reste une obligation. Une légère variation de nuance peut réduire la brillance et l'effet amplificateur du blanc dans le paysage : les revêtements mats ou satinés semblent mieux convenir, dans la majorité des cas.

5.2.2 Conditions météorologiques

L'observation d'un groupe d'éoliennes dépend de façon très marquée des conditions atmosphériques : la clarté de l'air en début de matinée permet une vue très précise, qui se réduit au fur et à mesure de l'avancement du jour, avec l'air chaud qui se charge de poussières en suspension (aérosols) pour former progressivement un voile diminuant la visibilité. Une journée ventée peut favoriser la pureté du ciel et donc la finesse de vue tandis qu'une journée pluvieuse peut atténuer le relief et les profondeurs de champ. La rigueur d'une prise de vue conduit donc à choisir des conditions météo favorables et à préciser ces conditions lors de la présentation de ces prises de vue.

5.2.3 Ensoleillement, éclairage des éoliennes

Un autre paramètre important est l'éclairage : la manière dont le soleil frappe les éoliennes va en modifier la perception visuelle. La saison et l'heure sont les facteurs déterminants. En plus de l'intensité de la lumière variable suivant la saison, les éoliennes apparaissent très sombres en contre-jour. De même, elles apparaissent blanches voire presque fluorescentes le matin, etc.

Ces paramètres (heure et date de prise de vue) sont d'ailleurs modulables sur les logiciels de simulation graphique des éoliennes.

Figure 18 : Eclairage des éoliennes



Simulations de l'éclairage des éoliennes en fonction de l'heure de la journée

Source ABIES

5.2.4 Le relief, vue en plongée et en contre-plongée

Une position de l'observateur en belvédère, dominante, amplifie le regard, car les éléments du premier plan ne viennent plus borner la ligne d'horizon. Une vue plongeante écrase donc les plans et les objets rapprochés de taille inférieure à la hauteur d'observation.

Inversement, tout paysage, tout relief observé d'un point bas, en contre-plongée, est amplifié et paraît imposant, impressionnant, aérien. Le positionnement des éoliennes en bord de crête, dominant un village situé en contrebas, peut donc être ressenti comme une agression.

5.2.5 Point fixe ou regard en mouvement

La vue sur un groupe d'éoliennes depuis une route n'est pas, tout au long d'un itinéraire, de la même force d'expression. Plus le déplacement est rapide, plus le champ visuel est rétréci.

Plongée



Contre-plongée



De plus, ce déplacement induit un changement de la perception visuelle des éléments du paysage : les rythmes sont beaucoup plus perceptibles. Les alignements d'arbres au bord des routes contribuent par exemple à créer ces rythmes. Ils peuvent être un écho visuel à ceux des alignements d'éoliennes et constituer une possibilité d'aménagement. Un virage ou une butte peuvent renouveler la vue et créer un changement de rythme dans la perception. Des effets de surprise, des mises en scène des éoliennes peuvent ainsi être envisagés.

Figure 19 : Effet de surprise créé par une butte et une fenêtre entre des arbres



Source : ABIES

5.2.6 Paysage «encombré» ou «dégagé»

Toute observation d'un paysage, un site ou un point déterminé est plus ou moins influencée par les éléments qui composent les environs. L'homme recherche et trouve même réconfortant de rencontrer dans son champ de vision des signes connus : expressions de sa présence, de son activité (une ferme, un abri, un champ cultivé...) ou éléments culturels, artistiques, et même insolites. Il s'agit donc bien d'imaginer quel regard pourra être porté sur les éoliennes dans le paysage, selon ses caractéristiques.

Le dégagement visuel de parcelles cultivées, comme des champs de vigne, au tracé régulier et géométrique, ou l'étendue sans fin de champs de céréales simplifie la perception, accompagne le regard en profondeur et l'amplifie. Un élément au milieu de ces paysages est vu et marquant : une éolienne peut y servir de repère ou au contraire rompre cette vue sans fin.

Un paysage encombré ferme la vue et atténue la présence des éoliennes. De la même manière, depuis un belvédère, le parc éolien peut être partiellement absorbé dans une large palette d'autres éléments observables dans le paysage : constructions, champs dessinés, crêtes, cheminées d'usines, arbres isolés, mais aussi routes, chemins... avec lesquels le paysage se recompose.

Encombrement du paysage



5.2.7 Ecran, fenêtre, perspectives, point d'appel

Les vallons ou les échancrures du paysage (telles qu'un espace entre des arbres, des murs, etc.) canalisent et focalisent le regard, mais limitent aussi l'observation dans l'espace, et même dans le temps s'il y a déplacement. Une perspective, organisée par un alignement (vignes, double rangée d'arbres par exemple), peut créer un point focal ou point d'appel, que les éoliennes peuvent souligner par leur présence.

5.2.8 Formes

Les formes existantes dans le paysage sont extrêmement diverses : rondes, anguleuses, colorées, contrastées, complexes... Pour un même paysage, les surfaces rectangulaires, les volumes parallélépipédiques occupent très vite l'espace et peuvent attirer le regard par leur simplicité, alors que les formes rondes et les dessins en courbe s'y inscrivent beaucoup plus facilement.

Vignes et perspectives face aux éoliennes

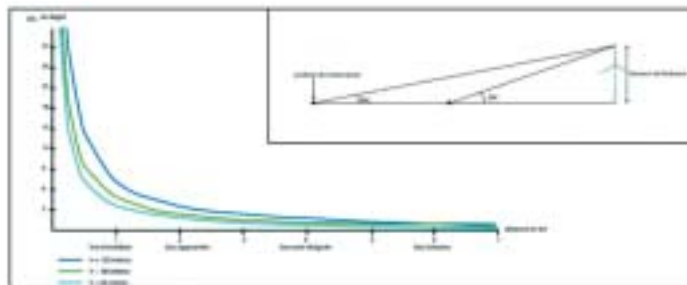


Dans cette même logique, un ensemble d'éoliennes peut s'appuyer (souligner, créer un contraste, etc.) sur le modelé physique du territoire. Il en est de même pour la mise en tranchée du réseau électrique ou le tracé des voies d'accès. D'où la nécessité d'une bonne lecture du paysage pour analyser ces formes, ambiances et impressions liées au paysage.

5.2.9 Angle et distance de vue : différentes échelles d'appréciation du projet

Comme les éoliennes sont le plus souvent organisées en alignements (ou pour le moins orientées face aux vents dominants), la vision est différente de face ou de profil, loin ou près du site. De la même façon, la perception des éoliennes n'est pas proportionnelle à la distance et suit la courbe suivante.

Figure 20 : Variation de l'angle de perception d'une éolienne



Selon la distance entre l'observateur et le site éolien, l'impact visuel de ce dernier va prépondérante varier. Généralement, les perceptions les plus proches génèrent des impacts visuels importants, tandis que les perceptions les plus lointaines génèrent des impacts moindres. En fonction de la hauteur des éoliennes, il est ainsi possible de valider le territoire en fonction du type de perception qui s'y développe. La courbe ci-dessus montre que l'impact visuel n'est pas directement proportionnel à la distance.

Source : DIREN Bretagne

De profil, au loin, on peut ne voir qu'une seule éolienne ou presque ; alors que de près, les pales s'enchevêtrent suivant une perspective...

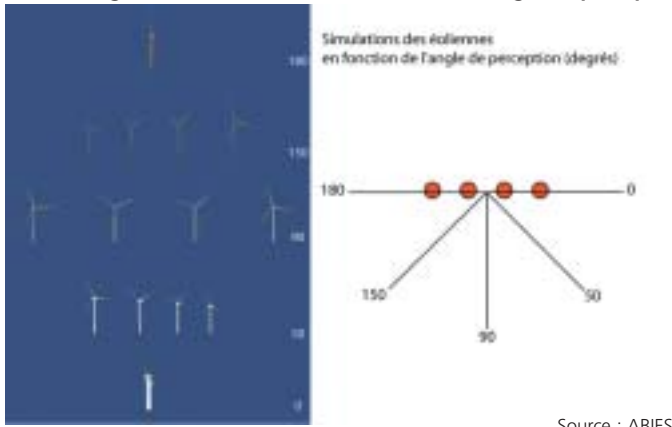
De face, le regard peut, de près, traverser l'alignement alors que, de loin, cet alignement semblera très étalé, plus ou moins compact et non traversable.

Ainsi, pour un même éclaircissement, les vues sur les éoliennes diffèrent, les pales apparaissant plus ou moins, selon l'angle de perception et la distance par rapport à l'éolienne.

5.2.10 Arrière-plan

L'arrière-plan des éoliennes induit un contraste qui fait plus ou moins ressortir les éoliennes : le ciel, des montagnes ou des champs ne donnent pas le même effet sur la perception visuelle des éoliennes.

Figure 21 : Simulations visuelles selon l'angle de perception



Source : ABIES

Figure 22 : Perceptions visuelles des éoliennes en fonction de la couleur du ciel en arrière-plan



Source : Abies

5.2.11 Conclusion

In fine, l'intervention paysagère dans un projet éolien porte plus sur l'agencement des éoliennes que sur l'objet éolienne en tant que tel. En effet les positions relatives des éoliennes sont déterminantes. L'intégration paysagère se fait ainsi en recherchant principalement une organisation, un nombre et une taille d'éoliennes qui soient les plus cohérents possibles par rapport au territoire d'implantation.

A retenir

Perception visuelle de l'objet éolienne

- L'objet éolienne offre peu de souplesse technique (forme, couleur blanche).
- Beaucoup de facteurs interviennent sur la perception visuelle de l'éolienne.
- C'est le « design » du parc éolien (nombre, positionnement, taille des éoliennes) qui est déterminant.

5.3 Cadrage préalable

Il faut tout d'abord convenir de la dénomination d'un groupe d'éoliennes. Plusieurs termes, équivalents, sont utilisés : ferme éolienne, parc éolien, champ d'éoliennes,... Mais qu'entendons-nous par un « groupe d'éoliennes » ? A partir de quand deux éoliennes n'appartiennent plus au même groupe ?

Le décret n°2003-282 du 27 mars 2003 (à caractère administratif et non paysager) précise que « sont considérées comme faisant partie d'un même parc éolien les machines distantes entre elles de moins de 1500 mètres ». Des auteurs néerlandais considèrent que des éoliennes appartiennent à la même entité visuelle dès lors qu'elles ne sont pas distantes de plus de 10 fois le diamètre de leur rotor. Cependant, ces distances « techniques » doivent être vérifiées sur le terrain dans chaque situation.

Tableau 18 : Organismes ressources en matière de paysage et de patrimoine

Thème	Organisme ressource	Document type
Paysage	- Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) - Conseil en Architecture, Urbanisme et Environnement (CAUE) - Direction Départementale de l'Équipement (DDE) - Chambre d'Agriculture - Office National des Forêts (ONF)	- Inventaires d'éléments de paysage (arbres remarquables, jardins, paysages de reconquête...) - Atlas de paysages - Chartes et plans de paysages (celles des PNR notamment, mais aussi des Communautés de Communes) - Cartes des unités paysagères - Perceptions et représentations liées aux paysages (enquêtes) - Directives de protection et de mise en valeur des paysages
Patrimoine	- Architecte des Bâtiments de France (ABF) - Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine (SDAP) - DIREN - Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC)	- Base de données "Mérimée" - Sites et Monuments naturels classés et inscrits - Opérations grands sites - Monuments historiques - Éléments protégés par les PLU
Archéologie	- Service Archéologique de la DRAC	
Tourisme	- Office de tourisme - Collectivités	
Politiques d'aménagement et de développement	- Collectivités - Conseil Régional - Conseil Général - ADEME - DDE	- Schéma régional - Charte départementale - DTA - Chartes de PNR - SCOT, PLU

5.3.1 Méthodologie

a) Moyens à mettre en œuvre

L'aspect pluridisciplinaire du paysage oblige l'auteur d'une expertise paysagère à prendre en compte et croiser de nombreuses sources d'informations.

Le tableau suivant propose des organismes ressources pour recueillir des informations sur le paysage et le patrimoine.

Les documents-types à disposition correspondent aux « études techniques dont dispose l'Etat en matière de [...] protection de l'environnement » définies à l'article L.121-2 du code de l'urbanisme. Ils demandent à être complétés pour la réalisation du diagnostic proprement dit.

A terme, les documents de planification territoriale (DTA, directives de protection et de mise en valeur des paysages, chartes de PNR, SCOT, PLU, ...) intégreront la question éolienne. Les cartes départementales et/ou schémas régionaux de l'éolien, instruments de planification spécialement dédiés à l'éolien, bien que non réglementaires, peuvent être considérés comme du « porté à connaissance » et sont à intégrer dès cette phase de l'étude paysagère lorsqu'ils existent.

Des plans et chartes de paysages sont également réalisés à l'échelle des Communautés de Communes, des Pays ou des Parcs Naturels Régionaux (PNR) afin que les aménagements projetés s'inscrivent dans une cohérence d'ensemble.

b) Phase de terrain

La recherche de ces renseignements ne peut dispenser de la phase de terrain : un paysagiste doit avoir vu le territoire étudié avant de proposer de l'aménager.

Il doit s'imprégner du lieu et en préciser les caractéristiques *in situ*. Photos, croquis, bloc-diagrammes, qui sont les résultats de la phase de terrain, sont à la fois des outils d'analyse et des supports d'aide à la communication.

Pour concevoir des projets et dialoguer avec les interlocuteurs administratifs, techniques et les acteurs locaux, le paysagiste ne peut pas s'affranchir d'une connaissance intime du site. Dès le début de l'étude, il doit inscrire sa démarche dans une logique de projet de paysage.

Un arbre en point d'appel sur la ligne d'horizon.



5.3.2 Vocabulaire relatif aux paysages

Des techniques, un « savoir-analyser » les composants du paysage, ont été mis au point par les professionnels. Les manières sont variées, il n'existe pas de méthode « standard ». La loi n°93-24 du 8 janvier 1993, sur la protection et la mise en valeur des paysages, a introduit des « outils » pour faciliter la prise en compte du paysage dans les décisions d'aménagement : les éléments de paysage, les structures paysagères et les unités paysagères.

Il reste à préciser leur utilisation par rapport au projet éolien. Il convient aussi de veiller à la manière de les concilier avec les différentes échelles de perception des paysages. En effet, chacun de ces outils correspond *grasso modo* à une aire d'étude géographique distincte.

- **Éléments du paysage = aire d'étude immédiate**
- **Structures paysagères = aire d'étude rapprochée**
- **Unités paysagères = aire d'étude lointaine**

La description d'une unité paysagère n'intervient que rarement dans l'aire immédiate et les éléments paysagers n'ont que peu d'intérêt dans l'aire lointaine. En revanche, les structures paysagères peuvent être utilisées dans les trois aires, ce qui les placent au centre de la démarche et du projet.

a) Les éléments du paysage

Ce sont des éléments ponctuels : (des routes, des murs, des haies, des crêtes, etc.) et des éléments particuliers (de relief, de bâti, d'hydrographie, etc.) qui, assemblés entre eux de manière spécifique, constituent les structures paysagères.

Les motifs de leur protection ou de leur mise en valeur intègrent la notion de culture, terme large qui remplace la notion d'esthétique, en y ajoutant la notion de valeurs partagées. L'analyse des éléments paysagers est l'étude des lignes et des points importants qui composent le paysage et l'organisent. Ces formes du paysage peuvent être décrites par :

- les éléments physiques : ce sont les routes, maisons, massifs, arbres, alignements, rivières, etc. dont la forme se répète dans le paysage. Il est possible de les regrouper (routes principales, secondaires ; bâti agricole, urbain ; rivières, fleuves...).

- Les points d'appel sont des points ponctuels du paysage qui appellent l'œil par une organisation particulière. Un arbre isolé sur un plateau, un pylône électrique, un point de fuite créé par une perspective... tout élément contrastant avec son entourage peut constituer un point d'appel.

b) Les structures paysagères, matière première du projet de paysage

On parle de structure paysagère quand on parle de « *lignes de force qui structurent, qui organisent le paysage* ». L'extrait de la circulaire n° 94-88 du 21 novembre 1994, prise pour application du décret n° 94-283 du 11 avril 1994 relatif aux directives de protection et de mise en valeur des paysages, précise cette définition : « *Les structures paysagères se définissent comme l'agencement ou la combinaison d'éléments végétaux, minéraux, hydrauliques, agricoles, urbains qui forment des ensembles ou des systèmes* ».

Une structure paysagère est donc un ensemble d'éléments de paysage qui interagissent ; c'est un ensemble de relations entre ces éléments.

Les structures paysagères peuvent donc se comprendre comme la trace, la marque à laquelle l'homme va attacher une valeur spécifique, historique, sociale,

Les "montagnes" des herbages de l'Aubrac, entre Lozère, Cantal et Aveyron, sont des structures paysagères : elles sont constituées d'une étable (buron), de parcs à vaches (murets, enclos) et de pâtures qui fonctionnent entre eux (fabrication de fromage, transhumance) et sont à l'origine, par assemblage, d'un type de paysage spécifique.

sensible. C'est l'ensemble de ces éléments qui va faire sens. Par rapport à leur échelle (situées entre les unités paysagères et les éléments paysagers), ce sont ces structures paysagères qui vont être utilisées pour déterminer le projet de paysage : leur aspect, l'agencement des éléments, leur fonctionnement sont des pistes d'aménagement pour choisir l'implantation des éoliennes.

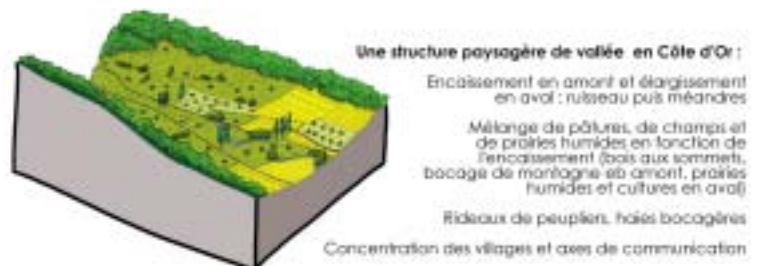
Les structures paysagères constituent donc des systèmes d'éléments du paysage qui organisent le paysage et sur lesquels doit s'appuyer le projet éolien (implantation en fonction d'une ligne de crêtes par exemple). La capacité d'accueil du site éolien dépend pour une large part du rapport d'échelle entre les dimensions des structures paysagères et celles du projet éolien. La nature des structures paysagères conditionne également cette capacité d'accueil du site (effet de contraste en cas de structures horizontales ou de parallélisme en cas de structures verticales).

L'identification précise des formes paysagères permet de fournir des éléments pour concevoir le nouveau paysage, induit par le projet éolien.

L'organisation, l'ambiance et le fonctionnement des structures paysagères constituent des données essentielles pour l'étude de la localisation des éoliennes.

Les structures paysagères peuvent être des vallées où se concentrent les activités, une certaine organisation des pâturages, de l'occupation du sol, etc. Elles peuvent aussi être des lignes et des aires de convergence, situées à la jonction des axes directeurs ; ce sont généralement des points forts où s'arrête la vision dans sa perception d'ensemble.

Figure 23 : Un exemple de structure paysagère de vallée en Côte d'Or



Source : ABIES

c) Les unités paysagères

Les unités paysagères sont des outils à caractère plutôt géographique. Leur intérêt réside surtout dans l'identification d'un territoire de projet englobant tout ou partie de plusieurs unités administratives (cantons, communes). Elles permettent de contribuer à l'émergence de nouvelles solidarités inter et supra communales fondées non seulement sur des fonctionnalités (emplois, déplacement...), mais aussi sur des réalités naturelles (relief, bassin versant, nature des sols, de la végétation ...) et historiques (logique d'occupation du sol, usages locaux de gestion de l'espace, systèmes agraires ...). Elles rassemblent les structures paysagères en systèmes.

Chaque unité paysagère est unique et caractérisée par une combinaison de structures et d'éléments qui lui est propre. La connaissance de ces unités paysagères permet

Sur le plateau de l'Aubrac, le plateau herbagé est une unité paysagère. Elle se différencie en termes naturels, visuels, d'usage et de représentations collectives, des autres unités environnantes. Basaltique, utilisée anciennement pour la pâture des vaches à la belle saison, caractérisée par une flore, un ressenti, une lumière particulières, elle ne ressemble pas aux unités alentours, même si certaines caractéristiques sont communes (géologiques par exemple).

d'apprécier si un projet éolien est compatible ou non avec elles, par leur échelle, l'agencement des structures, l'ambiance aussi (intimiste, grandiose). Alors que la description des structures paysagères fournit des éléments pour concevoir le projet, l'étude des unités paysagères permet de situer le projet dans un environnement global.

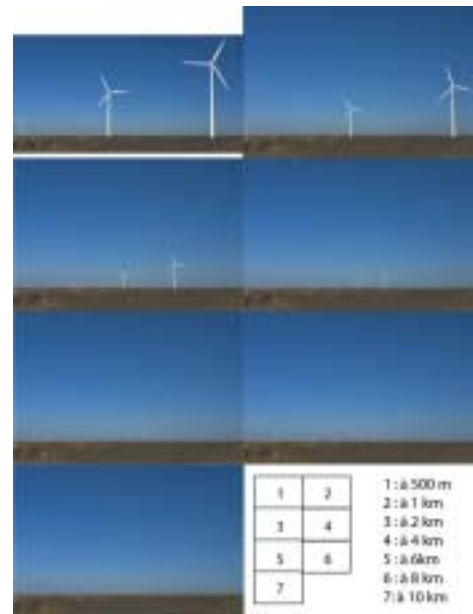
Cette analyse des composants du paysage permet donc de vérifier la compatibilité ou non du site d'accueil avec un projet éolien et de justifier le choix de la localisation du projet retenu. Elle permet également de créer le projet de paysage et de trouver les arguments de conception.

A retenir

Le cadrage préalable paysager

- La réflexion doit être menée à partir de structures, éléments et unités de paysage : les unités paysagères permettent de décrire l'environnement global du projet (site, échelle, ambiance).
- Les structures et éléments du paysage sont des arguments de conception (forme, organisation, etc).
- Ces objets paysagers pourront être décrits par des textes, des photos pour chaque unité, des cartes et zonages, des croquis et dessins d'ambiance, des blocs-diagrammes ou axonométries synthétiques pour chaque structure ou unité.

Figure 24 : Différentes tailles d'éoliennes



Source : ABIÈS

5.3.3 Les différentes aires d'étude

S'il existe trois types d'outils d'étude des paysages, il existe aussi trois grandes échelles concernant la perception visuelle des éoliennes. On peut considérer que chaque outil correspond, par son étendue d'application, à une échelle.

Pour délimiter l'aire d'étude, on peut employer la formule théorique :

$$R = (100+E) \times h,$$

où R est le rayon de l'aire d'étude,

E le nombre d'éoliennes

et h est la hauteur totale des éoliennes (mât + pale).

(Cette formule n'est qu'indicative et doit impérativement être vérifiée sur le terrain).

La prégnance des éoliennes dans le paysage conduit à étudier le projet à trois échelles :

- une aire lointaine, à la distance de visibilité possible des éoliennes (10 à 15 km autour du projet),
- une aire rapprochée, à l'aune des effets du projet de paysage (entre 1 et 10 km autour du projet),
- une aire immédiate, celle du lieu d'implantation du projet éolien (de l'ordre de 1 km autour du projet).

Concrètement, ces aires d'étude sont emboîtées et le travail consiste à aller progressivement de la plus large vers un zoom sur la ou les zone(s) choisie(s). Les thèmes étudiés sont les mêmes, mais, plus détaillés au fur et à mesure que l'aire d'étude se réduit.

Pour comparer aux cartes habituelles, l'aire lointaine correspond à l'échelle du 1/100 000^e, l'aire rapprochée à une échelle comprise entre le 1/50 000^e et le 1/25 000^e, et l'aire immédiate, parcellaire, au 1/5 000^e. Ces échelles restent des ordres de grandeur ; dans l'étude d'impact, les cartes sont à adapter du fait des contraintes de mise en page (agrandissement ou réduction de la carte d'origine), d'où la nécessité de bien préciser l'échelle sur la carte. Toutefois, pour une meilleure lecture, ces cartes devraient être présentées à un format A3.

L'aire d'étude lointaine : Elle s'étend jusqu'aux limites du pouvoir séparateur de l'œil. Elle correspond à la zone au sein de laquelle le champ d'éoliennes devient un élément visuel du paysage. Cette aire d'étude intègre les données visuelles portant sur les inter-visibilités entre parcs éoliens, les covisibilités avec les sites majeurs inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO, les sites et monuments naturels protégés, les monuments historiques, mais aussi les lieux culturels et les lieux emblématiques non protégés.

Cette aire d'étude est celle sur laquelle les sites d'implantation potentielle doivent être analysés. Par la suite, elle est utile pour l'analyse des covisibilités avec le parc éolien. Elle correspond aux unités paysagères : le projet est étudié par rapport à son environnement global notamment à la taille de l'unité paysagère, de ses caractéristiques, de l'ambiance générale, etc.

L'aire d'étude rapprochée. C'est l'aire d'étude du projet par excellence. Le projet éolien y est perceptible dans sa totalité et s'inscrit dans le paysage comme un ensemble. Il forme un élément de paysage, au sein d'une structure paysagère. Cette aire d'étude rapprochée permet de caractériser, de façon approfondie, la partie de l'unité paysagère concernée par le projet et de préciser les types de structures paysagères qui la composent.

Elle intègre les données patrimoniales, les pratiques humaines, agricoles ou touristiques ou la gestion commune de l'espace. Elle intègre également les unités de paysage, le fonctionnement visuel (points de vue existants, types de vues, points d'appel...), les ambiances, les sensibilités particulières. Une attention particulière doit être portée sur les voies de communications, les belvédères et points de vue, les zones et points d'habitation et les lieux importants pour la population... Il faut y apprécier comment les éoliennes recomposeront le paysage, comment ce dernier fonctionnera et sera perçu.

C'est à cette échelle que naît le projet de paysage : la composition des structures paysagères et leur

articulation font comprendre le paysage dans sa globalité et montrent des pistes d'aménagement (existence d'une ligne de force, d'une organisation particulière des bois par rapport à l'espace cultivé, d'un fonctionnement spécifique des déplacements, etc.).

La connaissance des structures paysagères est primordiale, puisqu'elle fournit les éléments d'aide à la conception d'un projet de paysage avec des éoliennes.

C'est à l'échelle de cette aire que s'étudie et se précise le projet de paysage. Le parti d'aménagement est défini principalement en fonction des structures paysagères.

L'aire d'étude immédiate se situe à proximité des machines. Cette zone permet d'étudier les aménagements au « pied » des éoliennes (promontoire, surface stabilisée), mais aussi les accès, les locaux techniques l'installation du chantier... L'étude doit déterminer la nature des aménagements paysagers à prévoir, aménagements à adapter en fonction des impacts notamment de l'aménagement des accès, des installations de chantiers,... et de la vocation ultérieure du site. Cette aire d'étude correspond à celle de l'étude des éléments de paysage. C'est à cette échelle que sont élaborés les documents du volet paysager du permis de construire.

A retenir

Aires d'étude du paysage

Les trois aires d'étude sont :

- Une aire d'étude lointaine (1/100 000^e ; unités paysagères) qui sert à la comparaison et au choix des sites potentiels et à identifier les éventuelles covisibilités.
- Une aire d'étude rapprochée (1/50 000^e, 1/25 000^e ; structures paysagères) qui est celle du projet de paysage (étude des solutions possibles et du parti d'aménagement du projet retenu) et qui doit permettre d'anticiper la création, le fonctionnement et les conséquences du nouveau paysage.
- Une aire d'étude immédiate (1/5 000^e ; éléments paysagers) support à l'étude du traitement des abords du projet et des conséquences du chantier.

5.4 Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial d'un point de vue du paysage ne peut se résumer à un simple état des lieux du territoire concerné. Cette analyse doit être conduite en fonction du type d'aménagement projeté. Cet état initial n'est pas seulement une description du paysage, mais aussi une manière d'anticiper les formes de l'aménagement.

L'analyse du paysage nécessite obligatoirement une démarche transversale, qui exploite tous les éléments objectifs à disposition (topo-guide, cartes touristiques, cartes IGN, études thématiques et toutes sources spécialisées). L'analyse doit aussi appréhender, à travers l'observation fine et personnelle du milieu, les éléments de paysage (topographie, pédologie, orientations de versants, hydrographie dynamiques végétales, ...) et, en définitive, les structures paysagères ainsi produites. Les caractéristiques du paysage créé découlent donc du contexte paysager.

L'analyse de l'état initial du site et de son environnement doit notamment mettre en évidence les milieux naturel et humain, puis les caractéristiques du site. Elle permet ainsi d'identifier les unités et structures paysagères concernées, de qualifier la perception et les valeurs données au paysage et sa sensibilité, pour finalement déterminer les enjeux paysagers du site.

Cette démarche s'applique aux trois aires d'étude du projet : lointaine, rapprochée, immédiate. Les thèmes étudiés et le degré de précision sont liés à leur pertinence au regard de l'aire d'étude considérée, l'échelle du projet de paysage étant l'aire d'étude rapprochée, les aires d'étude lointaines et immédiates venant compléter cette approche. C'est donc cette échelle du projet qui devra être la plus développée pour étudier les principaux enjeux et pistes d'aménagement du projet.

5.4.1 Le contexte paysager

a) Les représentations associées au territoire

Un territoire inspire toujours ceux qui y passent ou ceux qui y sont nés et y habitent. Les productions, artistiques le plus souvent, qui en résultent traduisent un ou plusieurs aspects du territoire : une sensation, une impression qu'il est bon de connaître en découvrant pour la première fois le territoire. Poésies, peintures, sculptures... parlent du territoire. Dans le même ordre d'idées, la description du territoire en termes esthétiques (horizons, courbes, formes dominantes, sensations, ce qu'on appelle lecture du paysage...) doit être envisagée, au plus tôt, pour faire transparaître les impressions au contact de ce territoire.

b) Le milieu naturel

Le milieu naturel n'est pas décrit de manière exhaustive, ce sont plutôt les relations entre géologie, relief, hydrographie, climat et végétation qui sont intéressantes à connaître. La manière dont les éléments naturels sont organisés permet de comprendre la formation du territoire tel qu'il est aujourd'hui.

• Le sous-sol

La géologie et les sols sont étudiés s'ils ont une forte importance visuelle.

• Le relief

En plus de son rapport avec les autres thèmes des milieux naturel ou bâti, c'est surtout dans ce qu'il implique en matière de perception du territoire que le relief est intéressant. Les points hauts, les crêtes sont des endroits à considérer pour la perception de l'aménagement. Le relief est aussi un constituant important des structures paysagères.

• L'hydrographie

Les cours d'eau, les canaux créent par leur linéaire des lignes directrices dans le paysage. Les ripisylves sont aussi des éléments essentiels, notamment par leur végétation le long du lit qui renforce la ligne directrice et créent un repère fort dans le paysage.

• La végétation, l'occupation du sol

Sont pris en compte « le paysage » produit avec ses ambiances végétales et le rapport éventuel au bâti. Le critère visuel est essentiel : composition, équilibre, proportion, dominance... Le végétal (massifs boisés, d'alignements arborés, de haies bocagères) est étudié en tant qu'élément de paysage par sa présence ou son absence et par son organisation. La composition et la structuration du paysage ne s'expriment pas seulement en surface, mais surtout en volume, introduisant des rythmes, des masques, des fenêtres...

c) Le milieu humain

• Le territoire et ses usages

L'objectif, dans le cadre de l'approche paysagère, n'est pas d'établir un inventaire mais de restituer l'occupation humaine dans un milieu et d'en montrer les cohérences, les adaptations au terrain, les évolutions anciennes et récentes : occupation du sol, activités agricoles ou pastorales, activités industrielles, activités touristiques et sportives.... L'occupation « résidentielle » et l'évolution touristique sont également à prendre en compte.

• L'habitat et l'urbanisation

Dispersion de l'habitat, regroupement au sein de noyaux de village, bourg, hameau, étirement en village-rue, positionnement étagé de village perché et même nid d'aigle ou implantation en fond de vallon, c'est en réalité le rapport de l'habitat à l'espace qui est étudié et ce que cela produit dans les structures paysagères. On peut aussi consulter les documents d'urbanisme des communes concernées pour comprendre la logique de développement de l'habitat et la stratégie de développement communale ou intercommunale.

• Monuments, patrimoine, architecture vernaculaire

Le concept de patrimoine introduit plusieurs notions (rareté, fragilité, originalité, adaptation au site...) et s'applique non seulement à des éléments isolés (bâtis ou non), mais à des ensembles et compositions paysagères offrant un équilibre et une harmonie dans le site : les bâtiments, sites et éléments de paysage protégés par l'Etat ou les collectivités locales ou bien répertoriés dans les inventaires d'éléments remarquables (jardins, arbres, ouvrages d'art et petit patrimoine tel que fontaine, lavoir, etc.).

5.4.2 La perception du paysage

a) Perception visuelle

Le paysage étant décrit, il s'agit de savoir comment il peut être perçu visuellement par les habitants et les gens de passage. Cette recherche des points de vue sur le paysage peut faire partie des motivations du projet : la qualité de la vision depuis tel ou tel point de vue peut être un argument en faveur d'un projet plutôt qu'un autre. Il convient d'identifier les axes de perception, les champs visuels et le degré d'ouverture des cônes de perception visuelle. Ces points de vision peuvent d'ailleurs être utilisés dans l'étude des impacts visuels du projet.

Les points de vision sont définis par plusieurs facteurs.

• **La topographie** : dans l'aire d'étude rapprochée, le groupe d'éoliennes est parfois visible seulement selon des perspectives ouvertes par la topographie. La détermination de ces perspectives est essentielle. La perspective est étudiée en rapport avec un projet concret. Les cartes mises au point avec des logiciels spécialisés (zone d'influence visuelle) peuvent aider en ce sens.

• **La distance et l'angle de perception** : peu de possibilités sont actuellement offertes pour évaluer la différence entre une vue perpendiculaire et une vue dans l'axe, excepté en des lieux ponctuels ou par des simulations animées.

• **Le dégagement du champ visuel** : la présence de bâti, de végétation plus ou moins touffue, etc. sont autant de paramètres qui modifient la perception visuelle des éoliennes. La végétation, notamment, joue un rôle important, encore difficilement modélisable. Cependant, certains logiciels permettent à partir de la topographie et de l'occupation des sols de dresser une carte de visibilité plus précise (vue sur tout ou partie des éoliennes, types de vue, entière, partielle, tronquée).

• **L'accessibilité, la fréquentation du site** : les types de fréquentation du site sont à prendre en compte. Ainsi, le paysage sera vécu différemment par l'habitant et par le touriste. Les points de vision doivent être motivés et justifiés, en particulier au regard des pratiques du territoire :

- *Axes de communications* : les grandes infrastructures constituent des axes de vue privilégiés. Ces infrastructures constituent des axes de découverte et de pénétration visuelle et physique dans le paysage. Pour le touriste ou l'habitant, c'est à partir des autoroutes, nationales, départementales, chemins vicinaux, chemin de grande ou de petite randonnée... que sera perçu le projet ;

- *Lieux de vie* : c'est le rapport de l'homme avec son milieu de vie quotidien qui est questionné, du fait de l'introduction possible de nouveaux éléments dans son paysage. Les villages, places, etc. sont des endroits quotidiens de perception du projet ; les éoliennes doivent y être envisagées en tant que futur paysage familier ;

- *Circuits touristiques liés ou non à du patrimoine ou des sites*. Ce sont eux qui vont permettre aux gens de passage de découvrir le paysage et potentiellement le site éolien. La perception du projet depuis ces sites s'en retrouve importante puisqu'une certaine image du territoire en dépend.

A retenir

La perception visuelle du paysage

- Plusieurs facteurs de perception visuelle interviennent : la topographie, la distance et l'angle de perception, le dégagement du champ visuel, l'accessibilité et la fréquentation du site.
- Différentes formes de rendus sont possibles : photos à plusieurs échelles, cartes des points de vue à une échelle 1/100 000^e, cartes des perceptions visuelles (que voit-on du paysage depuis où ?), cartes des types de perception (entière, partielle ou tronquée).

b) Utilisations, représentations, valeurs du paysage, concertation

Les valeurs attachées à un paysage renvoient à la définition même du terme, à savoir la perception du territoire par les populations. Cette perception est nécessairement plurielle (différents groupes sociaux résidents, populations non résidentes). Il ne saurait donc y avoir de pensée unique sur un paysage donné. Les valeurs, les représentations, les impressions et finalement les perceptions associées à un paysage sont ainsi multiples.

Cette perception n'est pas non plus figée dans le temps. Les valeurs attachées à un paysage évoluent comme le système de représentation du monde de nos sociétés. En outre, l'aménagement d'un paysage, c'est-à-dire sa transformation par l'implantation d'un projet, éolien par exemple, change le référent des valeurs attachées au paysage en question. C'est en ce sens que l'on doit s'attacher à identifier quelles sont les valeurs partagées et attachées à ce paysage. C'est bien là l'enjeu majeur des démarches et procédures de concertation et de participation des citoyens au processus décisionnel.

Cette concertation peut faire émerger des points de vue contradictoires. Par exemple, en milieu rural, certains semblent percevoir l'éolien comme un soutien à leur activité, alors que d'autres voient dans les éoliennes une « image » contredisant celle de leurs produits. Une innovation telle que l'arrivée d'éoliennes, susceptible de venir amplifier la dynamique d'un paysage rural, peut être rassurante. Les résidents secondaires peuvent être plutôt attachés au caractère pittoresque de leur cadre de villégiature et par conséquent attentifs à la protéger du changement.

La présence d'éoliennes dans le paysage peut soit inciter des touristes occasionnels à faire une halte, soit les éloigner de cette zone.

Les pratiques sportives et touristiques peuvent aussi constituer un risque de concurrence entre différentes activités (parapente, chasse...).

En matière de paysage, les grands enjeux peuvent porter sur des télescopes entre les activités traditionnelles et la nouvelle activité projetée. Mais elles peuvent être aussi un lieu de rencontres, de convergences entre le domaine artistique ou culturel et la promotion de l'énergie éolienne et du vent. L'un des enjeux de la concertation est donc de réduire ces contradictions pour forger collectivement une vision partagée du territoire et une acceptation de l'aménagement du paysage induit par les éoliennes.

A retenir

Les représentations paysagères

- Un même paysage peut être perçu de différentes manières : la variété des populations entraîne une diversité des appréciations.
- L'implantation d'éoliennes peut entraîner un risque de télescope entre plusieurs activités.
- L'étude paysagère doit intégrer une vision collective du territoire.
- La concertation peut prendre la forme de réunions publiques d'information et d'échanges de points de vue, d'entretiens avec les représentants des différentes activités, d'enquêtes d'opinion, de sondages, des cartes des perceptions et représentations.

5.4.3 La sensibilité du paysage

Tous les paysages ne présentent pas la même sensibilité face à un aménagement projeté. L'analyse des structures paysagères prend ici tout son sens avec l'étude de compatibilité ou non de l'implantation d'éoliennes par rapport à une structure donnée. Mais, il n'en demeure pas moins que tout paysage est sensible au changement et à l'aménagement en ce sens qu'il ne sera évidemment pas le même après l'aménagement. Ceci est encore plus vrai avec les éoliennes puisque, ne pouvant les dissimuler, on crée un nouveau paysage.

La notion de sensibilité renvoie à cette capacité d'accueil d'un projet éolien. Cette appréciation de la sensibilité constitue une première synthèse de la capacité d'acceptation d'un paysage face à un projet éolien.

Trois niveaux de sensibilité peuvent être retenus :

- **sensibilité majeure.** Elle concerne les sites et paysages à valeur patrimoniale et identitaire reconnus (certaines lignes de crête, des curiosités géologiques, des éléments de patrimoine bâti, culturel et historique, les paysages emblématiques). A cela peut s'ajouter, selon les cas, la proximité d'un patrimoine protégé ou remarquable. De tels sites ne sont pas compatibles avec l'installation d'éoliennes ;

- **sensibilité très forte.** Elle concerne les paysages remarquables et les paysages dont la composition et l'organisation ne sont pas *a priori* favorables à l'installation de machines (selon les critères de morphologie paysagère, d'accessibilité, d'impact visuel présumé). Dans ce cas, l'installation d'éoliennes est à évaluer au vu de l'étude préliminaire, sous réserve d'études fines d'analyse des impacts et de recommandations particulières et en accord avec les choix locaux d'aménagement ;

- **sensibilité forte.** L'accueil de projets peut se faire sous réserve de concertation locale et d'une approche intercommunale.

A retenir

La sensibilité du paysage

- Tout paysage est sensible.
- L'expression de la sensibilité d'un site doit dresser une synthèse sur sa capacité d'accueil face aux éoliennes.
- Trois niveaux de sensibilité sont possibles : majeur, très fort, fort.
- Le rendu peut prendre la forme de tableaux synthétiques des sensibilités pour chaque structure et/ou unité paysagère et pour chaque thème

Tableau 19 : Un exemple de tableau récapitulatif et comparatif entre plusieurs projets

	Projet 1	Projet 2	Projet 3	Projet 4	Projet 5	Projet 6
Implantation par rapport au relief (bonne à mauvaise)						
Correspondance Unité Paysagère (bonne à mauvaise)						
Eloignement Monuments Sites (loin à trop près)						
Sensibilités Paysagères ZNIEFF (sensible à non sensible)						
Proximité autoroute/GR						
TOTAL	6	1	2	6	7	3

	bon
	moyen
	mauvais

5.4.4 Note sur les trois aires d'étude du projet

Ce travail à trois échelles n'est pas simple puisqu'il faut aussi le coupler à une approche temporelle des effets du projet (chantier, exploitation, suivi puis démantèlement). Il ne faut pas perdre de vue que c'est autour de l'aire d'étude rapprochée que tout doit s'articuler. Les différents thèmes peuvent être traités dans les trois échelles mais c'est l'aire d'étude rapprochée qui doit être la plus approfondie pour mettre au point un projet de paysage.

a) Aire d'étude lointaine

Par rapport aux thèmes décrits précédemment, et notamment les différents composants des paysages, l'aire d'étude lointaine est celle qui permet de localiser le projet dans son environnement le plus global : cadre général, ambiance, considérations d'importance nationale ou régionale, sites et monuments à considérer... A cette échelle il s'agit de connaître les covisibilités importantes qu'impliquera le projet, ainsi que les lieux de fréquentations depuis lesquels il sera perçu (zones d'habitats, axes, chemins, points touristiques importants, panoramas, à l'intérieur des cônes visuels...). On est plus dans la situation du projet que dans son explication. La description des unités paysagères doit aider en ce sens. Le travail à cette échelle a vocation à vérifier les incompatibilités éventuelles d'accueil d'un projet éolien.

b) Aire d'étude rapprochée

A cette échelle est étudiée la structure paysagère qui permet de faire émerger un parti d'aménagement. La configuration du relief, de haies, des alignements rythmant le paysage peuvent donner des indications pour l'implantation des différents composants du projet.

La recherche des points de vue et la compréhension de la fréquentation du site doivent aussi être envisagées de manière plus dans le détail pour comprendre le fonctionnement visuel de la structure concernée. Sans entrer dans la description exhaustive, les formes, les volumes, les surfaces, les couleurs, les alignements et les points d'appel importants sont décrits. Doivent aussi apparaître les pistes d'aménagement, des idées ou possibilités de composition du projet : sens d'implantation, organisation des alignements, espacement...

On peut, à cette échelle, aboutir à plusieurs *scenarii* : différentes zones d'implantation possibles ou des regroupements des éoliennes. Un tableau comparatif des différents partis d'aménagement peut être fait.

Les avantages et inconvénients de chaque parti, par rapport au grand paysage et par rapport aux spécificités de la structure considérée, peuvent être présentés en plusieurs catégories, de favorable à défavorable. Si l'aire d'étude lointaine permet d'étudier les possibilités d'accueil, l'aire d'étude rapprochée sert à étudier l'implantation du parc éolien. Des croquis d'ambiance aident à comprendre les éléments essentiels du futur aménagement.

c) Aire d'étude immédiate

A cette échelle, il s'agit notamment d'étudier les éléments de paysage qui seront concernés directement ou indirectement par les travaux de construction des éoliennes et des aménagements définitifs ou temporaires nécessaires au chantier et à l'exploitation des installations : le recensement des volumes, des alignements, des couleurs, etc. doit être fait pour décrire précisément la perception visuelle qu'on peut avoir du site. La description du site doit initier des préconisations sur les aménagements paysagers des abords (chemins d'accès, poste de livraison, parking, etc.).

5.4.5 Conclusion sur l'état initial paysager

L'analyse de l'état initial du paysage a pour objet de révéler « le paysage » ou « les paysages » du site à travers tous ses éléments constitutifs, non de façon cloisonnée et sectorielle, mais bien en exprimant ses traits caractéristiques de composition et ses spécificités.

Les thématiques, classiques pour une étude paysagère, doivent être orientées dans le sens de la création d'un nouveau paysage. L'étude des caractéristiques du paysage (contexte, composants, perceptions) permet de définir la sensibilité du paysage par rapport à un projet éolien pour conduire à la réalisation d'un nouveau paysage avec éoliennes cohérent avec le territoire. Cette étude de l'état initial vise à comparer différents projets possibles du point de vue du paysage : pertinence du site, du projet par rapport au paysage rapproché et dispositions à envisager dans l'aire d'étude immédiate.

L'agencement des éléments du paysage et son fonctionnement doivent guider le choix de la localisation du projet et lui donner un sens par rapport au paysage initial, ceci afin de lui conserver sa spécificité. Dans cette perspective, les structures paysagères, entre éléments du paysage et unités paysagères, sont au centre de l'étude du projet et ceci en lien avec les différentes échelles d'appréciation du projet.

Ce travail, à différentes échelles d'étude, doit servir à indiquer où et comment un projet éolien peut être implanté sur un territoire donné et fournir les arguments de choix entre différents projets.

5.5 Les variantes et les raisons du choix du parti retenu

Il est indispensable que l'étude du parti d'implantation retenu soit motivée par un projet de paysage qui doit être explicite dans l'étude d'impact (nécessité de la participation d'un paysagiste).

Le choix du projet, d'un point de vue paysager, doit se baser sur les différentes possibilités offertes par le territoire, étudiées dans l'état initial.

La notion de variante « territoriale » n'a de sens que si le territoire, soumis à étude, est d'ampleur suffisante. Elle n'a pas de sens si le choix des parcelles a été figé sur le plan foncier, car la latitude d'implantation s'avère alors quasiment inexistante.

Le choix entre plusieurs variantes se fait suivant les possibilités techniques, la motivation des acteurs mais aussi la disponibilité du foncier du territoire pour l'un ou l'autre des projets. Ce choix est vraiment lié aux conditions de chaque site.

Ces variantes sont autant de *scenarii* d'un projet de paysage. Mais il peut arriver que, compte tenu de l'ensemble des contraintes techniques et des conditions locales de l'environnement, les variantes se réduisent en fait à un seul scénario.

Les variantes techniques sont limitées, compte tenu de la faible marge de manœuvre sur la *design* des éoliennes. Toutefois, pour une même puissance installée, il est possible de choisir des machines distinctes afin d'en diminuer le nombre ou au contraire de l'augmenter. Le choix de la taille et du nombre des machines peut être guidé par le projet de paysage. Le choix du projet est donc guidé par l'étude de l'état initial, qui propose un ou des projets de paysage en fonction des caractéristiques du territoire. Cet état initial, couplé aux différentes contraintes liées à l'implantation des éoliennes (foncier, servitudes aéronautiques, vent...) va conduire le choix du projet. Les effets peuvent alors être étudiés par rapport au projet choisi.

A retenir

Les variantes paysagères

- Il peut exister plusieurs variantes d'un projet de paysage.
- Le choix parmi les variantes est fait selon les contraintes techniques, les motivations locales et le foncier.
- La présentation de la variante retenue peut s'organiser autour de descriptifs des différentes variantes et des critères de choix, de tableaux comparatifs des atouts et inconvénients de chaque variante.

5.6 Analyse des effets

Les effets dépendent du choix du site qui a été retenu à partir de l'analyse des différentes contraintes définies par le développeur (gisement, raccordements, paysage, bruit, zones naturelles, servitudes, etc.). Il ne faut pas en effet choisir le projet parce qu'il aura le moins d'effets sur un territoire, mais parce qu'il est le plus cohérent avec le territoire. Les effets sont donc évalués après le choix du site.

5.6.1 Les principaux effets des éoliennes sur le paysage

Les effets d'un parc éolien sur le paysage varient dans l'espace et s'évaluent aux trois échelles de perception (lointaine, rapprochée, immédiate). L'analyse des effets se situe en continuité avec l'étude de l'état initial, les effets étant mis en perspective avec cet état initial.

a) Les effets visuels

Ce sont incontestablement les effets les plus discutés d'un projet éolien. Les éoliennes, par leur grande taille, leur couleur blanche, leur mouvement, sont des objets qui ne peuvent être dissimulés et peu modifiés. C'est donc dans son rapport avec le lieu d'implantation que le parc éolien « fera paysage », c'est à dire que le paysage préexistant et le parc éolien s'intégreront mutuellement dans un nouveau paysage. L'analyse des effets visuels doit démontrer comment le projet y parvient.

Les trois aires d'étude sont complémentaires : l'aire d'étude lointaine permet de s'assurer qu'il n'existe pas

d'incompatibilité du projet à l'échelle du grand paysage ; l'aire d'étude rapprochée permet de concevoir un réel projet de paysage ; l'aire d'étude immédiate permet de préciser les détails d'implantation et les aménagements pour réduire les impacts sur le paysage à proximité des installations.

Il faut que l'on voit le parc dans son paysage, mais qu'on le voit « bien » : il est impossible de cacher un tel aménagement donc autant le revendiquer par ses qualités visuelles d'insertion.

b) Les effets cumulés avec d'autres parcs éoliens, le mitage

En urbanisme, le mitage est la dissémination de constructions implantées dans des zones rurales ou en périphérie des agglomérations, entraînant une détérioration/banalisation du paysage et un recul du milieu naturel.

La notion de mitage est un terme qualifiant un problème entre le milieu rural/agricole et l'urbanisation, avec notamment des conflits d'usages. Avec les éoliennes, il ne s'agit pas de conflit d'usage puisque les pratiques agricoles peuvent se poursuivre.

La notion de mitage renvoie aussi au fait que l'espace entre deux constructions nouvelles est souvent « condamné » à être construit à plus ou moins long terme, ce qui n'est pas le cas avec les éoliennes.

Pour les éoliennes, il s'agit de "mitage visuel" par la covisibilité avec d'autres parcs. Par covisibilité, on retient le sens défini par la loi relative à la protection des monuments historiques (loi du 3 décembre 1913) : il y a covisibilité de deux monuments si l'un peut être vu depuis l'autre ou s'ils peuvent être visibles en même temps. Les risques de covisibilité entre parcs éoliens existant ou en projet doivent être étudiés.

c) Les effets sur le fonctionnement du site

L'ouverture d'un site par des chemins destinés à l'exploitation et l'entretien ou, le cas échéant, à la découverte des éoliennes peut entraîner différentes conséquences sur le site :

- la sur-fréquentation éventuelle du site du fait de l'ouverture de nouveaux accès de grand gabarit ou du maintien de voies pour la maintenance ;
- des conflits de pratiques nouvellement juxtaposées, voire concurrentielles, dues à un accès facilité aux véhicules motorisés ;
- l'abandon du site, par une partie de ces utilisateurs, suite à l'implantation des éoliennes.

Il convient donc de prévoir ces évolutions. L'étude de paysage, qui a analysé les habitudes d'utilisation du site (par les touristes ou les habitants), peut fournir les éléments de nature à éclairer les choix possible visant soit faciliter la découverte du parc éolien soit à en interdire ou restreindre l'accès.

d) Les effets liés au chantier et à l'exploitation

Les travaux ont des effets directs et indirects sur le paysage de proximité. Par la réalisation ou l'élargissement des voies d'accès, les terrassements l'arrachage d'arbres, le compactage du sol, la destruction de murets ou des pollutions végétales par des terres exogènes,... les conséquences peuvent être diverses :

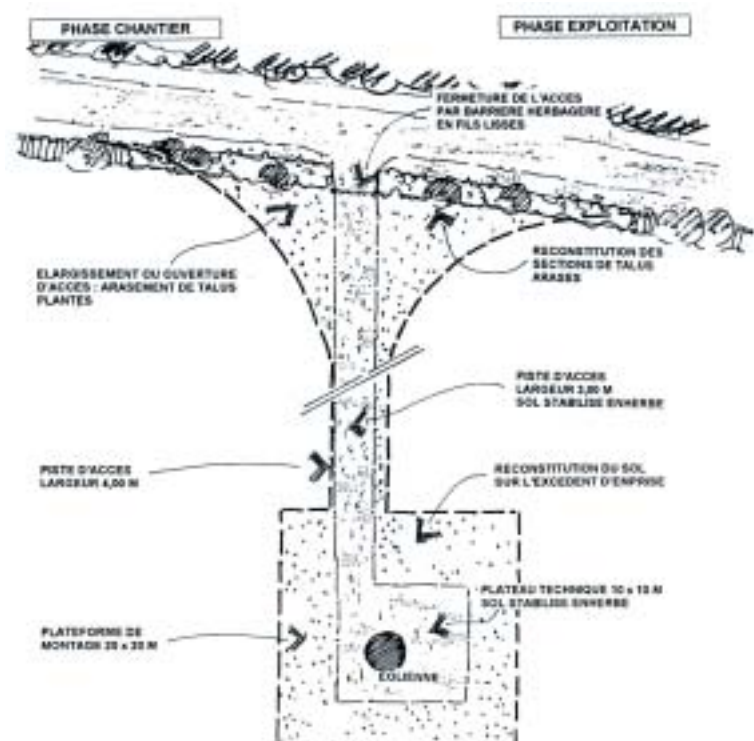
- destruction de la végétation existante et ouverture de vues ;
- modification de la couleur et de l'aspect végétal du site ;
- artificialisation du site (chemins, talus, zones sans végétaux, etc.).

L'analyse de ces effets est étudiée dans l'aire d'étude immédiate. La prévision fine des aménagements à réaliser (longueur de chemin, quantité de terre déplacée, etc.), la qualité des méthodes de construction et le respect général du site, doit favoriser la réduction de ces effets, voire les supprimer.

5.6.2 Les outils de représentation des impacts

L'évaluation des effets sur l'environnement s'appuie sur des méthodes et outils permettant la prévision et la détermination de l'importance des différents effets, qui sont choisis en fonction des aires d'études considérées.

Figure 25 : Un exemple de prévision des impacts dus au chantier



Source : ABIES

a) Les techniques photographiques

Les **photomontages** constituent un excellent support de concertation. Les logiciels permettent, à partir d'une photo donnée, de simuler la position et l'apparence d'éoliennes (inclues dans des catalogues) de manière fine, en panoramique, pour ressembler au champ visuel. L'objectif de prise de vue doit être précisé (par rapport à la vision humaine). Les points de vue doivent être pris depuis les endroits d'habitat, d'habitude, de passage et depuis les endroits importants du territoire (panorama, monuments, sommets, etc.) et répertoriés avec précision.

Les **représentations 3D** peuvent permettre de simuler la perception visuelle des éoliennes de n'importe quel point du territoire (accessible ou non), de manière animée ou non. Les techniques de rendu (mappage) ne donnent pas encore des images très réelles (aspect jeu vidéo) mais sont efficaces en complément des autres outils. Cette technique peut être utilisée à toutes les échelles. L'un de ses intérêts, pour les 3D animées, est de pouvoir zoomer et de simuler les différentes échelles de perception

visuelle. Toutefois, ce type de représentation est peu adapté à la présentation « papier » actuelle des études d'impact.

Figure 26 : Deux exemples de simulations 3D



Source EED

Source EED

Figure 27 : Exemples de simulations photographiques



Source : ABIES/EMD



Source : ABIES/EMD

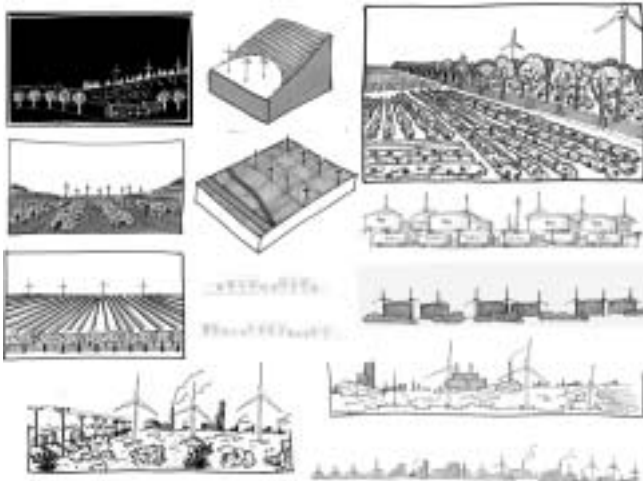
Les **vidéomontages** : à partir d'une vidéo tournée sur le site, on peut superposer les éoliennes projetées et simuler leur mouvement dans le paysage pour mieux apprécier la réalité du projet éolien. Cet outil a les mêmes intérêts (et les mêmes limites d'incorporation dans les études d'impact) que les simulations 3D, mais sans l'aspect jeu vidéo.

b) Le dessin interprétatif

Le dessin (croquis, bloc-diagramme, etc.) doit tout d'abord être de bonne qualité pour être crédible. Plusieurs types de dessin peuvent être utilisés selon l'échelle.

Le **croquis** réalisé à partir de photographies permet au paysagiste de rendre compte de ses intentions, des potentialités du site, "*de ce que pourrait être le projet*". Ce type de représentation peut être utilisé à l'échelle rapprochée, quand il s'agit de proposer des principes d'aménagement. Il doit être complété par des images plus techniques du projet.

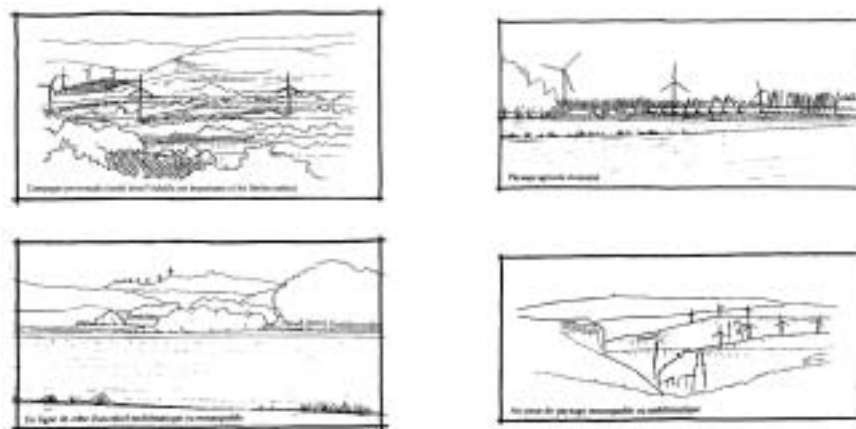
Figure 28 : Exemples de dessins interprétatifs autour des éoliennes



Source : ABIES

Le **dessin technique** est réalisé à partir du projet retenu (il peut être réalisé par informatique à partir d'une photo), le dessin essaie de traduire le plus fidèlement possible le projet.

Figure 29 : Exemples de dessins techniques de préconisations de projets extraits du « Schéma de cadrage des projets éoliens en Bouches-du-Rhône »

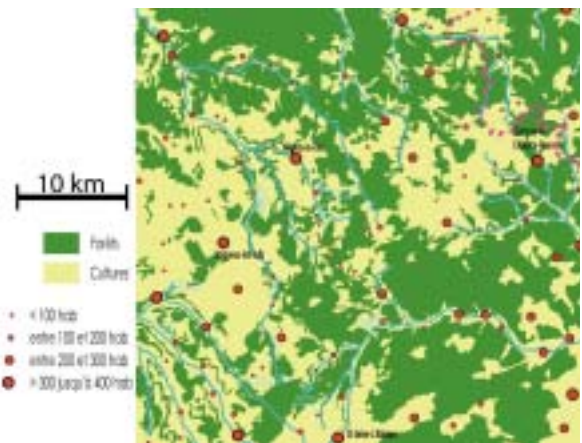


Source : ABIES

c) La représentation cartographique

Outil indispensable dès le début du projet, les cartes doivent être utilisées suivant les différentes échelles d'étude, correspondant peu ou prou aux trois aires d'études : 1/5 000^e (immédiate), 1/25 000^e et 1/50 000^e (rapprochée), 1/100 000^e (lointaine). Ces cartes permettent de visualiser les unités, structures et éléments de paysage, de resituer le projet dans son contexte : par rapport aux routes, aux lignes de crête, aux monuments, etc. Des logiciels permettent de retravailler ces cartes pour cibler sur l'information pertinente : réseau viaire, relief, monument, etc.

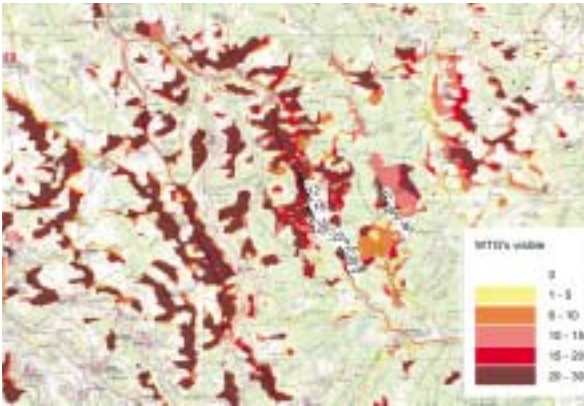
Figure 30 : Exemple de carte d'interprétation en Côte d'Or : occupation des sols et organisation des villages



Source : ABIES

Il peut aussi être intéressant de présenter une carte des zones d'influence visuelle qui définit les zones d'où l'on voit les éoliennes : combien d'éoliennes voit-on depuis quels endroits ? Des logiciels devraient aussi permettre à l'avenir de présenter les différents types de vue sur les éoliennes (entière, partielle, tronquée).

Figure 31 : Un exemple de carte de visibilité des éoliennes en Côte d'Or



Sources : ABIES/EMD

En tout état de cause, le maître d'ouvrage doit exposer la méthode d'étude retenue (les méthodes de représentation), en expliquer l'intérêt et indiquer, le cas échéant, quelles en sont les limites.

A retenir

Analyse des effets sur le paysage

- Les effets visuels existent aux trois échelles (lointaine, rapprochée, immédiate).
- D'autres effets sont à analyser : le mitage visuel éventuel, le fonctionnement du site (fréquentation, pratiques), la phase chantier.
- La traduction de ces effets peut prendre la forme de montages photographiques, représentation 3D, dessins d'ambiance, croquis, représentation cartographique : unités, structures, éléments de paysage, zones d'influence visuelle, ...

5.7 Mesures réductrices

Un parc éolien conçu dans une démarche de projet de paysage ne devrait pas faire l'objet de mesures de compensation ou de réduction des impacts. Toutefois, de manière ponctuelle, par rapport à des points de vue particuliers, il convient de rechercher des actions visant à réduire les impacts visuels des éoliennes. Des mesures de réduction ou de suppression liées aux impacts du projet sur le paysage de proximité peuvent être nécessaires.

Ainsi, les équipements et infrastructures (route ou piste d'accès et de maintenance des éoliennes, réseau électrique de raccordement, poste de transformation, poste de livraison...) peuvent avoir un impact important sur le paysage. Un soin tout particulier doit donc être porté à la définition des mesures les concernant, dont le détail est précisé dans le cadre de l'instruction de la demande de permis de construire.

De même, la phase chantier engendra des modifications locales. L'étude d'impact doit exposer les mesures qui seront prises pour la remise en état après l'achèvement du chantier. Les mesures développées dans le présent chapitre complètent les choix préalablement faits.

5.7.1 Mesures concernant le paysage immédiat

a) Les pistes d'accès

Certaines mesures techniques doivent être respectées, pour limiter, voire supprimer les impacts liés aux voies d'accès : limitation des apports de matériaux, des débroussaillages, remaniements de la piste en fin de chantier.

Pour les créations de pistes, il faut éviter de déstructurer les terrains alentours. Le chemin d'accès doit être intégré dans son environnement, notamment dans son tracé.

Ces pistes peuvent, le cas échéant, servir de chemins de découverte du site éolien et être raccordées à un sentier pédestre de Grande Randonnée ou autre chemin existant, une boucle sur le site éolien lui-même, favorisant ainsi la découverte du site.

b) Locaux techniques

Si les lieux s'y prêtent, d'anciens éléments bâtis peuvent constituer une opportunité pour aménager le poste de livraison de manière cohérente. Les bories, cazelles ou bergeries parfois présentes et souvent abandonnées sur le site peuvent, dans certain cas, être réutilisées. Ils peuvent également offrir une double fonction : par exemple technique pour le parc éolien et d'abri pour les marcheurs. Mais il faut éviter tout pastiche local ou volonté de dissimulation : il s'agit de composer, pas de cacher.

Ces locaux techniques peuvent par ailleurs servir de point d'information de proximité sur le site éolien : un panneau peut aider à faire comprendre ce type d'équipement. (Voir l'encart page suivante sur la publicité).

c) Enfouissement de la ligne électrique et raccordement au poste source

Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées sont opérées en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier. Les pistes doivent être restituées dans leur état initial, sans élargissement supplémentaire, sauf exception très ponctuelle et correspondant à une demande locale des utilisateurs (maintien du passage des engins agricoles, chasseurs).

Les pistes doivent conserver une portance permettant l'intervention de véhicules motorisés pour la maintenance. Ces interventions ne doivent pas empêcher une ré-intégration paysagère des pistes dans leur environnement. La réduction des impacts de chantier est conditionnée par le caractère « naturel » qui sera redonné à ces pistes en fin de chantier.

d) Renforcement des caractéristiques d'insertion du projet

Il est possible de souligner l'accompagnement paysager du projet par le rappel de certaines caractéristiques du paysage : des haies brise-vent, des alignements caractéristiques, une texture particulière de l'occupation du sol, une présence forte d'une activité (agriculture, etc.).

Des plantations (alignements d'arbres, etc.) ou des aménagements rappelant ces caractéristiques faciliteront la compréhension du site.

e) Pédagogies autour de l'éolien et du développement durable

Le projet éolien peut soutenir des initiatives dans un objectif de développement durable et d'aménagement raisonné du territoire (halle pédagogique, parcours pédestre...).

5.7.2 Mesures concernant les paysages rapproché et lointain

Les éoliennes n'étant pas dissimulables, les mesures concernant les échelles rapprochée et lointaine de paysage sont limitées.

Mais, notamment grâce aux zones d'influence visuelle, il est possible de prévoir les zones depuis lesquelles le projet pourra être vu. Ainsi, dans des zones de vue à sensibilité majeure, il peut être possible d'envisager de cacher la vision des éoliennes (plantations autour d'un monument, d'un point de vie majeur dans un village, etc.). On peut aussi étendre les chemins de découverte du site aux autres échelles du paysage. En effet, il est possible d'organiser des itinéraires en fonction de l'échelle de perception visuelle du projet et des vues qu'on peut avoir sur le projet. On fait ainsi découvrir différents aspects du site.

Des panneaux signalant le projet peuvent très bien être mis en place sur les grands axes de communication du territoire autour du site (toujours dans le respect des règles de publicité hors agglomération).

5.8 Suivi et bilan paysager des implantations des éoliennes

La réalité de l'aménagement ne peut pas être immédiatement perçue dans sa totalité, en particulier pour ce qui concerne la « cicatrisation » du chantier d'installation. Aussi, le maître d'ouvrage peut prévoir la présentation d'un bilan paysager à l'issue de quelques années de fonctionnement.

Ce bilan peut prendre la forme de re-photographies des vues de référence identifiées dans l'étude d'impact. Ainsi, les simulations et photomontages peuvent être

RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE PUBLICITÉ ET D'ENSEIGNES

Selon le code de l'environnement (art. L 181.1 à L 181.45) et ses décrets d'applications (notamment le décret n°80-923 du 21 novembre 1980 et le décret n°82-211 du 24 février 1982) qui fixent les règles applicables aux publicités et enseignes visibles depuis les voies publiques, les principales règles à respecter sont les suivantes :

- les enseignes, au sens de l'article L 581-3 du code de l'environnement, apposées sur ou à proximité d'une éolienne et comportant un message relatif à l'activité liée à l'éolienne sont autorisées et doivent respecter les prescriptions du décret n°82-211,
- les dispositifs comportant le nom du fabricant de l'éolienne sont des dispositifs publicitaires et sont interdits sur des éoliennes (ou à proximité) situées hors agglomération et dans tous les lieux interdits à la publicité.
- la jurisprudence considère qu'un dispositif dont le message est relatif à l'activité de l'immeuble sur lequel il est apposé n'est pas une enseigne mais une publicité (et donc interdite hors agglomération) si ce dispositif est visible de loin.

comparés à la réalité de l'aménagement pour vérifier la fiabilité des outils employés et éventuellement revoir l'utilisation de ces outils.

Le suivi paysager peut être conduit dans quatre directions :

- **Les prévisions étaient-elles bien faites ?** Le projet ressemble-t-il à ce qui était annoncé dans l'étude d'impact ? Les articles L.460-1 et 2 (du code de l'urbanisme) relatifs au certificat de conformité prévoient cette vérification. Dans le cas des éoliennes, il paraîtrait opportun que les certificats en questions soient réalisés avec soin.
- **Une appréciation sur la réelle évolution du site.** Est-ce que les prescriptions ont été suivies d'effets ? Ont-elles atteint leur objectif ? La cicatrisation du site est-elle rapide, efficace... ?
- **Les autres évolutions.** Quelles évolutions non prévues sont survenues : modification de fréquentation (abandon, sur-fréquentation), stationnement sauvage de véhicules, vandalisme, modification de la physionomie du site, animation du site ?
- **L'appropriation du site par les riverains.** Il peut être utile de réaliser une enquête après la mise en production des éoliennes, pour connaître les évolutions du public et de la population riveraine dans l'acceptation de l'éolien sur leur territoire de vie. Il n'est pas sans intérêt d'identifier aussi les détournements de fonction ou les évolutions des pratiques dans le site – sur le plan agricole, pastoral ou même touristique – du fait de l'arrivée de l'éolien sur un territoire.

A retenir

Les mesures réductrices pour le paysage

- Des mesures ponctuelles de réduction de visibilité sont envisageables.
- Les mesures réductrices peuvent intervenir sur les pistes d'accès, les locaux techniques, le raccordement.
- Des mesures de renforcement de l'insertion sont réalisables autour des aménagements (abords).

5.9 Démantèlement et remise en état du site

Au bout de 20 à 30 ans, si le parc éolien n'a pas été rénové ou réinstallé, il doit être démantelé. Le site doit alors être remis en état.

Nous disposons de peu de retours sur de telles mises en état. Mais, dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir une remise à l'état des lieux tenant compte des évolutions pendant la période de vie du parc :

- le paysage a évolué sous les éoliennes en 20 ou 30 ans ; il y a eu des repousses, etc. ;
- il y a eu un changement dans le site. On a créé un nouveau paysage avec les éoliennes et dorénavant le site est perçu différemment. Les usages du site ont peut-être évolué et si l'implantation a été bien réalisée, la population s'est habituée aux éoliennes ;

- on ne retrouvera sans doute jamais exactement l'état original du site ;
- les techniques et enjeux auront sans doute évolué en 20 ou 30 ans.

En tout état de cause, le principe législatif est celui de la remise en l'état et l'étude d'impact doit s'attacher à chiffrer les coûts correspondants afin de permettre la définition des modalités du cautionnement.

Certes, il est difficile, voire vain, de tenter de prévoir quelles seront les exigences des générations qui devront prendre la décision effective dans 20 ou 30 ans. Mais ce principe de remise en l'état respecte l'esprit de la loi de janvier 2003 en offrant la plus large ouverture pour les décisions à venir, selon l'un des principes du développement durable : "Léguer aux générations futures les mêmes bases économiques, environnementales et territoriales que celles dont nous avons bénéficié".

Figure 32 : Dessin d'enfant



Source : AME/ABIES

6. Bruit et santé publique

Les éoliennes sont sources de bruit en phase de fonctionnement. Bien que les niveaux sonores émis soient relativement faibles, comparativement à ceux émis par une route à grande circulation par exemple, l'exigence bruit est l'une des principales contraintes à l'implantation d'un parc éolien et tient par conséquent une place prépondérante dans l'étude d'impact. Cette dernière doit d'une part faire la démonstration du respect de la réglementation en vigueur et, d'autre part, traiter du thème du bruit en terme de santé publique.

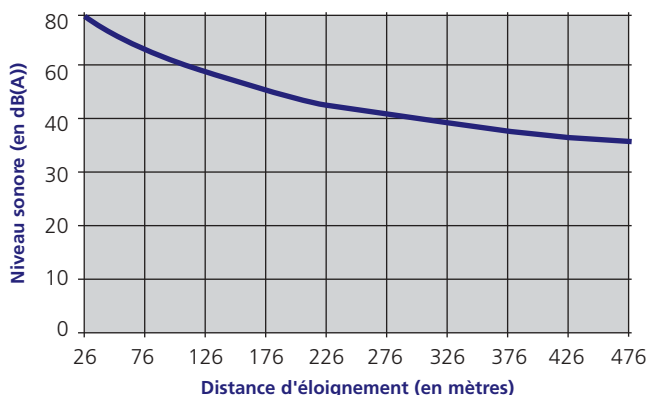
6.1 Notions sur le bruit

6.1.1 Notions générales sur le bruit

Un son est caractérisé par :

- sa force perçue, son volume ou son amplitude (dépendant de son intensité), exprimée en décibel (dB) permettant de distinguer les sons faibles des sons forts ;
- sa hauteur dépendant de sa fréquence, exprimée en hertz (Hz) c'est-à-dire en nombre de vibrations par seconde, permettant de distinguer les sons graves des sons aigus ; les sons graves correspondent à des fréquences de 20 à 200 Hz, les médiums à des fréquences de 200 à 2 000 Hz et les aigus à des fréquences de 2 000 à 20 000 Hz. En deçà, ce sont des infrasons inaudibles et au-delà, ce sont des ultrasons perçus par certains animaux ;
- sa durée, mesurée en unité de temps (minutes ou secondes), permettant de distinguer les sons brefs des sons persistants.

Figure 33 : Exemple de décroissance du niveau sonore (d'une éolienne d'1MW) en fonction de l'éloignement



Source : EED

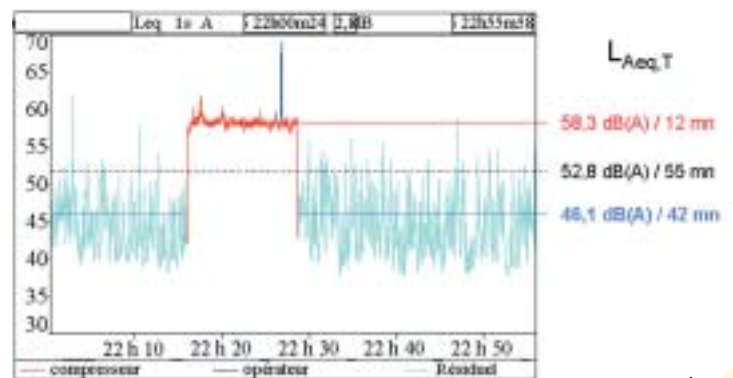
Un **bruit** est un mélange de sons, d'intensités et de fréquences différentes. Il est défini par son spectre qui représente le niveau de bruit en dB pour chaque fréquence.

L'intensité est mesurée **en décibels** sur une échelle logarithmique. En effet, les grandeurs physiques usuelles ne rendent pas compte des sensations auditives de l'oreille (et du cerveau). Ainsi lorsque la pression acoustique est multipliée par dix, la sensation sonore n'est que doublée ; mais un doublement de la pression acoustique entraîne un accroissement du niveau de pression sonore de 3 dB. Un niveau sonore de 100 dB contient donc deux fois plus d'énergie qu'un niveau sonore de 97 dB.

Pour tenir compte de la **sensibilité de l'oreille humaine**, plus grande aux sons aigus qu'aux sons graves, on applique une pondération selon les fréquences : le niveau sonore est alors exprimé en **dB(A)**.

Pour apprécier la conformité à la réglementation ou les inconvénients provoqués par un bruit, on emploie fréquemment **le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (L_{Aeq,T})** qui est une moyenne du niveau de bruit sur une période de temps.

Figure 34 : Exemple de niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A



Source : EED

6.1.2 Spécificité du bruit des éoliennes

Pour des distances proches (jusqu'à environ 100 mètres), on distingue trois bruits issus de deux sources de bruit :

- un bruit d'origine mécanique provenant de la nacelle et des éventuels multiplicateurs. Le bruit est plus marqué sous le vent de l'éolienne et quasi inaudible au vent pour des distances supérieures à 200 mètres ;
- un sifflement d'origine aérodynamique que l'on situe en bout de chaque pale ;
- un bruit périodique également d'origine aérodynamique, provenant du passage de la pale devant le mât de l'éolienne.

Ces différents bruits tendent à se confondre au fur et à mesure que l'on s'éloigne des éoliennes. Le bruit dit mécanique disparaît rapidement ; demeure alors un bruit d'origine aérodynamique avec un phénomène de « battements » correspondant aux passages des pales devant le mât.

Le niveau sonore émis par une éolienne, tout comme la puissance électrique délivrée, dépendent de la vitesse du vent. Il s'agit d'une spécificité unique dans les équipements et infrastructures « bruyants ».

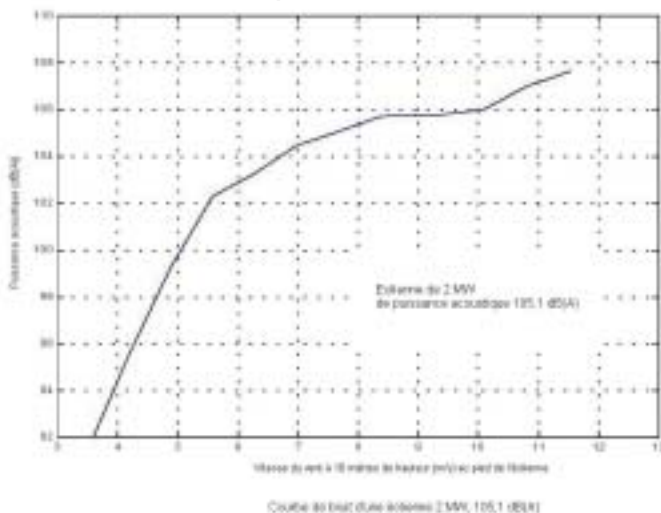
A des vitesses de vent inférieures à 3 m/s (environ 10 km/h), l'éolienne ne tourne pas et ne fonctionne donc pas.

Vers 4 ou 5 m/s (15-20 km/h), elle commence très progressivement à entrer en production. Elle délivre sa puissance électrique maximale vers 12 ou 15 m/s (environ 40 et 50 km/h), selon les modèles.

Entre 15 et 30 m/s (environ 50 et 90 km/h), la puissance électrique reste globalement constante.

Au-delà, pour des raisons de sécurité, l'éolienne est arrêtée.

Figure 35 : Exemple d'évolution de la puissance acoustique en fonction de la vitesse du vent



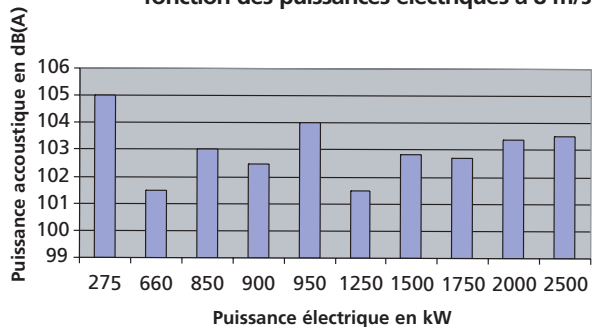
La puissance acoustique de l'éolienne suit assez étroitement cette puissance électrique délivrée par l'éolienne. Aux faibles vitesses de vent, l'éolienne est peu bruyante, tandis qu'aux grandes vitesses, l'éolienne est en pleine puissance, tant électrique que sonore.

Le bruit des éoliennes évolue en fonction de la vitesse du vent, tout comme les niveaux de bruit ambiant et résiduel (bruit du vent dans la végétation et/ou sur des obstacles).

Il n'existe pas de relation de proportionnalité entre la puissance acoustique d'une éolienne et sa puissance électrique : ces dernières années, la taille et la puissance électrique des éoliennes installées n'ont cessé d'augmenter, alors que leur puissance acoustique a peu varié.

En effet, la principale contribution sonore, à grandes distances, est le bruit d'origine aérodynamique qui, pour simplifier, est directement lié à la vitesse de rotation des pales et à celle du vent. Plus une éolienne est grande, plus ses pales tournent lentement (ceci s'explique

Figure 36 : Evolution des puissances acoustiques en fonction des puissances électriques à 8 m/s



Pour chaque puissance électrique, la puissance acoustique indiquée est la moyenne des puissances acoustiques de machines de différents constructeurs.

Source : Gamba

techniquement par le fait que la vitesse en bout de pale a des limites qu'il ne faut pas dépasser : cette vitesse en bout de pale est identique pour tous les modèles).

Quelques ordres de grandeur permettent de situer les niveaux sonores susceptibles d'être perçus par les riverains.

A titre d'exemple, pour une éolienne de 1 MW environ, ayant une puissance acoustique de 105 dB(A), les valeurs suivantes sont données à titre indicatif et sont valables pour une propagation en « champ libre » (ex : plaine sans obstacle) :

- environ 55 dB(A) à 100 mètres de l'éolienne (à titre de comparaison, 50-60 dB(A) équivalent au niveau sonore d'une conversation à voix normale),
- environ 40 dB(A) à 500 m de cette éolienne (à titre de comparaison, cela équivaut au niveau sonore dans une salle de séjour en présence d'occupants s'adonnant à des activités calmes, de type lecture),
- environ 32 dB(A) à 1 000 m de cette éolienne (à titre de comparaison, cela équivaut au niveau sonore dans une chambre à coucher dont les occupants sont au repos).

A retenir

Le bruit des éoliennes

- **Il n'existe pas de relation de proportionnalité entre la puissance acoustique d'une éolienne et sa puissance électrique.**

6.2 Cadre réglementaire

Différentes réglementations en matière de bruit s'appliquent aux installations industrielles classées, aux infrastructures de transports, aux bâtiments d'activités spécifiques (lieux musicaux...).

Concernant l'éolien, aucune réglementation spécifique n'est en vigueur. Les projets sont donc soumis à la réglementation des bruits de voisinage. Cette réglementation s'appuie sur la notion de valeur d'émergence (article R 1336-8 et R 1336-9 du code de la santé publique, arrêté du 10 mai 1995 relatif aux modalités de mesure des bruits de voisinage). Une modification de la réglementation bruits de voisinage est en cours.

L'émergence est définie dans la norme AFNOR NF S 31-010 comme étant une « *modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition du bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence* ».

Cette définition est complétée par le premier alinéa de l'article R 1336-9 du code de la santé publique, précisant que « *l'émergence est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et celui du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, dans un lieu donné, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement normal des équipements.* »

Autrement dit, l'émergence est la différence entre le bruit ambiant avec l'installation en fonctionnement (en l'occurrence les éoliennes) et le bruit résiduel avec l'installation arrêtée (ou sans l'installation). La réglementation fixe une émergence maximale à ne pas dépasser.

Selon cette réglementation sur les bruits de voisinage, l'infraction n'est pas constituée lorsque :

- le bruit ambiant en présence du bruit particulier incriminé est inférieur à 30 dB(A) chez le riverain considéré,
- pour un bruit ambiant supérieur à 30 dB(A) chez le riverain, l'émergence du bruit incriminé est inférieure aux valeurs suivantes :
 - 5 dB(A) pour la période de jour (7h - 22h),
 - 3 dB(A) pour la période nuit (22h - 7h).

La période nocturne est la plus contraignante, d'une part, en raison de l'émergence moindre tolérée, et d'autre part, car la nuit est logiquement beaucoup plus calme en raison d'activités humaines moindres.

A retenir

Réglementation relative au bruit des éoliennes

- Les éoliennes sont soumises au régime commun des « bruits de voisinage », défini dans le code de la santé publique.
- Leurs émergences niveaux sonores ne doivent pas émerger (dépasser de plus de 5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit pour un niveau de bruit ambiant (comportant le bruit des éoliennes) supérieur à 30 dB(A).

6.3 Cadrage préalable

a) Zones d'étude à considérer

L'impact des émissions sonores des éoliennes doit être étudié auprès des habitations les plus exposées, à savoir :

- les habitations les plus proches du site : leur repérage est indispensable pour identifier les plus sensibles (type d'occupations, agencement des lieux, ...);
- les habitations situées sous les vents dominants (en particulier là où la direction des vents dominants est marquée);
- les habitations situées dans des configurations topographiques particulières pouvant induire des niveaux résiduels faibles localement, malgré des vitesses de vent élevées sur le site éolien.

Figure 37 : Vitesse du vent et influence du relief



Source : Gamba

Les éoliennes sont naturellement installées là où il y a le plus de vent, notamment sur les crêtes; ainsi les habitations situées à l'abri du vent, en contrebas, dans une « cuvette », peuvent bénéficier d'un niveau résiduel faible, voire très faible, car localement le vent y est très faible, alors qu'il souffle « fort » sur le champ d'éoliennes.

Il n'y a pas de règle de distance d'éloignement prédéfinie pour garantir le respect des émergences réglementaires, et que ces distances peuvent varier du simple au double selon la topographie du site et selon les valeurs des niveaux résiduels.

EXEMPLES DE DISTANCES D'ÉLOIGNEMENT

Afin de faciliter les comparaisons, ces deux exemples ont été volontairement choisis avec le même nombre et la même puissance de machines, même implantation, végétation comparable aux abords des habitations. La seule différence réside dans la nature du relief du site. Les vitesses de vent utilisées pour les analyses ont été prises à 10 mètres au dessus du sol, sur le site éolien.

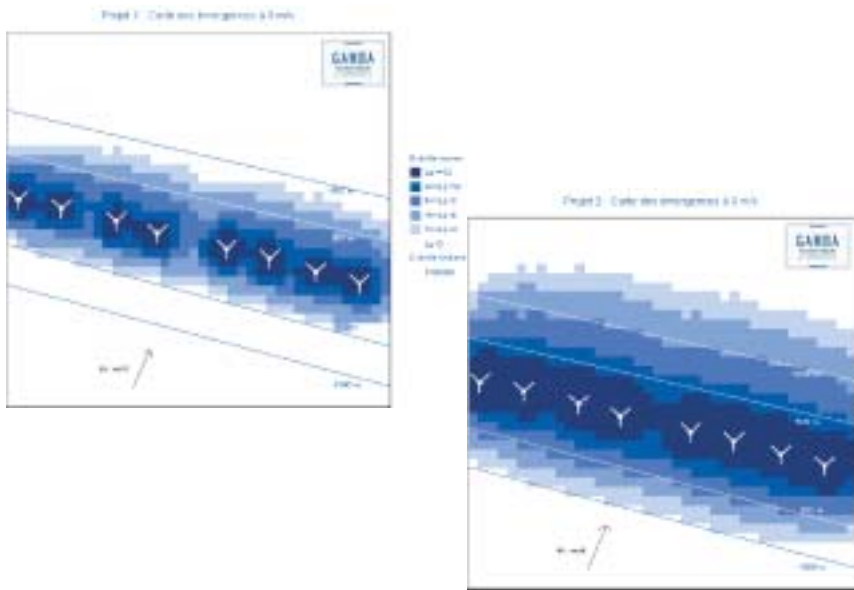
Projet 1 : projet éolien de 8 machines de 1500 kW implantées dans un relief plat.

Le relief est plat et les habitations sont entourées d'arbres. Le site est calme, dépourvu de voies de circulation importante. Les niveaux résiduels sont fortement influencés par le bruit du vent dans les arbres lorsque celui-ci se met à souffler, et ceci dès les faibles vitesses de vent. Les habitations sont situées face à la ligne d'éoliennes à peu près en son milieu, à une distance de 750 m à la perpendiculaire de la ligne.

Projet 2 : projet éolien de 8 machines de 1500 kW situées sur une ligne de crête.

Le site présente un dénivelé important entre les éoliennes et les habitations (200 m environ). Les habitations sont situées sous le vent dominant par rapport au projet éolien; les plus proches sont éloignées de 650 m, les plus éloignées de 1250 m.

Le couvert végétal est important dans tout l'environnement y compris au niveau des habitations. Du fait d'un relief fortement marqué, les habitations sont abritées du vent et ce même pour des vitesses de vent importantes. Les niveaux résiduels sont donc faibles et peu dépendants des vitesses de vent.



Source : Gamba

Les cartes des émergences de nuit obtenues avec des vitesses de vent de 6 m/s pour les deux projets se présentent de la façon suivante. Pour tout projet éolien de 6 à 8 machines, on peut seulement constater qu'en deçà de 500 m le projet a fort peu de chance d'être conforme à la réglementation, et qu'au delà de 2000 m les risques de non conformité sont très faibles. Entre ces distances, une étude d'impact acoustique complète et cohérente est indispensable.

Le législateur demande à ce que les populations les plus fragiles soient considérées. En effet, les effets du bruit sur la santé sont plus graves sur certaines personnes considérées comme plus vulnérables (personnes âgées, jeunes enfants, personnes atteintes de cécité ou de maladies cardio-vasculaires, les personnes en séjours hospitaliers ou de réhabilitation...).

Cette demande pose plusieurs types de difficultés : d'une part, un tel recensement suppose l'accès à certaines informations particulièrement précises, voire confidentielles ; d'autre part, elle ne prend pas en compte l'évolution au fil des ans de cette population (avec ou non le renforcement de cette fragilité). C'est pourquoi l'étude d'impact se réfère avant tout à la présence de lieux susceptibles d'accueillir ce type de populations.

Le strict respect des exigences réglementaires est suffisant dans la plupart des cas de populations fragiles. Cependant, lorsque le voisinage est hyper-sensible, on aura intérêt à viser des émergences plus faibles.

Un éloignement minimal de la source sonore pour s'affranchir des nuisances de bruit n'a de valeur ni réglementaire, ni physique. En France, contrairement à certains de nos voisins européens, le raisonnement se fait en terme d'émergence. La réglementation n'est donc pas transposable directement en une distance puisqu'elle est fonction des caractéristiques du bruit résiduel et du bruit particulier.

Malgré tout, la prise en considération d'un éloignement minimal de tout riverain peut avoir un sens pour le maître d'ouvrage dans cette phase de cadrage préalable. Cet éloignement est à moduler selon les caractéristiques du site et du parc. En limite de l'aire d'étude, le respect de la réglementation en vigueur doit être assuré.

A ce stade du cadrage préalable, il appartient à l'acousticien de définir et justifier sa zone d'étude. La topographie, l'emplacement des habitations par rapport aux vents dominants et la taille du projet sont des facteurs importants qui font que, dans certains cas, des habitations à plus de 1000 m du site éolien ne sont pas à exclure de l'étude.

b) Eléments à considérer lors du cadrage préalable

Plusieurs méthodes peuvent être préconisées pour identifier et caractériser le site au stade du cadrage préalable :

- Consultation des données cartographiques : utilisation de cartes IGN 1/25 000^e, utilisation de photos aériennes permettant de visualiser le bâti, la topographie et la couverture végétale des lieux ; il est préférable de vérifier l'exactitude de ces données auprès des services de la mairie ou par une visite de terrain ;
- Consultation des services de la mairie afin de prendre connaissance d'éventuelles futures constructions à proximité du site ;
- Prise en compte de la rose des vents afin de déterminer les vents dominants (auprès de Météo-France par exemple) ;
- Consultation des services de l'administration compétents : DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales). Elle ne fournit pas de données sur le bruit résiduel. En revanche, elle peut préciser le cahier des charges des mesures de l'ambiance sonore à entreprendre et, éventuellement, le contenu d'un règlement départemental.

A retenir

Cadrage sonore préalable

- La réglementation sonore n'impose pas d'éloignement minimal de la source sonore, en l'occurrence les éoliennes.
- L'aire d'étude sonore est à définir par l'expert acousticien, en prenant en compte les populations et les habitations les plus sensibles.

6.4 Analyse de l'état initial

6.4.1 Etat acoustique initial

a) Les conditions de mesurage

L'état initial doit s'attacher à caractériser les ambiances sonores auprès des habitations les plus exposées et/ou sensibles.

Si le vent au point d'implantation des éoliennes est inférieur à 3 ou 4 m/s, les éoliennes ne fonctionnent pas. Par conséquent, les niveaux résiduels à prendre en compte sont ceux qui existent en présence d'une vitesse de vent minimale au point de réception. Les mesures de l'état initial acoustique doivent donc permettre de caractériser l'évolution des niveaux résiduels en fonction des vitesses de vent.

EXTRAIT DE LA NORME NF S 31-010**7 RAPPORT DE MESURAGE :****7.1 Contenu du rapport**

Le rapport de mesure doit mentionner :

- la référence au présent document ainsi que la mention suivante : « Les mesurages ont été effectués conformément à la norme NF S 31-010 sans déroger à aucune de ses dispositions » ;
- l'objet des mesurages ;
- la méthode utilisée (contrôle ou expertise) ;
- pour chacun des éléments de la chaîne : nature, marque, type, n° de série ;
- la durée du (des) bruit(s) particulier(s) ainsi que celle de l'intervalle d'observation et, le cas échéant, celle des intervalles de mesure ;
- le moment de la journée où le(s) bruit(s) se manifeste(nt) et où les mesurages ont été effectués ;
- les emplacements de mesure avec leur qualification (conventionnels ou spécifiques) ;
- le croquis des lieux (à main levée ou autres) ;
- avec indication de l'emplacement de la source ;
- avec indication précise des emplacements de mesure ;
- les conditions de fonctionnement de la (des) source(s) de bruit telles qu'elles ont pu être appréhendées et notamment en cas de mesurages à l'extérieur, les conditions météorologiques régnant pendant les mesurages (voir 5.3 ou 6.4) ;
- la date à laquelle les mesurages ont été effectués et le nom de l'opérateur ;
- la date d'établissement du document et le nom du responsable des mesurages ;
- les niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés A, $L_{Aeq,T}$ relevés en précisant les intervalles de temps associés ;
- la méthode d'autovérification utilisée, le cas échéant, le descriptif de la méthode utilisée si celle-ci est différente de celle de l'annexe A ;
- dans le cas de la méthode d'expertise, donner :
 - une évaluation justifiée de la précision des mesurages selon les indications du 6.6.1 ;
 - si possible une représentation graphique de séries de L_{Aeq} courts précisant les échelles sur les axes de coordonnées ainsi que la durée d'intégration (voir 6.5.1) ;
 - le cas échéant, les indicateurs particuliers utilisés.

Le rapport de mesure doit indiquer en outre les circonstances particulières et les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

7.2 Traçabilité

Le rapport de mesure doit être conservé au moins deux ans.

Les mesures des niveaux sonores résiduels doivent être réalisées selon la norme NF S 31-010 « Caractérisation et mesure des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesure ». Elles nécessitent l'intervention d'un cabinet d'expertise acoustique.

Cette norme définit les indicateurs spécifiques, les matériels de mesure et l'acquisition des données.

Elle prend en compte les conditions météorologiques pour la caractérisation d'une situation sonore : un vent inférieur à 5 m/s au niveau du microphone de mesure est nécessaire mais non suffisant. Ainsi, il convient de ne pas faire de mesure quand la vitesse du vent est supérieure à 5 m/s sur le microphone, ou en cas de pluies marquées, car l'action du vent ou de la pluie sur le microphone perturbe le mesure.

La norme NF S 31-110 « Caractérisation et mesure des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation », actuellement en cours de modification, permettra de s'affranchir des conditions de vitesse du vent si l'on protège le microphone de ce vent.

Il est à noter que la vitesse du vent au niveau des habitations est toujours plus faible qu'au niveau du moyeu des éoliennes. De ce fait, la limitation à 5 m/s prévue par cette norme est moins contraignante qu'il n'y paraît.

Les conditions météorologiques sur le parc d'éoliennes sont importantes : en dessous de 4 m/s environ au moyeu, les éoliennes ne tournent pas : il est donc inutile d'approfondir les mesurages correspondants.

L'expérience et les modélisations montrent que les émergences sont les plus critiques pour des vitesses de vent comprises entre 6 à 8 m/s mesurées à 10 mètres du sol.

Au delà de 10 m/s, sauf conditions particulières du site (notamment pour des sites avec une topographie marquée), le niveau résiduel dû au vent dans la végétation et autres obstacles devient conséquent et supérieur aux contributions des machines.

Concrètement, moyennant quelques précautions quant au choix de l'emplacement du point de mesure, il est possible de réaliser des mesures exploitables pour des conditions de vent supérieures à 5 m/s au niveau du site éolien. Car, compte tenu de la rugosité du sol et des conditions locales au niveau du point de mesure, des vitesses de vent de 3 à 8 m/s sur le site à 10 m du sol, correspondent à des vitesses de 1 à 6 m/s au niveau des habitations. En choisissant judicieusement le point de mesure, on peut exposer le microphone à des vitesses de vent inférieures à 5 m/s. Cette plage de 3-8 m/s sur le site apparaît alors comme intéressante pour l'analyse de l'impact du projet.

La réalisation des mesures en fonction des saisons permet de prendre en compte les spécificités et donc les contraintes de chacune d'entre elles. Ainsi, il est possible de proposer une analyse pertinente tenant compte des modes de vie des riverains.

Par exemple, en période estivale, ces riverains se retrouvent plus fréquemment dehors le soir ou dorment fenêtres ouvertes. A l'inverse, en période hivernale, les conditions de vie limitent considérablement les conditions effectives de gêne.

Le choix des périodes de mesure doit également être confronté avec les périodes de fonctionnement des éoliennes, car de façon générale, les mois d'hiver sont plus ventés que les mois d'été et les jours sont plus ventés que les nuits.

En ce qui concerne le point exact de mesure, c'est le lieu de vie qui doit être considéré, l'endroit dans lequel les personnes évoluent, vivent au quotidien. Il peut s'agir du lieu de vie extérieur proche de l'habitation (terrasses, jardins d'agrément, ...) où les personnes ont l'habitude de vivre, de se reposer. Mais il est également intéressant de connaître le niveau sonore initial sur le site d'implantation d'une éolienne.

b) Le rapport de mesurage

Le rapport de mesurage peut renseigner les points suivants.

Tableau 20 : Le rapport de mesurage acoustique

Éléments	Recommandations
Localisation	- Points de mesures au droit des habitations et des établissements sensibles dans un lieu de vie exposé aux bruits émis par les éoliennes (réalisation d'une carte de situation des points de mesure) avec prise en compte de la rose des vents sur une année.
Environnement physique	- Topographie, végétation caractérisant le site, nature du sol.
Date	- Il est recommandé de disposer de données relatives à plusieurs saisons (présence de feuille dans les arbres, développement des cultures ...) ou bien de préciser le caractère favorable ou non de la propagation et de la génération des sons lors de la campagne de mesures.
Instrumentation	- Type, numéro d'approbation, comptes-rendus d'auto-vérification, rapport de la dernière vérification périodique par le LNE (Laboratoire National des Essais), logiciels utilisés.
Description des conditions météorologiques du moment	- Réalisation des mesures dans des conditions variables de force et de direction de vent (dans la plage de fonctionnement des éoliennes) + description des conditions météorologiques. - La situation nocturne par vents modérés est préférentiellement prise en compte. - La température, la couverture nuageuse et la pression peuvent être renseignées si les sources contribuant de façon prépondérante au niveau de bruit résiduel sont très éloignées du site.
Conditions de mesurage	- Aboiements, avions, oiseaux, circulations diverses, activités humaines... doivent être renseignés
Horaires de mesurage	- Heures de début et de fin de mesurage
Durée de la mesure et constante d'intégration	- Il est recommandé de mesurer sur 24 heures pour chaque point de mesure. La constante d'intégration doit être d'une seconde.
Vent mesuré	- Au niveau de l'implantation des futures éoliennes à 10 mètres au dessus du sol, de manière à effectuer une corrélation entre vitesses de vent au niveau des machines et niveau résiduel. Cette corrélation permet une analyse plus cohérente de l'impact du projet lorsque l'on compare les niveaux résiduels et les valeurs de contribution des éoliennes. - Ces valeurs de contributions sont calculées à partir de données issues des mesures de certification acoustique de l'éolienne, qui considèrent son bruit pour un vent mesuré à 10 mètres au-dessus du sol à proximité immédiate de la machine. - Il est nécessaire de s'assurer (par exemple par des mesures ponctuelles effectuées au niveau du microphone) que les vitesses restent inférieures à 5 m/s au niveau du point de mesure.
Interprétation	- Les niveaux sonores sont à considérer selon la vitesse moyenne du vent. Parmi ceux-ci, le plus faible mesuré parmi ceux d'une même période de référence est à retenir (jour ou nuit, parmi plusieurs journées/saisons) . - Une analyse statistique et/ou une extrapolation des mesures réalisées sur un échantillon particulier doivent donc être opérées. En pratique, le L50 (calculé sur les Leq/1s de la période considérée) constitue un bon estimateur du niveau sonore caractéristique de cette période.

Figure 38 : Sonomètre



Source : EED

6.4.2 Etat initial de la population

La description démographique doit quantifier la population potentiellement concernée par le projet et localiser les lieux d'exposition spécifiques : habitat, crèches, milieux scolaires, hôpitaux, maisons de retraite.

L'aire d'étude est définie lors du cadrage préalable. Sauf conclusion contraire à ce dernier, cette aire d'étude correspond au périmètre immédiat défini dans le présent guide (de l'ordre d'un kilomètre autour du site éolien).

Pour caractériser l'état initial de la population et de ses modalités spécifiques d'exposition, les méthodes ci-dessous peuvent être envisagées :

- analyse fine des documents d'urbanisme ;
- dénombrement de la population en fonction de la distance au projet (source : INSEE, documents d'urbanisme) ;
- distinction des populations saisonnières et des populations résidentes ;
- dénombrement et localisation des bâtiments sensibles (école, hôpital, maisons de retraite, crèche) en précisant le nombre de personnes concernées ;
- analyse du bâti.

A retenir

Etat initial acoustique

- La mesure de l'état initial sonore, préalable à l'implantation d'un parc éolien, est complexe car elle fait intervenir la vitesse du vent et sa direction. Elle nécessite un protocole de mesurages strict.

6.5 Analyse des effets

L'analyse des impacts sonores d'un parc éolien repose sur la prévision des niveaux sonores perçus auprès des habitations sensibles. Il s'agit ensuite de vérifier si la réglementation est respectée.

Selon les cas, l'analyse des impacts pourra porter sur une éolienne isolée (le plus souvent, il s'agira d'une notice d'impact ou l'impact cumulé de plusieurs éoliennes regroupées dans un parc). Les outils et modèles seront adaptés aux différents cas.

6.5.1 Prévision du bruit du aux éoliennes

a) Puissance acoustique des éoliennes

Le calcul des niveaux sonores perçus en un point donné s'effectue à partir de la modélisation de la propagation des ondes sonores. Cette prévision est réalisée par des logiciels de calcul spécialisés.

La prévision se fonde d'une part, sur les valeurs d'émission des éoliennes (la puissance acoustique) et, d'autre part, sur des modèles mathématiques de propagation des ondes sonores.

Les éoliennes commercialisées font en effet l'objet d'un certificat de bruit délivré par un organisme indépendant selon la norme IEC « Wind turbine generator systems – Part 11 : Acoustic noise measurement techniques », IEC 61400-11, 1998-09, précédemment citée.

Cette norme précise le niveau de puissance acoustique de l'éolienne dans les conditions suivantes :

- Hauteur de mesurage du vent : 10 mètres,
- Vitesses du vent comprises entre 6 et 10 m/s,
- Rugosité du sol de 0,05.

La puissance acoustique calculée est un niveau sonore intrinsèque à la machine, prenant en compte l'ensemble des bruits aérodynamiques et mécanique de l'éolienne. Cette puissance est la puissance qu'aurait une source ponctuelle générant, en un lieu donné, des niveaux sonores équivalents à ceux mesurés effectivement avec l'éolienne en fonctionnement. Elle est disponible par bande d'octaves.

La puissance acoustique d'une éolienne est habituellement comprise entre 95 et 110 dB(A) selon les modèles et les vitesses de vent. Cette puissance n'est en rien comparable avec les niveaux de pression sonores au pied de la nacelle d'une éolienne, qui sont plutôt voisins de 60 dB(A).

b) Evaluation de la propagation des ondes sonores

Des modèles de propagation des ondes sonores sont ensuite utilisés pour évaluer l'impact sonore en prenant en compte des normes, comme la norme ISO 9613-2. Certains pays, tels que le Danemark, la Suède ou les Pays-Bas, ont développé leurs propres normes spécifiques aux éoliennes.

Ces normes ont l'avantage de représenter un consensus, mais sont approximatives quant aux résultats, et surtout limitées dans leur utilisation à des situations bien précises, ne permettant pas de traiter avec rigueur la diversité des cas réellement rencontrés.

Les principaux paramètres influant la propagation des ondes sonores en provenance des éoliennes sont les suivants :

- les effets de sol ;
- les effets de végétation ;
- le relief autour du site ;
- les conditions météorologiques (notamment les gradients de vent et de température) ;
- et, bien sûr, la distance.

Deux types de modèles sont disponibles.

- Les plus simples sont des modèles 2D : ils ne prennent pas en compte la topographie. Leur utilisation est donc à exclure dans les configurations topographiques complexes, et/ou pour les projets à forts enjeux.
- Les modèles 3D s'appuient sur des algorithmes de calculs plus élaborés ainsi que sur une représentation détaillée de l'environnement (topographie, occupation du sol, hauteur des obstacles). Leur précision est meilleure, mais la complexité de la propagation des ondes sonores est telle que de nombreux paramètres sont à prendre en compte, rendant les calculs délicats ; les calculs sont également faits par bande d'octave. Parmi ces modèles, on peut distinguer :
 - Des logiciels développés initialement pour d'autres types d'aménagement (routier par exemple). Leur transposition à l'éolien pose plusieurs problèmes : tout d'abord ces logiciels sont conçus pour des sources sonores linéaires et pour des sources localisées au sol ; enfin ils ne permettent de calculer

que dans des conditions météorologiques favorables à la propagation. Leur emploi doit donc être limité.

- Des logiciels développés spécialement pour prendre en compte la spécificité des éoliennes (sources sonores en hauteur, influence des conditions météorologiques en fonction de l'altitude, et notamment des calculs en conditions défavorables à la propagation).

Dans tous les cas, la modélisation informatique, ses hypothèses et ses limites, doivent être maîtrisées par le cabinet d'expertise acoustique qui les prend en charge.

Figure 39 : Courbes isophones autour d'une centrale éolienne



Source : EED

c) Résultats de l'évaluation

Les résultats des modélisations peuvent prendre deux formes :

- soit une cartographie des iso-courbes de bruit autour du parc éolien ;
- soit la valeur numérique calculée au niveau des habitations mises en évidences dans l'état initial.

Pour une analyse critique des méthodes employées, il est impératif de renseigner les différents éléments pris en compte :

- l'emplacement des éoliennes analysées sur un fond de carte IGN ;
- le type d'éoliennes et ses caractéristiques sonores (puissance acoustique de l'éolienne en dB(A) et par bande d'octave, vitesse de vent prise pour référence, évolution du bruit avec la vitesse du vent, etc.) ;
- la méthodologie utilisée pour les calculs ;
- les spécificités du logiciel : prise en compte ou non des écrans naturels, de la topographie, de la fréquence des vents, des conditions météo ;
- les différents coefficients d'atténuation retenus.

Les marges d'incertitude doivent également figurer dans l'étude d'impact.

Il peut également être nécessaire d'effectuer les calculs par bande de fréquence et ensuite de raisonner sur les niveaux résultants en dB(A) recombinaés après calculs. En effet, en propagation à grande distance, certaines atténuations (absorption atmosphérique et effets de sol) sont différentes selon les bandes de fréquence.

Le tableau n°21 présente les niveaux de pression acoustique reçus à une distance de 1200 m, provenant de deux éoliennes de 1,5 MW de spectre de puissance acoustique différent mais de niveau global en dB(A) équivalent. On peut constater que les niveaux reçus sont différents selon la machine.

6.5.2 Analyse d'émergence sonore

Une fois les niveaux sonores calculés, il s'agit de les comparer avec les niveaux résiduels mesurés sur site pour déterminer l'émergence de la future installation.

La contrainte réglementaire est une émergence maximale de 5 dB(A) le jour et de 3 dB(A) la nuit.

Mais, les niveaux sonores, exprimés par une échelle logarithmique, répondent à une arithmétique particulière. Par exemple, lorsqu'on additionne deux niveaux égaux, le niveau obtenu correspond à une augmentation de 3 dB(A) :

$$40 \text{ dB(A)} + 40 \text{ dB(A)} = 43 \text{ dB(A)}$$

Tableau 21 : Les niveaux de puissance acoustique

Fréquence octave en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
Puissance acoustique éolienne 1	111	109	105	97.5	91	90	88	84	101
Puissance acoustique éolienne 2	111	108	100	95	94	94	93	81	101
Atténuation totale entre source et récepteur (1)	-73.4	-73.7	-74.6	-76.9	-80.0	-85.0	-101.1	-163.6	
Niveau reçu éolienne 1	37.6	35.3	30.4	20.6	11.0	5.0	-13.1	-79.6	25.1
Niveau reçu éolienne 2	37.6	34.3	25.4	18.1	14.0	9.0	-8.1	-82.6	22.9

(1) On entend par atténuation totale entre source et récepteur, la prise en compte des différents effets (distance d'éloignement, absorption atmosphérique, effets de sol) influents sur la propagation sonore entre source et récepteur.

Tableau 22 : Exemple de tableau de synthèse, évaluation du niveau sonore

Point de mesure	Période	Niveau résiduel mesuré	Niveau sonore calculé, projet éolien seul	Niveau sonore calculé, projet + résiduel	Emergence	Respect de la réglementation
1	Jour	44 dB(A)	42 dB(A)	46 dB(A)	2 dB(A)	OUI
1	Nuit	40 dB(A)	42 dB(A)	44 dB(A)	4 dB(A)	NON
2	Jour	45 dB(A)	38 dB(A)	45,8 dB(A)	0,8 dB(A)	OUI
2	Nuit	39 dB(A)	38 dB(A)	41,5 dB(A)	2,5 dB(A)	OUI

Ainsi, l'émergence nocturne est respectée si le niveau calculé est égal au niveau initial sans les éoliennes. Le tableau de synthèse doit faire ressortir les conformités et non-conformités à la réglementation (comme le tableau n°22).

La plage d'analyse de l'impact du projet doit comprendre au minimum les régimes de vent de 4 à 8 m/s (vitesses référencées à 10 m sur le site). Pour les sites le nécessitant (niveaux résiduels mesurés faibles y compris pour des vitesses de vent élevées et/ou des vitesses moyennes de vent élevées), les plages d'analyse doivent être élargies aux vitesses supérieures.

L'analyse sera effectuée pour les directions de vent dominantes sur le site.

6.5.3 Phase chantier

Le projet éolien a un impact sonore lors de sa construction. Le niveau sonore émanant des activités exercées sur un chantier est relativement élevé et diverses réglementations interviennent en ce domaine pour limiter cette nuisance.

Ainsi, dans un premier temps, les nuisances sonores provoquées par les chantiers peuvent être sanctionnées dans le cadre de l'article R. 1336-10 du code de la santé publique. Par ailleurs, l'usage de certains types d'appareils comme les sirènes et les hauts parleurs est interdit sauf exceptions.

Des arrêtés préfectoraux et municipaux peuvent également réglementer les bruits occasionnés dans le cadre de chantiers (horaires, restrictions particulières, ...).

Dans un second temps, la démarche de limitation des nuisances sonores des activités de chantier passe par le respect des dispositions du décret 95-79 du 23 janvier 1995 et de l'arrêté du 18 mars 2002. En application de ce dernier, les fabricants ne peuvent mettre sur le marché que des engins de chantier conformes aux dispositions de la directive 2000/14/CE, réglementant les appareils de chantier destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments.

Ainsi, au delà des prescriptions propres à la réglementation relative aux bruits de voisinage, les utilisateurs doivent, dans le cadre de l'article 10 du décret susvisé, veiller à ce que les engins utilisés soient conformes aux prescriptions acoustiques posées par l'arrêté du 18 mars 2002, dès lors que leur date de mise sur le marché ou de mise en service est postérieure à l'entrée en vigueur de l'arrêté (4 mai 2002). Dans le cas contraire, les prescriptions acoustiques applicables relèvent des régimes antérieurs.

Le dernier régime en date est constitué par l'arrêté du 12 mai 1997 fixant les dispositions communes aux matériels et engins de chantier puis par une série de 6 arrêtés d'application de la même date, relatifs aux engins de chantier ayant fait l'objet d'une réglementation européenne spécifique.

A retenir

Analyse des effets sonores

- Des logiciels permettent de modéliser la propagation des ondes et ainsi de calculer, en fonction de nombreux critères, les niveaux sonores des éoliennes dans un contexte donné.
- Ces niveaux sonores sont ensuite comparés avec les niveaux de bruit résiduel sur site pour déterminer l'émergence de la future installation.

6.6 Suppression, réduction ou compensation des impacts

Différents types de mesures réductrices sont possibles pour limiter les niveaux sonores auprès des habitations les plus proches et/ou les plus sensibles.

Les premières sont des « mesures passives » :

- **isolation phonique acoustique de la nacelle**, source d'émission sonore. La plupart des fabricants d'éoliennes intègre cette isolation en standard. Qui plus est, les bruits d'origine mécanique ne sont pas, à grande distance, les bruits prépondérants dans une éolienne.
- **optimisation des pales** de manière à réduire les émissions sonores des éoliennes. Depuis quelques années, les fabricants ont fait de nombreux efforts de recherche et développement. Les éoliennes (terrestres) d'aujourd'hui intègrent de nombreuses innovations en la matière (profil de la pale et de son extrémité).
- **écran** près du riverain. Dans le cas des projets éoliens, ce type de mesure est difficile voire impossible à mettre en œuvre. La plantation d'une haie (écran végétal) a une efficacité sonore nulle ; toutefois, le fait de rendre la source sonore non visible peut avoir une influence psychologique non négligeable.

Les secondes sont des « mesures actives » :

- **mode de production** visant à limiter le bruit émis par l'éolienne. L'exploitant a la possibilité d'ajuster le fonctionnement des éoliennes, en particulier en fonction des contraintes sonores. Certains fabricants proposent par exemple de programmer un fonctionnement « au ralenti » les éoliennes (et ainsi limiter les émissions sonores) en fonction de la direction du vent, des heures de la journée et de la période de la semaine ou de l'année. Il est également possible de programmer l'arrêt momentané, et conditionnelle, d'une éolienne trop bruyante. Ces opérations s'accompagnent d'une diminution de la production électrique ;
- **choix de l'implantation** : La principale mesure de réduction des nuisances sonores consiste en une implantation (nombre, localisation) et un choix des machines répondant aux contraintes locales. C'est là que les marges de manœuvre sont les plus significatives.

6.7 Volet sanitaire relatif au bruit

Le guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact (publié en Février 2000 par l'Institut de Veille Sanitaire), préconise une approche en quatre étapes :

- l'identification du danger ;
- la définition des relations dose-réponse ;
- l'évaluation de l'exposition humaine ;
- la caractérisation des risques.

La circulaire DGS n°2001-185 du 11 avril 2001 relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact rappelle les points essentiels qui doivent être documentés dans ce chapitre, en insistant sur l'importance de l'état initial.

6.7.1 Les effets du bruit sur la santé

Les effets spécifiques du bruit sur la santé humaine sont assez difficiles à déterminer, en partie car la sensibilité au bruit est très variable selon les individus.

Le bruit exerce deux sortes d'effets sur la santé : les effets auditifs et les effets non auditifs.

Etant donné les niveaux sonores mis en jeu auprès des parcs éoliens (environ 60 dB(A) au pied d'une éolienne, 45 dB(A) à 300 m), aucun impact sur le système auditif n'est envisageable. Ainsi, seule l'étude des effets non auditifs est attendue dans le volet sanitaire de l'étude d'impact d'un projet éolien.

Les effets non auditifs envisageables sont essentiellement d'ordre psychologique et concernent surtout la sensation de gêne. Cette gêne est corrélée, d'une part, avec les niveaux sonores perçus et, d'autre part, avec la perception générale de l'énergie éolienne, et du projet en particulier (impacts paysagers, ombres portées,...).

OMBRES PORTEES DES EOLIENNES

L'ombre portée des pales des éoliennes en mouvement peut créer, au niveau des habitations proches, des effets stroboscopiques déplaisants.

Plusieurs paramètres interviennent dans ce phénomène :

- la position du soleil (fonction donc du jour et de l'heure) ;
- l'existence d'un temps ensoleillé ;
- les caractéristiques de la façade concernée (orientation) ;
- la présence ou non de masques visuels (relief, végétation) ;
- l'orientation du rotor et son angle relatif par rapport à l'habitation concernée ;
- la présence ou non de vent (et donc la rotation ou non des pales).

Ainsi, seule une approche statistique, prenant en compte les fractions d'ensoleillement, les caractéristiques locales du vent et du site éolien, permet d'apprécier quantitativement la probabilité d'une perception de cet effet.

Etant donné la hauteur du soleil et les éloignements habituels des riverains (plusieurs centaines de mètres), les habitations localisées à l'est et à l'ouest d'éoliennes seraient plus susceptibles d'être concernées par ces phénomènes que les habitations situées au nord ou au sud. Avec l'éloignement, ces gênes diminuent assez rapidement (décroissance selon une courbe hyperbolique). Des logiciels adaptés permettent de préciser les éventuelles périodes de gêne.

La gêne fait actuellement l'objet de nombreuses recherches portant sur l'influence de facteurs non acoustiques qui entrent en jeu de manière fondamentale. En effet, la plupart des enquêtes socio-acoustiques ont montré que la gêne n'était déterminée (ou expliquée) que très partiellement par les facteurs acoustiques (environ 30 à 40%).

Les facteurs non acoustiques pouvant entrer en jeu sont :

- les facteurs de situation, c'est-à-dire des facteurs qui viennent moduler l'exposition individuelle au bruit : présence d'une façade calme, etc.
- les facteurs individuels : facteurs socio-démographiques (sexe, âge, niveau de formation, statut d'occupation du logement, dépendance professionnelle vis-à-vis de la source de bruit, usage de la source...), et facteurs d'attitude (sensibilité au bruit, peur de la source...), et, surtout attente particulière quant aux paysages visuels et sonores (certaines personnes ne souhaitent pas qu'on modifie leur paysage visuel et auditif) ;
- les facteurs sociaux, qui relèvent la plupart du temps des attitudes de groupes sociaux et non plus des attitudes individuelles. On en dénombre au moins quatre : les styles de vie, l'image de la source de bruit, les attentes vis-à-vis de l'évolution du bruit, la confiance (ou méfiance) des individus par rapport à l'attitude et l'action des pouvoirs publics ;
- les facteurs liés à la source de bruit : l'effet « nouvelle infrastructure » (lors d'une exposition acoustique comparable, la gêne est plus forte dans le cas d'une nouvelle infrastructure par rapport à une situation existante), l'effet « multi-exposition », etc.

En dehors de la gêne, l'exposition au bruit, de façon générale, peut être à l'origine de troubles du sommeil. La présence de basses fréquences à des niveaux intenses est un facteur aggravant en terme de perturbation du sommeil. En outre, une exposition chronique au bruit peut entraîner des effets sur la sphère végétative, notamment sur le système cardiovasculaire, ou encore sur la santé mentale.

LES BASSES FRÉQUENCES

Les basses fréquences générées par une éolienne résultent de l'interaction de la poussée aérodynamique sur les pales et de la turbulence atmosphérique dans le vent. Le caractère aléatoire des turbulences de l'air se répercutent sur les émissions des basses fréquences. Il apparaît que les sons de basse fréquence sont moins susceptibles de générer des nuisances que les sons impulsifs, moins aléatoires. L'émission de basses fréquences concernait surtout les éoliennes *downwind* (lorsque la tour de l'éolienne s'interpose entre le vent et le rotor), mais toutes les éoliennes d'aujourd'hui sont *upwind*.

LES INFRASONS

Si l'on dispose encore de peu de données sur les infrasons, des études étrangères ne font état d'aucun effet sur la santé. De même, selon l'Agence de l'environnement suédoise, les niveaux des infrasons émis par les éoliennes sont si bas qu'ils n'entraînent aucune nuisance sur la santé.

6.7.2 Valeurs de référence

Les valeurs guides utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires doivent permettre d'apprécier le bruit à la fois de manière absolue et de manière relative.

Pour l'appréciation absolue du bruit, les valeurs guides de l'OMS semblent les plus appropriées ; une attention particulière doit être portée sur les établissements sensibles (écoles, garderies, hôpitaux...).

Pour l'appréciation relative du bruit, le critère d'émergence doit être considéré. En effet, même si la mesure absolue du bruit est inférieure aux

Dans la mesure du possible, il y a lieu de disposer :

- du nombre d'habitations exposées et du nombre d'individus correspondants ;
- des hypothèses de croissance locale liées à la démographie et aux perspectives d'urbanisation ;
- du nombre de bâtiments sensibles exposés.

L'évaluation de l'exposition des populations peut conclure à l'absence d'exposition à risque. Dans ce cas, l'évaluation des risques sanitaires s'arrête à ce stade.

Tableau 23 : Valeurs guides de l'OMS

Environnement	Effet(s) critique(s) sur la santé	L _{Aeq} (dB(A))	base temps (heures)
zone résidentielle (extérieur)	gêne sérieuse (jour et soirée)	55	16
zone résidentielle (extérieur)	gêne moyenne (jour et soirée)	50	16
intérieur d'une habitation	intelligibilité d'un discours gêne moyenne (jour et soirée)	35	16
chambre à coucher	troubles du sommeil (nuit)	30	8
salles de classe (école, garderie)	intelligibilité du discours perception et communication de l'information perturbée	35	pendant les cours
terrain de jeu extérieur (école)	gêne	55	pendant les jeux
hôpital, salles communes	troubles du sommeil (nuit)	30	8
hôpital, chambres à coucher	troubles du sommeil (jour et soirée)	30	16

recommandations de l'OMS, un bruit non émergent mais néanmoins audible dans une zone très calme peut être gênant.

L'expérience montre que, dans l'immense majorité des cas, le respect de l'émergence réglementaire de nuit est plus contraignant que le respect des valeurs guides de l'OMS.

6.7.3 Evaluation de l'exposition des populations

Dans l'aire d'étude, il est attendu une modélisation de la propagation du bruit provenant du parc éolien. Les habitations et les populations exposées à ce bruit sont recherchées ; une attention particulière est portée sur les bâtiments sensibles (crèches, établissements scolaires, hôpitaux, maisons de retraite).

6.7.4 Caractérisation des risques

A partir de l'ensemble des données collectées précédemment, la caractérisation des risques doit permettre d'aboutir à la quantification ou à la qualification des risques. Dans le cas du bruit des éoliennes, on s'intéressera plus particulièrement au nombre de personnes gênées par le projet. Une discussion critique des principales conclusions doit être présentée.

7. Cas des éoliennes en mer

Si des parcs éoliens en mer existent en Europe depuis plus de 10 ans, ils sont un sujet nouveau dans le paysage énergétique français. Les atouts en terme de gisement éolien (vent fort et plus régulier qu'à terre) doivent tenir compte des contraintes à appréhender (conflits d'usage, particularité de la gestion du domaine public maritime, investissements plus importants).

Aussi, des études d'impact de qualité sont nécessaires. Elles constituent un outil d'aide à la décision permettant de concilier les spécificités du domaine public maritime, et notamment ses différents usages, et la préservation des milieux naturels.

Cette fiche n'est exhaustive ni sur les spécificités de l'éolien en mer, ni sur les impacts à considérer pour de tels projets. Elle recense néanmoins les aspects les plus importants de ce type de projet. Le retour d'expériences sur l'appel d'offres en cours permettra d'enrichir cette partie dans les éditions ultérieures de ce guide.

7.1 Cadre de développement des projets éoliens en mer

7.1.1 Contexte français

Dans le cadre des engagements internationaux de la France en matière de lutte contre l'effet de serre et de développement des énergies renouvelables, le gouvernement français a décidé de privilégier également la réalisation de parcs éoliens en mer (offshore).

A travers l'arrêté du 7 mars 2003 de Programmation Pluriannuelle des Investissements, le gouvernement s'est fixé un programme ambitieux de réalisation de centrales éoliennes en mer pour une puissance totale de 500 à 1 500 MW à l'horizon 2007.

7.1.2 Caractéristiques des projets éoliens en mer

Le choix d'implanter des parcs éoliens en mer repose sur les atouts suivants :

- le gisement éolien est quantitativement meilleur qu'à terre : le vent est souvent plus fort et régulier en mer ;
- ce gisement éolien est qualitativement meilleur du fait d'une moindre rugosité de la surface de l'eau comparée à celle des terres ;
- les éoliennes peuvent être de plus grande taille et de plus grande puissance ;
- sur le plan foncier, un seul interlocuteur se présente : le gestionnaire du domaine public maritime (si les éoliennes sont à moins de 12 milles des côtes).

Néanmoins, il est nécessaire de tenir compte de différentes contraintes (techniques, économiques, sociales et environnementales) :

- la fixation des éoliennes sur le fond de la mer est techniquement délicate et onéreuse ;
- les frais fixes sont importants (coûts des études, de la mise en place du chantier, du raccordement électrique, de l'exploitation et de l'entretien) ;
- le retour d'expériences est nettement plus limité qu'à terre (aucun parc en France ; le premier parc danois a une dizaine d'années ; la puissance installée sur mer à travers le monde représente 1 à 2% de celle installée sur terre) ;
- l'ambiance marine (humidité et salinité) est à prendre à compte dans l'investissement ;
- le milieu marin est particulièrement riche en espèces végétales et animales qui font l'objet d'une surveillance accrue en termes de maintien de la biodiversité et respect de la fonctionnalité des écosystèmes (zone de frayère, zone de migration, zone de nutrition) ;
- l'espace maritime est au centre de nombreux conflits d'usage, alors même que les usages sont indissociables de leur implantation sur cet espace.

Ces différentes spécificités conduisent à la réalisation de grands parcs éoliens, allant de pair avec des impacts pouvant être conséquents.

7.1.3 Le cadre réglementaire

Les éoliennes en mer sont soumises, comme les éoliennes terrestres, à étude d'impact (décret n°77-1141 modifié par le décret n°2003-590 du 1er août 2003).

Le fond et le sous-sol de la mer entre la ligne de rivage et la limite des eaux territoriales (12 milles nautiques) appartiennent au domaine public maritime, dont la destination fondamentale est l'ouverture au public pour des activités telles que la pêche, les cultures marines ou les loisirs nautiques. L'implantation d'éoliennes sur ce domaine nécessite un titre d'occupation domaniale : une concession d'utilisation du domaine public maritime (décret n°2004-308 du 29 mars 2004), assortie d'une redevance. L'exigence constitutionnelle de protection des propriétés publiques ne permet d'autoriser sur ce domaine que des implantations réversibles.

La réalisation d'éoliennes en mer est également soumise au titre "mer" de la nomenclature de la loi sur l'eau n°92-3 du 3 janvier 1992, décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié par le décret n°2003-868 du 11 septembre 2003, rubrique 3.3.1 et/ ou rubrique 3.3.2. Si l'installation du parc éolien est soumise à autorisation ou à déclaration, le pétitionnaire doit se référer au décret n°93-742 relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévue par l'article 10 de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (articles L.214-1 à 6 du Code de l'environnement).

D'une façon générale, les projets doivent tenir compte des enjeux qui gouvernent l'acceptabilité des projets sur cet espace pour les générations futures dans un objectif de développement durable. Pour satisfaire cet objectif, l'étude d'impact doit intégrer, outre un état initial des lieux associé à un suivi, la mise en œuvre de techniques d'installation conduisant à une réversibilité des implantations. L'article L.553-3 du code de l'environnement précise que l'exploitant d'une éolienne est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site. Pour cela, « il constitue les garanties financières nécessaires dans les conditions définies par décret en Conseil d'Etat ». La constitution de ces garanties financières, au moment de la demande de concession d'utilisation du domaine public maritime, assure le caractère effectif du démantèlement et de la remise en état du site.

7.2 Conduite d'un projet éolien en mer

L'espace maritime est au centre de différents conflits d'usage. Si certains sont traditionnels comme loisirs et pêche, l'apparition de nouvelles techniques, telles les éoliennes en mer, renouvelle la problématique de ces conflits d'usage.

Dans le même temps, la production d'énergie ne fait pas partie des activités traditionnellement considérées comme liées à la mer. Ainsi, les éoliennes doivent s'implanter dans le respect des autres activités maritimes, comme la pêche, les cultures marines ou les loisirs nautiques. Par ailleurs, les éoliennes doivent être compatibles avec l'organisation de la sécurité de la navigation maritime.

Les recommandations ministérielles à la conduite des projets éoliens en mer vont en ce sens. Ainsi, la circulaire du 13 octobre 2003 de la Ministre déléguée à l'Industrie et du Secrétaire d'Etat aux transports et à la mer insiste sur « la nécessité d'une concertation locale très en amont des projets associant les porteurs de projets, les professionnels et usagers de la mer, les services de l'Etat et le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité », ainsi que sur « la prise en compte des enjeux qui gouvernent l'acceptabilité des projets pour les générations futures dans un objectif de développement durable ».

7.3 Enjeux environnementaux d'un projet éolien en mer

La conduite de l'évaluation environnementale d'un projet éolien en mer est identique à celle d'un projet sur terre avec un processus itératif, continu et progressif se décomposant dans les sept mêmes phases : cadrage préalable, analyse de l'état initial, présentation des variantes et raisons du choix, évaluation des effets sur l'environnement, mesures de limitation des impacts, suivi environnemental, démantèlement et remise en état du site.

Le présent chapitre n'a pas pour objectif de détailler ce que doit être l'évaluation environnementale d'un projet éolien en mer. Il se veut simplement préciser les éléments essentiels et spécifiques.

7.3.1 Cadrage préalable

Le cadrage préalable d'un projet éolien en mer doit procéder de la même logique qu'à terre.

L'identification des principaux enjeux environnementaux du territoire d'étude est plus délicate d'une part en raison du moindre retour d'expériences similaires et d'autre part en raison de la mise en œuvre plus lourde des investigations en milieu marin.

7.3.2 Analyse de l'état initial

La caractérisation de l'état initial doit s'intéresser tant à la partie maritime qu'à la zone littorale terrestre.

Les investigations en mer ont la particularité d'être lourdes en raison des moyens de transport et des moyens humains à mobiliser. Les principaux développements pour chacune des principales parties sont détaillés par la suite.

• Milieu physique

L'état initial du milieu physique doit s'attarder sur :

- l'hydrodynamique marine : courants, houle (vitesse et direction des courants, ampleur de la houle) ;
- les fonds marins : sédimentologie, géomorphologie, etc.

• Milieu naturel

Des investigations spécialisées doivent être conduites sur :

- la composition de la « colonne d'eau » (paramètres physico-chimiques et biologiques (le phytoplancton) ;
- le peuplement benthique (algues, angiospermes marines (herbiers de zostères, posidonies...), invertébrés (crustacés, mollusques), maërl, coraux...) ;
- les poissons, les cétacés et les oiseaux.

Tout comme pour les projets terrestres, les observations doivent porter sur un cycle biologique annuel. L'aire d'investigation de tels projets doit être suffisamment grande, notamment pour percevoir l'utilisation de l'espace par les mammifères marins, les poissons, les oiseaux marins... en tenant compte de la fonctionnalité des écosystèmes (reproduction, alimentation, migration).

• Milieu humain

Outre les mêmes servitudes qu'à terre (servitudes radioélectriques, aéronautiques, etc.), des servitudes réglementaires d'un autre ordre sont à considérer. Il s'agit des zones réglementées maritimes, des sémaphores, ... Il convient également de caractériser les usages et utilisations du milieu marin (transport, navigation, pêche, pisciculture, conchyliculture, loisirs nautiques, gestion d'aires marines protégées...).

• Paysage et patrimoine

L'analyse paysagère doit s'attarder sur la zone terrestre et la recherche de liens pouvant guider le projet de paysage.

Quels sont les arguments paysagers pour concevoir l'implantation et l'agencement des éoliennes ? Quels sont les points forts de la côte que le projet éolien doit prendre en considération ?

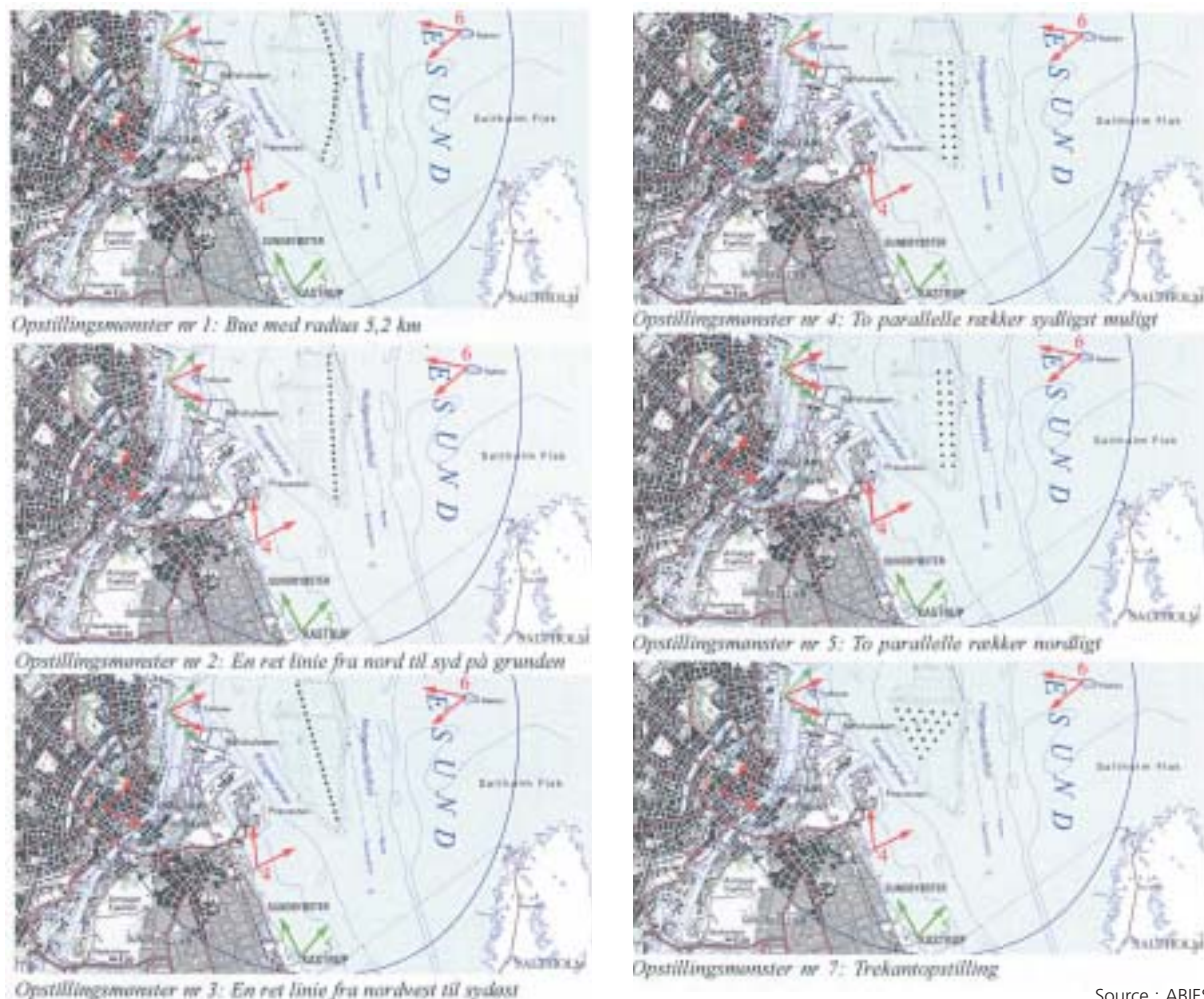
7.3.3 Présentation des variantes et raisons du choix

L'expérience montre que les variantes techniques peuvent être nombreuses en mer.

doivent être évaluées : perte de la surface exploitable, impact sur les ressources halieutiques, interférence du parc avec l'activité de pêche selon la nature de l'activité de pêche, ...

De même, l'étude d'impact doit analyser l'interaction avec les activités humaines utilisant l'espace maritime (navigation commerciale, navigation de plaisance,...) : risque de collision, fréquence du trafic, voies de navigation, balisage du site...

Figure 40 : Variantes d'implantation du parc éolien de Middlegrunden (Danemark)



Source : ABIES

7.3.4 Evaluation des effets

L'étude d'impact doit s'attarder sur quelques thématiques très précises.

• La ressource halieutique

L'existence du parc éolien peut avoir un effet sur la ressource en poisson, directement en s'implantant en zones de frayères, d'alimentation... ou indirectement en empêchant ou perturbant les déplacements des populations. A l'inverse, le parc éolien peut jouer un rôle d'enrichissement du milieu par l'effet récif artificiel de sa partie immergée. L'étude d'impact doit mettre en évidence les interactions entre les éoliennes et la ressource en poissons.

• Les activités de pêche et de navigation

Les interactions entre les activités humaines utilisant la ressource en poisson et l'implantation du projet éolien

• Les nuisances sonores

L'installation d'un projet éolien en mer permet de s'affranchir, *a priori*, des éventuelles nuisances sonores pour les humains, du fait de l'absence de riverains à proximité immédiate. Cependant, les nuisances éventuelles liées aux équipements à terre (atterrissage, poste de livraison...), ainsi que la propagation du son en milieu aquatique sont toujours à considérer.

• Le milieu naturel marin et l'avifaune

Les effets prévisionnels sur le milieu benthique, l'évolution de la ressource halieutique, les risques de perte de fonctionnalité des habitats, la modification de l'utilisation de l'espace par les cétacés ou les oiseaux pélagiques (qui vivent au large) et migrateurs doivent être analysés.

• Le paysage

Le projet de paysage doit être guidé par les caractéristiques du littoral terrestre et avant tout construit autour des structures paysagères terrestres pour ne pas banaliser les éoliennes et construire un nouveau paysage en lien avec le précédent.

Les mêmes thèmes que pour l'étude paysagère terrestre sont à envisager, et la construction du projet doit s'inspirer de ces éléments d'autant plus que le parti paysager ne sera pas aussi explicite qu'à terre (la structure paysagère en mer est la même partout).

L'approche par différentes échelles est la même mais modulée par la distance du projet par rapport au littoral. Les échelles lointaine et rapprochée sont à privilégier. Tous les thèmes relatifs aux abords du projet seront évidemment limités. Le littoral en tant que lieu de perception visuelle privilégié est forcément un point important de l'étude.

• Le tourisme

L'enjeu des projets éoliens face au tourisme est double : d'une part, l'éolien constitue une activité, source de revenus et créatrice d'emploi (dont dans l'activité touristique) ; d'autre part, il modifie l'image du littoral et son activité (perception visuelle, mais aussi occupation du domaine maritime, évolution de la vocation du littoral, image d'énergie renouvelable et de développement durable...).

• En phase travaux

Les effets potentiels, lors des phases travaux (construction et démantèlement), sont abordés au même titre que pour les projets terrestres.

Parmi ces effets, on peut citer :

- les nuisances (bruit, vibrations, ...) liées aux engins de construction, aux bateaux, aux barges, etc. ;
- la perte d'habitat (aire de repos et d'alimentation) liée à la phase de construction ;
- l'augmentation de la turbidité de l'eau (mise en suspension des sédiments) pendant la réalisation des fondations et la pose du câble.

• En phase d'exploitation

Les effets de la phase d'exploitation de la centrale sont analysés. Parmi les spécificités des parcs éoliens en mer, on peut citer :

- la modification de la distribution des sédiments ;
- les effets des champs électriques et magnétiques des câbles sous-marins sur les cétacés ;
- la propagation du bruit sous l'eau ;
- les fuites éventuelles d'hydrocarbures (huiles, graisses, etc) ;
- les impacts divers liés à la maintenance du site (dérangement).

7.3.5 Suppression, réduction ou compensation des impacts

La même logique doit régir la limitation des impacts d'un parc éolien en mer qu'à terre. D'abord, il s'agit de privilégier les mesures de suppression des impacts à la source et en amont du développement du projet (choix du site). Ensuite, des mesures de réduction des impacts sont à mettre en place. Enfin, des mesures de compensation des impacts peuvent être proposées de façon exceptionnelle.

Si le projet est soumis à autorisation, des mesures réductrices ou correctives sont prévues par le décret n°93-742 du 29 mars 1993 mentionné plus haut, notamment afin de rendre compatible le projet avec les objectifs de qualité de l'eau prévus dans le SDAGE.

7.3.6 Suivi environnemental

De même que les parcs éoliens terrestres, les parcs éoliens en mer sont des installations récentes et novatrices avec un fort besoin de retour d'expériences. Le suivi environnemental à mettre en place une fois le parc éolien en construction entre dans cette logique.

En outre, le suivi environnemental aura pour objectif d'apprécier les éventuels ajustements à instaurer dans l'exploitation du parc éolien.

Le décret n°2004-308 du 29 mars 2004 précise que la demande de concession d'utilisation du domaine public maritime doit être accompagnée « des modalités proposées, à partir de l'état initial des lieux, de suivi du projet et de l'installation et de leur impact sur l'environnement et les ressources naturelles. » Ce dispositif de suivi est donc indissociable de l'autorisation d'implantation sur le domaine public maritime.

7.3.7 Démantèlement et remise en état du site

Les exigences réglementaires générales imposent le démantèlement et la remise en état du site, une fois l'exploitation achevée. Le décret n°2004-308 du 29 mars 2004 précise que la demande de concession d'utilisation du domaine public maritime doit être accompagnée de la « nature des opérations nécessaires à la réversibilité des modifications apportées au milieu naturel et au site ainsi qu'à la remise en état, la restauration ou la réhabilitation des lieux en fin de titre ou en fin d'utilisation ». En effet, compte tenu des particularités du domaine public maritime, seuls les projets qui assurent une réversibilité totale des implantations seront acceptés par l'Etat, garant de l'intégrité de ce domaine convoité.

Les principales sources d'impact sont le démantèlement des fondations (les techniques employées influenceront la nature et l'importance des impacts) et l'enlèvement des câbles électriques sous-marin.

Les impacts évalués portent sur les mêmes objets que pour les étapes précédentes, en particulier la phase de travaux de construction.

Annexes

1. METEOROLOGIE	90
1.1 Services à contacter	90
1.2 Servitudes et contraintes météorologiques	90
1.3 Principe de la mesure	90
1.4 Localisation des radars hydro-météorologiques	90
1.5 Contraintes liées a la protection des radars hydro-météorologiques	92
2. ETAT DES CONNAISSANCES SUR L'IMPACT DES ÉOLIENNES SUR LES CHAUVES-SOURIS (AVRIL 2004)	94
3. SERVITUDES ET CONTRAINTES AÉRONAUTIQUES	97
3.1 Les services à contacter	97
3.2 Les servitudes et contraintes aéronautiques	97
3.2.1 Servitudes légales de l'aviation civile	97
3.2.2 Contraintes opérationnelles de l'Aviation Civile	97
3.2.3 Servitudes et contraintes de l'aéronautique militaire (Armée de l'Air)	98
3.2.4 Servitudes et contraintes de la Gendarmerie Nationale	98
3.2.5 Servitudes et contraintes de l'Armée de Terre	98
3.2.6 Servitudes et contraintes de la Marine Nationale	98
3.3 Comment recueillir les informations ?	98
3.3.1 Au près de l'aviation civile	98
3.3.2 Au près de la Région aérienne (militaire)	99
4. SILLAGE À L'ARRIÈRE D'UNE ÉOLIENNE	100
5. ANNEXE RÉGLEMENTAIRE	102
6. GLOSSAIRE	108
7. BIBLIOGRAPHIE	112
8. SIGLES ET ABRÉVIATIONS	121
9. CONTRIBUTIONS AU GUIDE	123

1. METEOROLOGIE

1.1 Services à contacter

Les installations situées à proximité des radars hydro-météorologiques peuvent avoir une influence sur les mesures de précipitation suivant leur localisation géographique et leurs dimensions.

Dans le cadre de l'étude d'impact, les porteurs de projets éoliens doivent donc contacter les services de Météo France pour une prise en compte de ces radars. Les coordonnées des services inter-régionaux et d'outre-mer sont accessibles sur le site web www.meteo.fr. Les Centres Départementaux de la Météorologie peuvent également constituer des points d'entrée.

1.2 Servitudes et contraintes météorologiques

Météo-France est le gestionnaire du réseau ARAMIS d'observation des phénomènes météorologiques précipitants par les techniques « radar ».

Les données de ce réseau sont indispensables pour assurer la mission de sauvegarde des biens et des personnes qui est confiée à Météo-France. Ces radars jouent ainsi un rôle essentiel dans la gestion des alertes aux populations en cas de risque d'inondations, coulées de boues, éboulements, notamment dans le cadre de la procédure « vigilance météorologique ». En effet, en détectant immédiatement et en continu les précipitations, et dans certains cas en les anticipant, ils permettent aux autorités responsables de déclencher, dans de meilleurs délais, les procédures de mise en sécurité des personnes et des biens.

1.3 Principe de la mesure

L'antenne parabolique d'un radar hydro-météorologique tourne en permanence autour d'un axe vertical et émet un faisceau d'ondes électromagnétiques très étroit (angle d'ouverture de l'ordre du demi degré). Ces ondes sont rétrodiffusées par les gouttes de pluie, les grêlons ou la neige. Le radar, les recevant en retour, peut alors en déterminer la position et l'intensité.

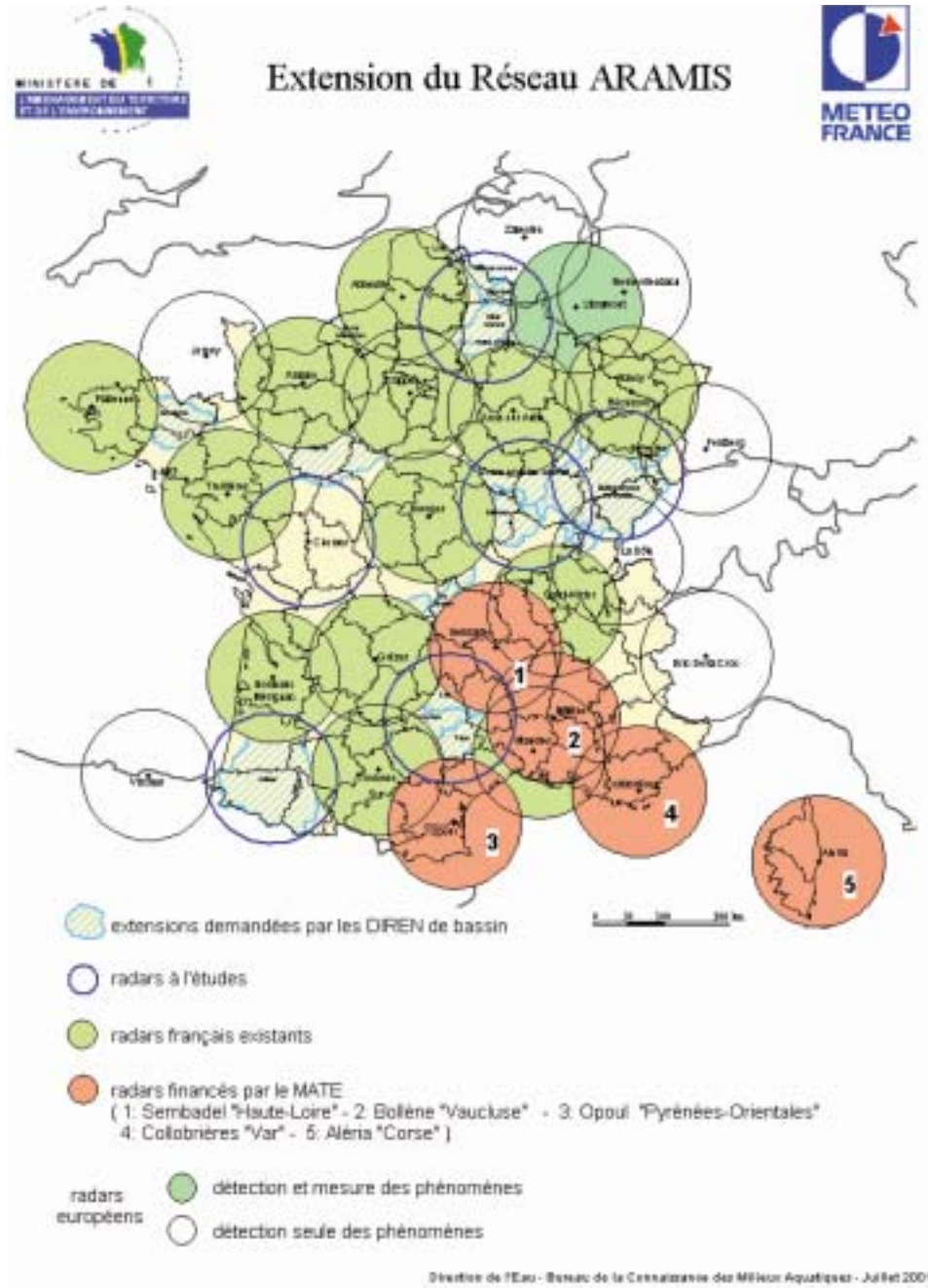
Il permet ainsi de localiser les zones de précipitations à des distances de l'ordre de 100 km pouvant même atteindre 200 km pour les phénomènes météorologiques les plus importants, en terme de précipitations (phénomènes convectifs donnant souvent des orages).

Répartis sur l'ensemble du territoire, aussi harmonieusement que possible, chacun d'eux fournit, toutes les 5 minutes, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, des images de la pluviométrie rencontrée dans son rayon d'action. Toutes ces données, recueillies et centralisées à Toulouse, sont traitées pour fournir une mosaïque sur toute la France qui est ensuite diffusée, par satellite, à tous les utilisateurs.

1.4 Localisation des radars hydro-météorologiques

Le réseau ARAMIS se compose aujourd'hui de 18 éléments et sera étendu à 24 fin 2006. Ce réseau est décrit sur la figure ci-après et les coordonnées géographiques détaillées de chacune des localisations sont spécifiées dans le tableau 24.

Figure 41 : Carte de réseau ARAMIS de Météo-France



Source : Météo-France

Tableau 24 : Coordonnées géographiques des radars hydro-météorologiques

Lieu	Statut	Longitude	Latitude
Abbeville	Opérationnel	0015008E	500812N
Aleria	Opérationnel	0092948E	420747N
Arcis sur Aube	Opérationnel	0041840E	482744N
Blaisy haut	projet	0044634E	472119N
Bollène	Opérationnel	0044548E	441927N
Bordeaux	Opérationnel	0004128W	444953N
Bourges	Opérationnel	0022140E	470333N
Cherves	projet	0000400E	464204N
Collobrières	Opérationnel	0062225E	431304N
Falaise	Opérationnel	0000841W	485538N
Grèzes	Opérationnel	0012215E	450621N
Nîmes	Opérationnel	0043013E	494826N
Montancy	projet	0070109E	472207N
Momuy	projet	0003629W	433732N
Montclar	projet	0023640E	435923N
Nancy Réchicourt	Opérationnel	0063456E	484300N
Opoul	Opérationnel	0025158E	425507N
Plabennec	Opérationnel	0042601W	482700N
Saint Nizier	Opérationnel	0042807E	460407N
Sembadel	Opérationnel	0034243E	451735N
Taisnières-en-Thierache	projet	0034930E	500740N
Toulouse	Opérationnel	0012240E	433433N
Trappes	Opérationnel	0020038E	484625N
Treillières	Opérationnel	0013904W	472003N

Source : Météo-France

1.5 Contraintes liées à la protection des radars hydro-météorologiques

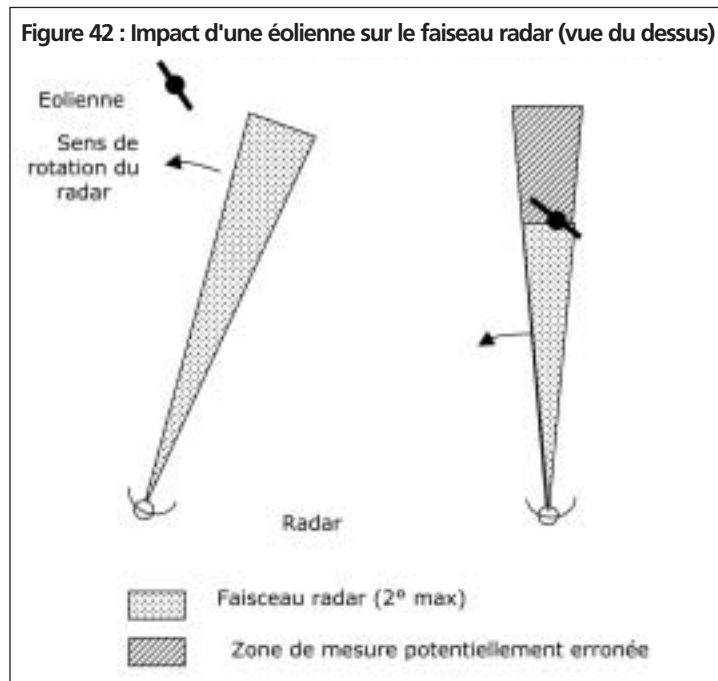
Le choix des sites d'implantation de ces radars résulte de compromis entre les résultats d'études approfondies de simulation de propagation radioélectrique et de contraintes locales d'accès, de raccordement électrique et téléphonique ainsi que d'obstacles existants, tels que le relief, les forêts, les châteaux d'eau, les silos, ... Ces obstacles sont déterminants pour définir la hauteur nécessaire de la tour qui supporte chacun des radars, et qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres ; une modification de leur environnement peut nuire à leur fonctionnement.

Conformément à la réglementation en vigueur (articles L.54 à L.56-1 et R.21 à R.26 du code des Postes et Télécommunications), l'ensemble de ces radars fait l'objet de décrets de servitudes contre les obstacles dans une zone circulaire d'un rayon de 2 000 mètres, servitudes permettant de faire supprimer tout obstacle gênant ou de s'opposer à toute nouvelle construction. Les informations relatives à ces servitudes sont accessibles auprès des communes concernées dans les documents d'urbanisme (P.O.S., P.L.U., cartes communales) ou auprès des Directions Départementales de l'Équipement.

Aujourd'hui, il apparaît que cette protection est devenue insuffisante, en particulier devant le nombre important et les caractéristiques des projets d'éoliennes, dont certaines peuvent atteindre plus de 100 mètres de hauteur.

A l'instar de l'Administration anglaise de la Météorologie (Met Office) qui opère aussi avec ce type de radars, les études menées au sein de Météo-France montrent qu'une valeur de 10% d'occultation du faisceau radar par une ou plusieurs éoliennes est à même de remettre en cause les mesures sur les angles d'azimut incriminés, c'est-à-dire lorsque le radar pointe en direction de l'éolienne.

Pour une éolienne et selon le type de radar, ces angles sont compris entre 1 et 2 degrés ce qui représente des zones géographiques importantes pour lesquelles les mesures hydro-météorologiques peuvent être erronées, comme schématisé ci-dessous.



Source : Météo-France

Même au-delà de la distance de servitude (2 000 m), une seule éolienne a le potentiel de bloquer, dans l'azimut considéré, plus de 10% des faisceaux radar et jusqu'à quelques % à 10 km. Pour cela, une visibilité directe entre le radar et l'éolienne est requise pour peu que l'altitude maximale du rotor de l'éolienne soit supérieure à celle du radar.

Considérant, par ailleurs, que plusieurs éoliennes sont en général installées dans un même parc, on peut légitimement estimer, en fonction de leur agencement, que l'impact de telles installations reste critique jusqu'à une distance de 10 km.

Sur cette base, il est impératif que Météo-France soit tenu au courant de tout projet d'éolienne envisagé dans un rayon de 10 km autour de ces radars. Il ne s'agit pas bien évidemment de s'opposer de façon systématique à l'implantation de ces éoliennes, y compris à proximité des radars, mais de pouvoir, si nécessaire, influencer sur les choix d'installation garantissant un fonctionnement nominal des radars.

Afin de limiter les problèmes de cohabitation qui, en tout état de cause, n'interviendront qu'en cas de visibilité directe entre le radar et les éoliennes, plusieurs solutions sont envisageables quant à la conception des parcs d'éoliennes :

- aligner parfaitement les éoliennes pour qu'une seule soit vue depuis le radar ;
- à l'opposé, disperser les éoliennes pour que plusieurs d'entre-elles ne soient pas prises dans le même faisceau radar à un instant donné ;
- éloigner le parc d'éoliennes du radar pour que le pourcentage total de surface occultée, dans l'azimut considéré, soit inférieur à 10%.

Ces solutions seront à étudier au cas par cas avec les services de Météo-France en fonction des caractéristiques de chaque éolienne et des parcs correspondants :

- coordonnées géographiques du parc et de ses éoliennes ;
- cote au sol en mètre NGF de chaque éolienne ;
- dimensions des éoliennes (hauteur, largeur, nombre de pales, longueur et largeur des pales,...).

Ainsi, il est conseillé au maître d'ouvrage de s'adresser en amont aux services de Météo-France afin de connaître leur avis quant à leur projet d'éoliennes.

2. Etat des connaissances sur l'impact des éoliennes sur les chauves-souris (avril 2004)

Ce texte est la synthèse du groupe de travail S.F.E.P.M.¹ réalisée pour un colloque organisé en avril 2004 à Bourges.

Il est présenté à titre d'information.
Ses conclusions n'engagent nullement les ministères et l'ADEME.

Si de nombreuses études font depuis longtemps état de l'impact des éoliennes sur les oiseaux, les cas de mortalité sur chauves-souris ne sont véritablement documentés que depuis 1996 (Osborn et al, 1996) et c'est en 1999 que les études américaines et européennes commencent à mentionner des impacts potentiels sur les chiroptères (Keelev 1999 ; Pnawppm III 2000, Bach et al 1999 ; Rahmel et al 1999) corroborés par la découverte de cadavres sous et près des aérogénérateurs (Johnson et al 1999, Strickland 1999). En Allemagne, dès 1996, c'est-à-dire à l'annonce de la mortalité de chauves-souris aux Etats-Unis, des chercheurs ont été chargés d'étudier les chauves-souris dans les parcs éoliens et à proximité afin de déterminer leur effet sur ces mammifères protégés (Bach 2003).

Avec le suivi d'un nombre croissant de parcs éoliens en fonctionnement, la quantité de chauves-souris mortes augmente et peut atteindre localement des chiffres alarmants si l'on tient compte des biais de recherche des cadavres (taux de découverte par les chercheurs et disparition naturelle des cadavres). Pour Johnson et al (1999), cette mortalité représente en moyenne 2,3 chauves-souris par turbine et par an, ce qui est loin d'être négligeable pour des espèces à faible taux de reproduction (1 jeune par an). Un cas récent, non encore publié, fait état de 475 cadavres de chiroptères entre avril et novembre 2003 sur un site de 44 éoliennes dans l'état de Virginie aux Etats-Unis. En tenant compte des biais de recherche de cadavres, les chercheurs estiment cette mortalité entre 2500 et 3000 chauves-souris en 8 mois.

En Espagne, Lekuona (2001) estime la mortalité due aux éoliennes entre 3,09 et 13,36 individus par éolienne et par an. La base de données mise en place en Brandebourg en 2001 et étendue à toute l'Allemagne en 2002 pour recenser les cadavres découverts dans les parcs éoliens fait état (au 19 novembre 2003) de 200 chauves-souris (8 espèces et 11% indéterminées) dans 8 Etats fédéraux (Dürr, 2003).

En France, la seule mortalité de chiroptères documentée à ce jour signale 14 cadavres appartenant à 3 espèces pour un parc de Vendée (LPO, rapport non publié).

Sources d'information :

Ahlén, I. (2002). Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. Fauna och flora, 97 (3): 14-22.

Dürr, T. (2003). Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern. In: Fachtagung „Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?“ Dresden 17-18 Nov. 2003

Lekuona, J. M. (2001) Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Gobierno de Navarra, Spain.

Tableau 24 : Liste des espèces dont la mortalité a été provoquée par des éoliennes en Europe (1)

Grand murin (<i>Myotis myotis</i>)
Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)
Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)
Sérotine de Nilsson (<i>Eptesicus nilssonii</i>)
Sérotine bicolore (<i>Vespertilio murinus</i>)
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)
Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)
Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)
Vespère de Savi (<i>Hypsugo savii</i>)

en gras les espèces les plus à risque pour la France, auxquelles il faut ajouter le Molosse de Cestoni, et vraisemblablement le Miniotère de Schreibers.

(1) Groupe de travail de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères : Boireau, J. (Groupe Mammalogique Breton), Cosson E. (Groupe Chiroptères de Provence), Dubourg-Savage M-J. (Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées).

2.1 Mortalité des chiroptères et ses caractéristiques

Les espèces affectées aux Etats-Unis et en Europe sont généralement des espèces migratrices et forestières (Ahlen 2002, Dürr 2002, Erickson et al. 2002).

- Dans sa synthèse, Erickson (2002) montre que le pic de mortalité se situe au cours de la période allant du 15 juillet au 15 septembre (90% de la mortalité) avec un second pic probable en avril (250 mortalités en 2 nuits d'avril sur un site de 44 éoliennes dans les Appalaches, Evans comm. pers., 2004). Ce sont en fait des chauves-souris migratrices ou transhumantes qui sont victimes des nouvelles structures artificielles. En Allemagne, la mortalité se produit principalement entre le 10 août et le 20 septembre avec un pic la troisième décennie d'août et 83% de la mortalité concernent des espèces migratrices de haut vol (Dürr, 2003).
- D'une manière générale les chiroptères évoluant en milieu ouvert réduisent la fréquence d'émission de leurs cris d'écholocation. Ainsi plusieurs auteurs émettent l'hypothèse que les chauves-souris en long transit migratoire n'émettent probablement pas en permanence (Erickson et al, 2002, Keeley et al., 1999). Mais si les chauves-souris n'émettent pas ou peu de cris en transit migratoire, elles ne sont pas aveugles pour autant et peuvent voir un obstacle devant elles. Le problème vient sans doute de ce que les pales sont en mouvement.
- La structure même des éoliennes semble avoir un pouvoir d'attraction sur les chauves-souris et peut aussi expliquer pourquoi le pic d'énergie se situe en fin d'été et automne
- Un cadavre a été retrouvé en Allemagne avec des traces d'engrenage sur le patagium (Dürr, 2003 in Hensen, 2003) ce qui indique que les chauves-souris se glissent à l'intérieur de la nacelle par les interstices qu'elles trouvent. Les cadavres retrouvés couverts d'huile (Trapp, 2002) peuvent aussi être entrés dans la nacelle, à moins que, comme l'affirme Trapp, il n'y ait eu éclatement des cellules adipeuses de l'animal. Des analyses chimiques ou histologique peuvent toutefois le déterminer (Hensen 2003). Il sera donc nécessaire à l'avenir de conserver tous les cadavres afin de pouvoir procéder, si nécessaire, aux analyses et à des autopsies.
- La chaleur qu'irradie encore la nacelle après l'arrêt des pales attire les insectes et par conséquent les chauves-souris (Corton et al 2001 in Hensen 2003), or le rendement minimum des éoliennes peut être corrélé à la mortalité maximum des chiroptères (Hensen 2003).
- Les installations lumineuses qui équipent certains parcs peuvent aussi avoir pour effet d'attirer les insectes et donc leurs prédateurs.
- Le simple mouvement des pales peut aussi attirer les chauves-souris (par des infrasons ?).

2.2 Autres impacts des éoliennes sur les chauves-souris

En Allemagne, au cours d'une étude sur les chauves-souris avant la construction, pendant et après la mise en fonctionnement d'un parc éolien, Bach (2002) a étudié d'autres impacts.

- L'émission d'ultrasons par les installations signalée par Schröder (1997) et qui gênerait les chauves-souris, mais qu'il n'a pu mettre en évidence.
- La perte directe de terrains de chasse, attestée par l'abandon par la Sérotine commune du parc éolien où elle chassait habituellement (Bach 2002, 2003). A noter cependant que la Pipistrelle commune s'est adaptée à la présence des aérogénérateurs sur ce site.
- L'effet de barrière induisant une perte ou un déplacement des routes de vol avec à terme éventuellement l'abandon des gîtes de reproduction pour certaines espèces (impact potentiel).

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons dire pourquoi des sites présentent des taux de mortalité plus élevés que d'autres. Plusieurs hypothèses peuvent être soulevées :

- corridor de déplacement ou de migration ;
- milieux attractifs ou terrain de chasse habituel d'une colonie ;
- structure particulière de l'éolienne ;
- périodes de fonctionnement des aérogénérateurs.

Mais nous déduisons de toutes les études étrangères, ainsi que des pré-diagnostic effectués et du premier cas de mortalité signalé en France, un impact avéré des éoliennes sur les chiroptères (espèces protégées) sans pour autant pouvoir le mesurer précisément pour les populations. Les premières données sur les espèces européennes rendent possible une transposition des résultats américains. En effet, les contextes naturels de zone tempérée sont assez proches (habitats similaires, chiroptères insectivores, nombreux vicariants écologiques, espèces migratrices, etc.) et permettent une réflexion commune.

Ainsi, il semble que les collisions interviennent principalement :

- à des périodes de déplacement des chauves-souris (printemps et surtout fin d'été) ;

- pendant les nuits chaudes de fin d'été succédant à des périodes de rafraîchissement ;
- sur des espèces le plus souvent migratrices (mais pas exclusivement) ;
- sur des espèces de haut vol (mais pas exclusivement).

Il reste toutefois à confirmer par des études de terrain :

- le rôle des conditions climatiques dans notre pays qui peuvent faire varier les périodes à risques (conditions différentes du nord de l'Europe pour les régions méditerranéennes, dates de passage ou d'arrivée des espèces migratrices, entrée en hibernation plus tardive allongeant la période de risque pour les chauves-souris) ;
- l'impact des éoliennes sur les espèces méridionales à risques (Molosse de Cestoni, Minioptère de Schreibers) et sur le comportement des rhinolophes (espèces absentes ou peu représentatives dans les pays du nord, même si leur biologie ne fait pas craindre une mortalité par impact avec les pales).

La difficulté d'étude des chiroptères rend très lourde toute étude en rapport avec les éoliennes, car ce ne sont pas trois ou quatre nuits de terrain qui peuvent nous donner une idée de la fréquentation d'un site par les chauves-souris (Bach et Dietz 2003). Seul un protocole bien cadré au niveau national, réalisé par des chiroptérologues dont les compétences dans ce domaine sont reconnues et éventuellement avec le support de technologies nouvelles (images thermiques, radar) et d'enregistrements automatiques pour les grands projets éoliens peuvent nous permettre d'apporter des réponses aux questions qui se posent encore. Il est évident que l'expertise chiroptérologique sera fonction de la sensibilité de la zone, qu'une étude complémentaire peut être demandée si le pré-diagnostic relève des enjeux importants pour les chauves-souris ou si la modification du projet initial (taille, nombre ou emplacement des éoliennes) remet tout en question.

Le réseau « Chiroptères » de la SFEPM et la LPO travaillent actuellement à l'élaboration de ce protocole. De ces travaux, quelques pistes de recommandations peuvent être avancées :

- éviter les corridors de transit et les routes de migration quand elles sont connues ;
- éviter la proximité des terrains de chasse préférés des chauves-souris (lisières arborées, marais, plans d'eau) ;
- éviter la proximité des colonies d'espèces rares ou menacées ;
- grillager les zones d'aération des éoliennes pour éviter l'entrée d'animaux.

Contact à la SFEPM : Mélanie Némoz
Mission Chiroptères Grand Sud
c/o IRGM
BP 27
31326 Castanet Tolosan

3. Servitudes et contraintes aéronautiques

3.1 Les services à contacter

Les installations situées à proximité des aérodromes, ou en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques, peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne suivant leur situation géographique, leur hauteur et l'activité aérienne de la zone considérée.

Les études relatives aux servitudes et contraintes (voir paragraphe suivant) pour les activités aériennes civiles et militaires sont basées sur les mêmes principes, mais nécessitent des traitements séparés du fait des spécifications opérationnelles propres à l'aviation civile (lignes aériennes commerciales, etc.) et à l'aviation militaire (application défense, etc.).

En l'occurrence, cela se traduit pour les porteurs de projet par l'obligation d'avoir à recueillir pour le même projet deux autorisations différentes dans le cadre de l'instruction du permis de construire :

- une auprès des services chargés de l'Aviation Civile ;
- et une auprès des régions aériennes.

Les points d'entrée concernant l'Aviation Civile sont les services déconcentrés de la Direction Générale de l'Aviation Civile et Aéroports de Paris. En France métropolitaine, ce sont les 7 Directions de l'Aviation Civile territorialement compétentes pour les études relatives aux obstacles à la navigation aérienne et les 5 services de l'aviation civile Outre-mer pour les DOM-TOM (références des services sur le site DGAC : www.dgac.fr). Les districts – qui sont implantés généralement auprès des grands aérodromes – peuvent également être approchés ; toutefois tous n'ont pas la capacité de traiter des projets éoliens qui sont alors renvoyés vers les DACs.

L'armée de l'air (Région aérienne Nord et Région Aérienne Sud) est le point d'entrée pour la consultation des autres armées : armée de terre, marine nationale, gendarmerie.

Au cours du montage de projet, les services de l'Etat sont consultés plusieurs fois :

- dans le cadre de l'étude d'impact ;
- dans le cadre de l'instruction des déclarations de travaux (mât de mesure), du permis de construire ou du certificat d'urbanisme.

Par ailleurs, la documentation aéronautique de base, ayant valeur officielle (prévue par le Code de l'Aviation Civile), est constituée par les quatre cartes IGN type OACI au 1/500 000^e, sur lesquelles sont figurés les aérodromes, certaines hélistations, les zones réglementées (dont les réseaux TBA), les moyens de radio-navigation (VOR, VOR-DME, VOR-TACAN, NDB-Locators) ainsi que de nombreuses activités aéronautiques spécifiques.

3.2 Les servitudes et contraintes aéronautiques

a) Servitudes légales de l'Aviation Civile

- Plan de servitudes de dégagement aéronautiques (PSA) approuvé des aérodromes (servitudes opposables au tiers) et projets de plan de servitudes aéronautiques.
- Plan de servitudes radioélectriques (PSR) prenant en compte tous les émetteurs-récepteurs utiles à la navigation aérienne, installés sur un aérodrome civil ou militaire ou en rase campagne et les projets de PSR.
- Avant-projet de plan de masse (APPM) des aérodromes et plan de composition générale (PCG) des aérodromes (plans de développement des aérodromes à moyen et long terme).
- Relais hertziens de type faisceau ou omnidirectionnel (PT1 et PT2).
- Plan de servitudes de dégagement des radars, ces derniers pouvant ne pas être installés près d'aérodromes.
- Arrêté du 25 juillet 1990 relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation de l'aviation civile (contraintes d'implantation et de balisage).

b) Contraintes opérationnelles de l'Aviation Civile

- Les contraintes liées à la sécurité aérienne (protection des itinéraires et espaces aériens, les évolutions autour des aérodromes, les procédures de départ, d'attente et d'approche aux instruments).
- Les contraintes liées à la capacité aéroportuaire.
- Les contraintes de certaines activités aériennes spéciales par exemple, épandage, lutte contre les feux (canadais), service de sauvetage, zones de parachutage, axes de voltige, plateformes ULM, aéromodélisme, vol à voile, etc. et toute activité faisant l'objet de publication répertoriée officielle à la suite de leur approbation en Comité Régional de Gestion de l'Espace Aérien (CRG).

c) Servitudes et contraintes de l'aéronautique militaire (Armée de l'Air)

- Plan de dégagement approuvé des aérodromes (servitudes au sens strict).
- Avant-projets de plan de masse (APPM) des aérodromes (servitudes non encore approuvées, mais contraintes fortes).
- Navigation aérienne :
 - circuits de départ, d'arrivées et d'approches interrompues à vue et aux instruments : protection des volumes de procédures et des altitudes minimales de sécurité avec ou sans radar ;
 - réseau très basse altitude (TBA) de la défense nationale ;
 - toutes zones réglementées militaires (définies sous le générique LFR XXX dans la documentation officielle) ;
 - régimes spéciaux : champs de tir air-sol/polygone de guerre électronique.
- Servitudes radioélectriques.

A noter que Météo-France possède ses propres installations radar situées en rase-campagne (cf. annexe n° 2).

d) Servitudes et contraintes de la Gendarmerie Nationale

- Type Aéronautique : identiques à celles de l'Armée de l'air avec spécificités gendarmerie possibles
- Servitudes radioélectriques :
 - relais hertziens de type faisceau omnidirectionnel (PT1 et PT2).

e) Servitudes et contraintes de l'Armée de Terre

L'Armée de Terre possède ses propres installations d'aérodrome à l'usage de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT). En plus des servitudes de type aéronautique militaire, l'armée de terre a des :

- Servitudes radioélectriques :
 - relais hertziens de type faisceau omnidirectionnel (PT1 et PT2).
- Gabarits de sécurité des champs de tir sol/sol.

f) Servitudes et contraintes de la Marine Nationale

- Fonction aéronautique (Aéronavale) : Identiques à celles de l'Armée de l'Air avec spécifications marines éventuelles
- Fonction maritime :
 - Servitudes radioélectriques,
 - Servitudes de sémaphores,
 - Servitudes de câbles sous-marins,
 - Zones de visibilité des radars de surveillance côtière,
 - Champs de tir air-mer et mer-mer,
 - Abords des ports militaires (navires de surface + sous-marins).

3.3 Comment recueillir les informations ?

a) Auprès de l'aviation civile

Il est possible de consulter gratuitement des plans de servitudes de dégagements aéronautiques et radio-électriques établis pour l'aviation civile dans les sièges des Directions de l'Aviation Civile, les délégations régionales de l'aviation civile et les services outre-mer (ces plans sont également consultables dans les DDE et les mairies). Les contraintes aéronautiques sont signalées.

Les documentations d'information aéronautique (AIP – Air Information Publication), sont consultables en ligne, sur le site du service d'information aéronautique : <http://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/>.

Toute consultation nécessite la connaissance au minimum d'informations listées ci-après qui peuvent être complétées par des informations demandées par les DAC (le contenu du dossier de présentation aux services de l'aviation civile est en cours de définition et devrait être disponible en début d'année 2005).

- Un plan de situation : emplacement de la zone d'étude la plus précise possible par rapport au projet étudié (cartographie 1/25 000^e A4 ou A3 et coordonnées géographiques : WGS 84, Lambert II ...) ;
- Et pour chaque éolienne :
 - cote au sol en m NGF ;
 - hauteur hors-sol des éoliennes avec la pale en position haute ;
 - coordonnées géographiques (WGS 84, Lambert II) ;

Lorsque le permis de construire est accordé, la mise à jour de l'information aéronautique nécessite la communication des localisations exactes (altitude au pied et hauteur de chaque éolienne), des dates d'ouverture et de fin de chantier à la DAC concernée en vue de leurs publications (NOTAM et AIP-ENR).

Réalisation des procès-verbaux de début (modalités de balisage durant les travaux) et de réception des travaux (conformité des travaux de balisage peinture et balisage lumineux conforme à la réglementation).

b) Auprès de la Région aérienne (militaire)

Principes :

- Mise à disposition (consultation) gratuite des plans de servitudes aéronautiques, radioélectriques et autres par les Régions Aériennes Nord et Sud ;
- Gratuité des servitudes auprès des régions aériennes Nord et Sud ;
- Sérieux exigé : maîtrise du foncier accord du conseil municipal ;
- Réponse défense complète ;
- Délai non garantis en augmentation (6 mois ou plus).

Processus :

- Dossier de préconsultation informel (ou Certificat d'Urbanisme via D.D.E) ;
- Exploitation interne défense ;
- Réponse sous couvert du Commandant de la région aérienne ;
- Justification si existence d'une servitude et point de contact pour détails techniques.

Composition du dossier :

- Emplacement de la zone d'étude de quelques km² (Cartographie 1/50.000^e A4 ou A3 et coordonnées en D, MIN, SEC du centre du polygone) ;
- Hauteur hors-sol des éoliennes avec la pale ;
- Justificatif ;
- Communication des localisations exactes (coordonnées en WGS84 et hauteur de chaque éolienne), des dates d'ouverture et de fin de chantier à la DAC concernée en vue de leurs publications (NOTAM et AIP-ENR).

4. Sillage à l'arrière d'une éolienne

À l'arrière d'une éolienne, un sillage tourbillonnaire se développe. Dans ce sillage, la vitesse moyenne du vent est diminuée puisque l'éolienne a capté une partie de l'énergie cinétique du vent naturel et l'intensité de turbulence est augmentée.

Le sillage d'une éolienne a donc un double effet sur l'environnement immédiat :

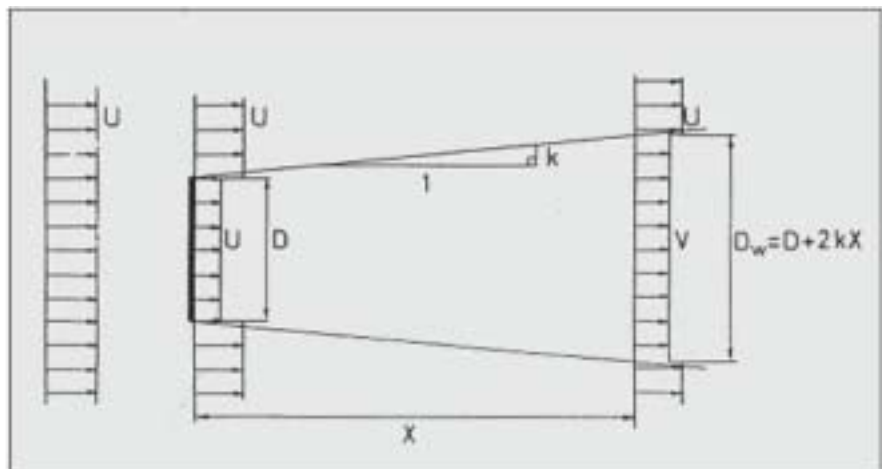
- une diminution de la vitesse du vent derrière l'éolienne entraînant notamment une baisse de production des éoliennes environnantes ;
- une augmentation des charges de fatigue (et donc une diminution de la durée de vie) liée à l'augmentation de l'intensité de turbulence.

À une distance d'environ 200 mètres derrière une éolienne de 80 mètres de diamètre, la vitesse est diminuée d'environ 35% pour des vents inférieurs à 40 km/h, ce qui correspond à de fortes turbulences qui n'induisent cependant aucun effet physique notable sur l'environnement ou sur d'éventuels aéronefs. Cette diminution de vitesse de vent est de l'ordre de 10% à environ 800 mètres d'une éolienne de 80 mètres de diamètre.

Le sillage tourbillonnant en arrière de l'éolienne n'augmente que faiblement la turbulence du vent naturel, de quelques %, et n'engendre aucun impact physique.

4.1 Diminution de vitesse en aval du rotor

Le modèle le plus courant de calcul de la diminution de vitesse dans le sillage est celui développé par WASP/Park², logiciel utilisé en standard par l'industrie éolienne. Ce modèle s'appuie sur le développement linéaire d'un sillage rectangulaire³.



La vitesse du vent en aval de l'éolienne a pour expression :

$$V = U \left[1 - \sqrt{(1-CT)} \left(\frac{D}{D+2kX} \right)^2 \right]$$

Avec V vitesse du vent dans le sillage (en aval du rotor tournant), U vitesse du vent non perturbée en amont, CT coefficient de traînée de l'éolienne (sans dimension), D diamètre du rotor et X distance du rotor au point de calcul. k est une constante de décroissance du sillage définie par :

A constante (A 0,5)
h hauteur du moyeu (centre du rotor)
z₀ longueur de rugosité

$$k = \frac{A}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)}$$

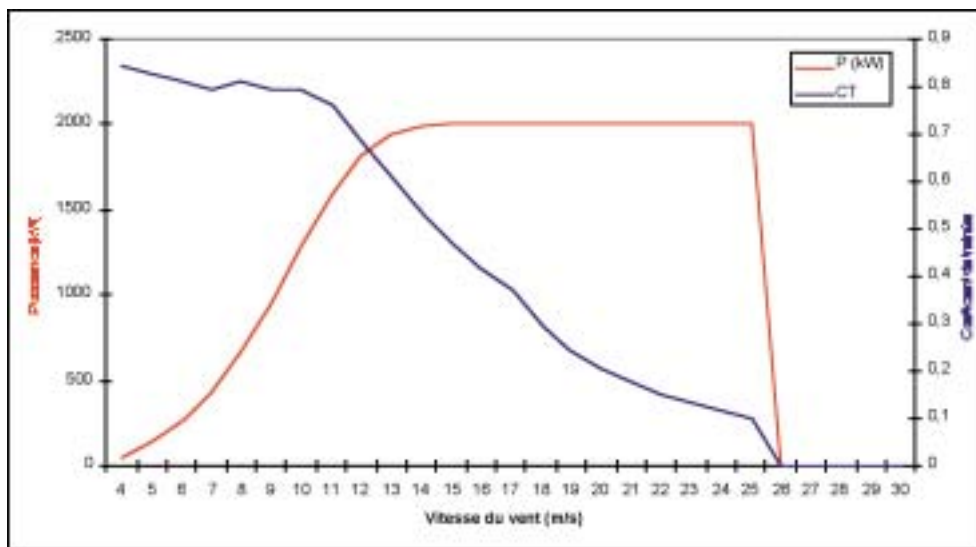
En prenant h = 80 m et z₀ = 0,03 m (rugosité en rase campagne), on obtient k = 0,063.

2. « WASP – Wind Analysis site Program », Risoe, Danemark, 2001

3. « WindFarm », documentation, RESoft, 2001

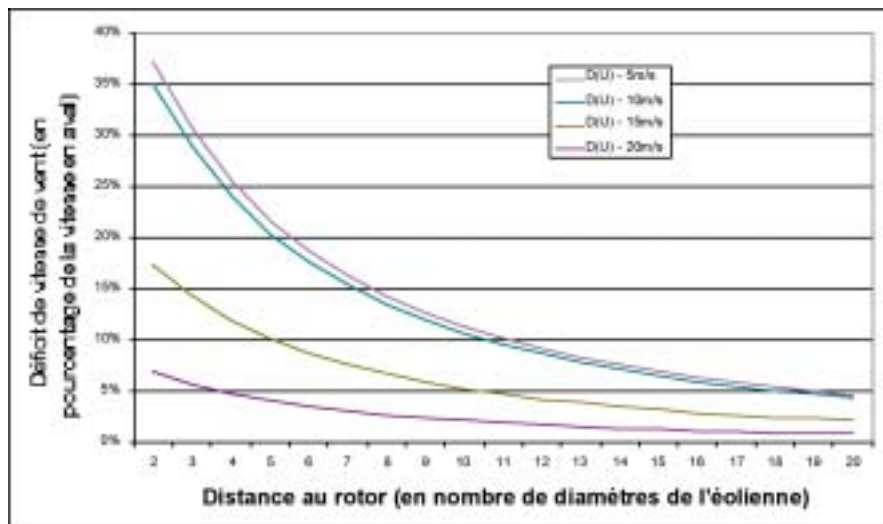
4.2 Application numérique

Pour l'application numérique suivante, une éolienne type (2 MW de puissance nominale et 80 m de diamètre) est utilisée. Les courbes de puissance et de traînée sont données dans le graphique ci-dessous.



Le déficit de vitesse en aval de l'éolienne ($D(U) = (U-V)/V$) décroît rapidement avec la distance au rotor. Dans la zone proche du rotor (2 à 3 diamètres), ce déficit de vitesse est de l'ordre de 35% (soit 6,5 m/s quand le vent est de 10 m/s) pour diminuer à moins de 15% à 7 fois le diamètre du rotor. Ces valeurs correspondent à de « fortes turbulences » dans une zone d'environ 200 mètres en aval du rotor pour une éolienne de 80 mètres de diamètre (2 MW).

Figure 43 : Turbulence ajoutée en aval du rotor



Les modèles théoriques de prévision de la turbulence dans le sillage d'une éolienne sont moins développés et s'appuient sur des études empiriques⁴. Le groupe d'experts européens OWEE (Offshore Wind Energy in Europe) reconnaît d'ailleurs la difficulté d'une approche précise de la turbulence à l'intérieur d'une centrale éolienne offshore⁵.

La règle DS472⁶ propose le calcul d'une intensité de turbulence effective à prendre en compte dans les calculs de fatigue. Ces expressions sont reprises dans le projet de norme CEI⁷. Mais il s'agit de prendre en compte l'effet de la turbulence sur la durée de vie des éoliennes.

En utilisant les formules analytiques, l'intensité de turbulence ajoutée dans le sillage d'une éolienne est inférieure à 5%. Cette valeur est faible par rapport à l'intensité de turbulence observée, de 10 à 15% pour les sites terrestres.

4. Burton T. and all., « Wind Energy Handbook », Wiley, 2001

5. Rebecca J. Barthelmie and Sten Frandsen, "Report on Cluster 3: Resource & Economics", Concerted Action on Offshore Wind Energy in Europe, NNE5-1999-0056, DG Tren, 2001

6. « Tillaeg til DS472 », Revision af 14 september 2001, Danish Standard

7. "WIND TURBINE GENERATOR SYSTEMS – PART 3: Safety requirements for offshore wind turbines", First version of working draft, October 2001, Annexe E, WG3, David Quarton, Garrad Hassan

5. Annexe réglementaire

5.1 Etudes d'impact sur l'environnement

5.2 Enquête publique / information du public

5.3 Production d'énergie

- a) à partir des énergies renouvelables
- b) à partir de l'énergie éolienne

5.4 Aspects électriques

5.5 Thèmes environnementaux

- a) Paysages
- b) Patrimoine
- c) Urbanisme
- d) Milieux naturels
- e) Eau
- f) Forêt
- g) Littoral
- h) Montagne

5.6 Contraintes et servitudes

- a) Défense nationale
- b) Réglementation aérienne
- c) Réglementation maritime

5.7 Bruit

5.8 Santé

5.9 Parcs éoliens en mer

5.1 Etudes d'impact sur l'environnement

Le **chapitre II du titre II du Livre 1er du code de l'environnement** prévoit la réalisation d'une étude d'impact pour tout projet pouvant porter atteinte à l'environnement (articles L.122-1 et suivants).

L'article 8 du **décret n°77-1141 du 12 octobre 1977** (pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature - J.O. du 13 octobre 1977) et sa circulaire d'application du 12 octobre 1977 prévoient le principe de l'insertion de l'étude d'impact dans les procédures réglementaires. Ce décret a été modifié par le décret n°93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques (J.O. du 26 février 1993), dont l'art. 7 spécifie que l'étude d'impact doit être fournie dans tous les dossiers de demande (autorisation, permis de construire). Il prend en compte la directive 85/337/CEE du 27 juin 1985 qui concerne l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, qui a été modifiée le 3 mars 1997 et porte le n°97/11/CE : les éoliennes sont citées en annexe II.

L'article 147 de la **loi n°2002-276 du 27 février 2002** relative à la démocratie de proximité (J.O. n°50 du 28 février 2002 p. 3808) précise les conditions de mise à disposition du public des décisions d'autorisation des projets qui font l'objet d'une étude d'impact.

Le décret de 1977 a également été modifié par le **décret n°2003-767 du 1^{er} août 2003** (modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et le décret n°85-453 du 23 avril 1985 pris pour l'application de la loi du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement - J.O. n°181 du 7 août 2003 p. 13678) : son article premier recommande au maître d'ouvrage de réaliser un cadrage préalable. Ce décret prévoit d'évaluer les effets des projets non seulement sur l'environnement, mais aussi sur la santé. Il précise les procédures pour les impacts trans-frontaliers.

5.2 Enquête publique / information du public

Paragraphe 2.2.2. de la **circulaire n°93-73 du 27 septembre 1993** prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe du décret n°85-453 du 23 avril 1985.

L'**article L. 123 et s. du code de l'environnement** (loi Bouchardeau sur les enquêtes publiques).

5.3 Production d'énergie

a) à partir des énergies renouvelables

La **directive 2001/77/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001** relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité (J.O. n°L 283 du 27/10/2001 p. 0033-0040).

La **loi n°2000-108 du 10 février 2000** relative à la modernisation et au développement du service de l'électricité (J.O. n°35 du 11 février 2000).

La **Programmation pluriannuelle des investissements de production électrique**, Rapport au Parlement, Ministère de l'Economie et des Finances, 29 janvier 2002.

L'**arrêté du 7 mars 2003** relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (J.O. n°65 du 18 mars 2003 p. 4692).

b) à partir de l'énergie éolienne

L'article 36 de la **loi n°2003-8 du 3 janvier 2003** relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie (J.O. n°3 du 4 janvier 2003 p. 265) limite la taille d'un parc porté par un même investisseur.

L'article 98 de la **loi n°2003-590 du 2 juillet 2003** relative à l'urbanisme et l'habitat (J.O. n°152 du 3 juillet 2003 p. 11176), codifiée aux **articles L.553-1 et suivants du code de l'environnement**, fixe les modalités d'instruction d'un projet éolien : une éolienne d'une hauteur supérieure ou égale à 12 mètres est subordonnée à l'obtention d'un permis de construire ; un projet éolien dépassant 2,5 mégawatts (MW) est subordonné à la réalisation préalable d'une étude d'impact et à l'organisation d'une enquête publique. Tout projet éolien inférieur ou égal à 2,5 MW fait l'objet d'une notice d'impact.

L'**article L.421-1-1 du code de l'urbanisme** définit la hauteur d'une éolienne.

La **circulaire interministérielle du 10 septembre 2003**, adressée aux préfets, relative à la promotion de l'énergie éolienne terrestre.

c) Aspects électriques

L'**arrêté tarifaire du 8 juin 2001** fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent telles que visées à l'article 2 (2°) du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000 (J.O. n°143 du 22 juin 2001 p.9889).

Le **décret n°2001-410 du 10 mai 2001** relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat (J.O. n°110 du 12 mai 2001 p. 7543) .

Le **décret n°2000-77 du 7 septembre 2000** relatif à l'autorisation d'exploiter délivrée par le Ministre chargé de l'énergie pour des installations de plus de 4,5 MW.

Le **décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000** fixant par catégorie d'installations les limites de puissance des installations pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité (J.O. n°285 du 9 décembre 2000 p. 19550).

L'**arrêté du 15 avril 1999** relatif aux conditions techniques de raccordement des installations de production autonome d'énergie électrique aux réseaux publics HTA et BT non reliés à un grand réseau interconnecté.

Le **décret du 29 juillet 1927** relatif à l'autorisation d'exécution des travaux de la ligne de raccordement (63 KV).

Le **décret n°2003-282 du 27 mars 2003** modifiant le décret n°2001-410 du 10 mai 2001 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat : il mentionne dans son article premier, I. a), la distance minimale qui doit être respectée entre deux installations, à savoir 1 500 mètres.

5.4 Thèmes environnementaux

a) Paysages

L'**article L. 123-1 du code de l'urbanisme**, issu de l'article 3 de la loi n°93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages.

L'**article L. 110 et les articles L. 341.1 et suivants du code de l'environnement**.

La **loi n° 93-24 du 8 janvier 1993** sur la protection et la mise en valeur des paysages, codifiée aux articles **L.350-1 et L.333-1 du code de l'environnement**.

b) Patrimoine historique

Les articles 13bis et 13ter de la **loi du 31 décembre 1913** (modifiée) sur les monuments historiques.

La **loi du 2 mai 1930** relative à la protection des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, codifiée aux **articles L. 341-1 à 22 du code de l'environnement**.

La **loi n°2001-44 du 17 janvier 2001** relative à l'archéologie préventive (J.O. n°15 du 18 janvier 2001 p. 928).

Le **décret n°2002-89 du 16 janvier 2002** pris pour l'application de la loi n°2001-44 du 17 janvier 2001 et relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive (J.O. n°16 du 19 janvier 2002 p. 1192 texte n°41).

La **loi n°2004-804 du 9 août 2004** pour le soutien à la consommation et à l'investissement : son article 7 modifie les règles de calcul du montant de la taxe d'archéologie préventive, non plus sur la base de la parcelle concernée par l'aménagement mais en fonction de la surface d'installation. Si celle-ci est inférieure à 1000 m², aucune redevance n'est exigée.

c) Urbanisme

L'**article R. 490-3 du code de l'urbanisme** (autorité compétente pour les autorisations relatives à l'énergie).

d) Milieux naturels

L'**arrêté du 15 septembre 1982 et l'arrêté du 31 août 1995** : liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire.

L'**arrêté du 22 juillet 1993** fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire (J.O. n°209 du 9 septembre 1993).

L'**arrêté du 17 avril 1981** modifié fixant les listes des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire.

La **convention de Berne** adoptée le 19 septembre 1979 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe.

La **convention de Bonn** signée le 23 juin 1979 sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.

L'**arrêté du 30 juin 1998** fixant les modalités d'application de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (J.O. n°183 du 9 août 1998 p. 12228).

Les annexes I, II et IV de la **directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992**, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, dite Directive habitats (J.O. n°L 206 du 22/07/1992 p. 0007-0050). Elle prévoit la mise en réseau des zones de grand intérêt écologique à l'échelle de l'Europe (réseau Natura 2000).

L'annexe I de la **directive 79/409/CEE du Conseil, du 2 avril 1979**, concernant la conservation des oiseaux sauvages, dite Directive oiseaux (J.O. n°L 103 du 25/04/1979 p. 0001-0018).

La **norme suisse SN 640577b du 1^{er} mars 2003** sur le balisage et la protection des stations de plantes protégées lors de la phase de chantier.

L'**arrêté interministériel du 20 janvier 1982** de protection des herbiers de posidonies.

Les **articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement** relatifs aux espèces protégées.

Les **arrêtés du 16 novembre 2001** relatifs à la liste des espèces d'oiseaux justifiant les désignations de ZPS et relatifs à la liste des types d'habitats naturels et des espèces de faune et flore sauvages qui peuvent justifier la désignation des ZSC.

e) Eau

Les **articles L. 214-1 à 6 du code de l'environnement** (loi sur l'eau).

Le **décret du 23 février 2001** modifiant la nomenclature en mer.

f) Forêt

Le **décret n°2003-16 du 2 janvier 2003** relatif à la procédure de contrôle des défrichements et modifiant le code forestier (J.O. n°4 du 5 janvier 2003 p. 347 texte n°20) a notamment modifié les articles R.421-3-1 et R.421-12 du code de l'urbanisme, relatifs à la composition et aux délais d'instruction de la demande de permis de construire.

g) Littoral

La **loi n°86-2 du 3 janvier 1986** relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral dite loi littoral.

Les **articles L. 146-4-III et L. 146-6 du code de l'urbanisme** : continuité des espaces du rivage, extension limitée de l'urbanisation,

h) Montagne

La **loi n°85-30 du 9 janvier 1985** relative au développement et à la protection de la montagne dite loi montagne.

L'**article L.145-3 du code de l'urbanisme** : principe d'aménagement et de protection en zone de montagne.

5.5 Contraintes et servitudes

a) Défense nationale

Les contraintes particulières dues aux servitudes radioélectriques et sémaphoriques, sans exclure celles domaniales (exemple : camp de manœuvre). Ces contraintes sont prises en compte dans l'instruction des dossiers par les services désignés de la défense.

b) Réglementation aérienne

Les **articles R. 241-1 à 241-3, D. 241-1 & suivant du code de l'Aviation Civile**, relatifs aux servitudes aéronautiques de dégagement et de balisage. Les **articles R. 244-1 et D. 244-1 et s. du code de l'Aviation Civile**, relatifs aux installations soumises à autorisation en dehors des zones grevées de servitudes de dégagement.

L'article 11 de l'**arrêté interministériel du 31 décembre 1984** fixant les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques à l'exclusion des servitudes radioélectriques (JO du 29 janvier 1985, p. 1213) garantit l'approbation des plans de servitudes aéronautiques établis selon les normes des arrêtés cités ci-dessous.

L'**arrêté du 31 juillet 1963** définissant les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques, à l'exclusion des servitudes radioélectriques.

L'**arrêté du 15 janvier 1977** définissant les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques, à l'exclusion des servitudes radioélectriques.

L'**arrêté interministériel du 25 juillet 1990** relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation.

L'**instruction 20700 DNA du 16 novembre 2000** relative à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

Les **articles L. 54 à L. 62-1, R. 21 à R. 39, D. 473 du code des postes et télécommunication** pour les textes relatifs aux servitudes radioélectriques.

L'**instruction n°10543 DNA du 14 septembre 1982** fixant les procédures applicables en matière de création et de protection contre les obstacles et les perturbations électromagnétiques des stations de radiocommunication et de radionavigation installées pour les besoins de la navigation aérienne.

c) Réglementation maritime

Le **décret n°86-606 du 14 mars 1986** relatif aux commissions nautiques.

Les **arrêtés du Préfet maritime** publiés au recueil des actes administratifs.

Les **articles L. 28, R. 53 et R. 152-1 du code du domaine de l'Etat**.

Les **articles L. 321-1 et s., L. 214-1 et s. du code de l'environnement**.

Le **décret n°79-518 du 29 juin 1979** relatif aux concessions d'endigage et utilisation des dépendances du domaine public maritime maintenues dans ce domaine en dehors des ports.

5.6 Bruit

La **loi n°92-1444 du 31 décembre 1992** relative à la lutte contre le bruit (J.O. du 1^{er} janvier 1993).

La **norme AFNOR NF S 31-010** « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage ».

La **norme AFNOR NF S 31-110** « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation ».

L'**article R. 1336-8, 1^{er} alinéa de l'article R. 1336-9, article R. 1336-9 et article R. 1336-10 du code de la santé publique** : modalités de mesure des bruits de voisinage.

L'**arrêté du 10 mai 1995** relatif aux modalités de mesure des bruits de voisinage.

Le **décret n°95-79 du 23 janvier 1995** fixant les prescriptions prévues par l'article 2 de la loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit et relatives aux objets bruyants et aux dispositifs d'insonorisation (J.O. du 25 janvier 1995).

L'article 10 de l'**arrêté du 18 mars 2002** relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments.

La **directive 2000/14/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2000** concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments (J.O. n°L 162 du 03/07/2000 p. 0001–0078).

L'**arrêté du 12 mai 1997** fixant les dispositions communes applicables aux matériels et engins de chantier.

L'**arrêté du 13 avril 1972** modifié relatif au bruit des véhicules automobiles.

La **directive 70/157/CEE du Conseil, du 6 février 1970**, concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives au niveau sonore admissible et au dispositif d'échappement des véhicules à moteur.

Les **articles L. 571-1 à L. 571-26 et article L. 571-6 du code de l'environnement**.

5.7 Santé

L'article **L.122-3 du code de l'environnement** (article 19 de la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie).

5.8 Parcs éoliens en mer

La **circulaire du 13 octobre 2003** de la Ministre déléguée à l'Industrie et du Secrétariat d'Etat aux transports et à la mer aux préfets des départements littoraux.

Le **décret n°2004-308 du 29 mars 2004** relatif aux concessions d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports (J.O. n°76 du 30 mars 2004 p. 6078 texte n°40).

Le **décret n°77-1141 du 12 octobre 1977** pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, modifié par le décret n°2003-767 du 1^{er} août 2003 (J.O. du 13 octobre 1977).

L'**article R. 422-2 du code de l'urbanisme** : exceptions au régime général des permis de construire.

6. Glossaire

Aérogénérateur

Un aérogénérateur est un système complet permettant de convertir l'énergie (mécanique) du vent en énergie électrique. Les aérogénérateurs les plus courants sont à axe horizontal. Ils sont composés d'un mât (ou tour), d'un rotor (composé de deux ou trois pales) et d'une nacelle.

Synonymes : éolienne, turbine.

Pour désigner un ensemble d'aérogénérateurs, on emploie habituellement le terme de « parc éolien ».

Aire d'étude

Zone géographique potentiellement soumise aux effets temporaires et permanents, directs et indirects du projet.

Bruit

Le bruit peut être défini comme un ensemble de sons non désirés. Ces sons sont caractérisés par leur intensité (exprimée en décibel, dB) et leur fréquence (exprimée en Hertz, Hz). Il s'agit d'une nuisance subjective : « *Ce qui, dans ce qui est perçu par l'ouïe, n'est pas ressenti comme un son musical* » (Petit Robert), ou encore « *tout phénomène acoustique produisant une sensation généralement considérée comme désagréable ou gênante* » (norme Afnor).

Bruit ambiant

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées.

Bruit particulier

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête. Ce peut être, par exemple, un bruit dont la production ou la transmission est habituelle dans une zone résidentielle ou un bruit émis ou transmis dans une pièce d'habitation du fait du non-respect des règles de l'art de la construction ou des règles de bon usage des lieux d'habitation.

Bruit résiduel

Bruit ambiant, en l'absence du (des) bruits(s) particulier(s), objet(s) de la requête considérée. Ce peut être, par exemple, dans un logement, l'ensemble des bruits habituels provenant de l'extérieur et des bruits intérieurs correspondant à l'usage normal des locaux et équipements.

Certification

La conception et la fabrication des éoliennes sont le plus souvent certifiées par des organismes indépendants suivant des règles strictes de qualité. Les normes appliquées prennent en compte la sécurité, la résistance de la structure...

Cisaillement du vent

Variation de la vitesse du vent en fonction de la hauteur (dans le cas d'un cisaillement vertical).

Courbe de puissance

La courbe de puissance représente la puissance fournie par l'éolienne en fonction de la vitesse du vent. Elle permet de calculer la production d'énergie d'une éolienne donnée selon le vent disponible sur le site projeté.

Covisibilité

Vision que l'on a simultanément de deux ou plusieurs objets depuis un lieu extérieur, par exemple une éolienne et une église.

Selon l'article 1, 3 de la loi du 31 décembre 1913 (modifiée par la loi 2000-1280 2000-12-13 art. 40 JORF 14 décembre 2000) : « *Est considéré, pour application de la présente loi, comme étant situé dans le champ de visibilité d'un immeuble classé ou proposé pour le classement, tout autre immeuble, nu ou bâti, visible du premier ou visible en même temps que lui, et situé dans un périmètre n'excédant pas 500 m* ».

Décibel pondéré A, ou dB(A)

L'oreille humaine n'est pas sensible aux différentes fréquences de la même manière : elle est plus sensible aux fréquences graves qu'aux fréquences aiguës, et se comporte comme un filtre. Afin de représenter ce que l'oreille

perçoit, des pondérations (A, B, C ou D) sont appliquées aux fréquences selon le type de bruit afin d'obtenir un chiffre unique et représentatif de ce que l'oreille perçoit. Toutes les réglementations européennes utilisent la pondération A :

- 3 dB(A) est la plus faible différence audible ;
- 5 dB(A) est une différence qui est remarquée ;
- 10 dB(A) peut être ressenti comme un bruit deux fois plus fort.

Démantèlement

Correspond à la phase finale d'un projet : l'éolienne est démontée, le site est débarrassé de tous les équipements liés au projet et le terrain restitué à son usage initial ou à un autre usage approuvé.

Disponibilité

Rapport entre le nombre d'heures pendant lequel l'éolienne est prête à fonctionner et le nombre d'heures total dans l'année (8 760 heures). La disponibilité atteint couramment 98%.

Effet

Il décrit une conséquence objective d'un projet sur l'environnement, indépendamment du territoire affecté. On distingue les effets cumulatifs, directs/indirects, permanents/temporaires, réversibles/irréversibles, positifs/négatifs, etc.

Emergence

Modification temporelle du niveau du bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.

Etude d'impact

Démarche d'évaluation consistant à analyser et évaluer les effets directs et indirects, temporaires et permanents, d'un projet (travaux, ouvrages ou activités) sur l'environnement.

Hauteur d'une éolienne

Sur le plan urbanistique, la hauteur d'une éolienne est définie comme celle du mât et de la nacelle, à l'exclusion des pales (art. L.412-1-1 du code de l'urbanisme).

Impact

Ce qui résulte des effets d'un projet après leur évaluation en fonction du milieu initial considéré. On distingue les impacts directs / indirects, temporaires / permanents, induits.

La différence entre impact et effet : l'effet décrit la conséquence objective du projet sur l'environnement (par exemple, une éolienne émettra un niveau sonore de 36 dB(A) à une distance de 500 mètres), tandis que l'impact est la transposition de cette conséquence sur une échelle de valeurs (dans ce même exemple, il s'agira des nuisances sonores ressenties par les riverains).

Kilowattheure (kWh)

Unité de mesure de l'énergie électrique consommée ou produite pendant 1 heure.

Maître d'œuvre

Personne physique ou morale chargée d'étudier et ensuite de réaliser des ouvrages ou des travaux.

Maître d'ouvrage

Personne physique ou morale, publique ou privée, initiatrice du projet et responsable de la demande d'autorisation. « Pétitionnaire » ou « porteur de projet » sont fréquemment utilisés avec la même définition.

Mât de mesure

Mât d'une hauteur de 10 à 80 m sur lequel sont fixés des instruments de mesure de la vitesse (anémomètre) et de la direction du vent (girouette). Il s'agit généralement de mâts tubulaires haubanés. Les mesures doivent s'étaler sur un minimum de plusieurs mois pour être pertinentes.

Mégawatts, kilowatts et watts

Unité de mesure de puissance (quantité d'énergie consommée ou produite par unité de temps).

1 MW (mégawatt) = 1 000 kw (kilowatts) = 1 million W (watts). 1 W = 1 Joule / seconde.

Mesure compensatoire

Mesure visant à offrir une contrepartie à un impact dommageable non réductible provoqué par le projet.

Mesure de réduction

Mesure pouvant être mise en œuvre dès lors qu'un impact négatif ou dommageable ne peut être supprimé totalement lors de la conception du projet. S'attache à réduire, sinon à prévenir l'apparition d'un impact.

Mesure de suppression

Mesure intégrée dans la conception du projet, soit du fait de sa nature même, soit en raison du choix d'une solution ou d'une alternative, qui permet d'éviter un impact fort pour l'environnement.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, $L_{Aeq,T}$

Valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son continu stable qui au cours d'une période spécifiée T, a la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps. Il est défini par la formule :

$$L_{Aeq, (t1,t2)} = 10 \log \left[\frac{1}{(t2-t1)} \int_{t1}^{t2} P_a^2(t) / P_0^2 dt \right]$$

où :

$L_{Aeq, (t1,t2)}$ est le niveau de pression continu équivalent pondéré A, en décibels, déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t1 et se termine à t2 ;

P_0 est la pression acoustique de référence (20μPa)

$P_a(t)$ est la pression acoustique instantanée pondérée A du signal

Notice d'impact

Démarche d'évaluation, identique à l'étude d'impact, mais pour des projets de moindre importance, consistant à indiquer les impacts du projet sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération satisfait aux préoccupations d'environnement. Dans le cas des éoliennes, les installations dont la puissance est inférieure ou égale à 2,5 MW sont soumises à notice d'impact.

Partis d'aménagement

Projets alternatifs qui traduisent les différents scénarios d'aménagement envisagés.

Poste de livraison

Le poste de livraison est le point de raccordement du parc éolien au réseau électrique (EDF). Il est équipé de dispositifs de sécurité et de compteurs d'énergie et constitue la limite entre le réseau électrique interne (privé) et externe (public).

Poste de raccordement

Afin de ne pas perturber le réseau électrique, la livraison du courant se fait non pas sur une ligne électrique mais à un poste source (ou poste de raccordement). Ainsi, une liaison est créée entre le poste de livraison du parc éolien et le poste source afin que le courant soit distribué sur le réseau électrique national.

Figure : Représentation du raccordement d'un projet éolien



LEGENDE :

— : câble 20 000 V enterré, domaine privé

— : câble 20 000 V enterré, domaine public

Source : EED

Production d'énergie

La production d'énergie d'une éolienne dépend fortement des conditions locales de vent à la hauteur du moyeu de l'éolienne ainsi que de la courbe de puissance de l'éolienne.

Pour une vitesse de vent double, la puissance est multipliée par 8. Pour un diamètre de l'éolienne double, la puissance est multipliée par 4. L'augmentation de la hauteur du rotor de 1 mètre augmente la quantité d'énergie de 1% dans la plupart des cas.

Suivi environnemental

Ensemble des moyens d'analyse, de mesures et de surveillance des impacts du fonctionnement des installations sur l'environnement. Ces moyens peuvent être proposés par le maître d'ouvrage, dans le cadre de l'étude d'impact.

Transformateur

La tension fournie par l'éolienne ne correspond pas à la tension véhiculée dans les câbles électriques allant vers le poste de livraison. Un transformateur est nécessaire afin de convertir cette tension en 20 000 V (par exemple). Dans la plupart des projets actuels, ce transformateur est intégré dans l'éolienne (dans le mât, dans la nacelle...).

Variante

Ensemble des possibilités (notamment techniques) qui s'offrent au maître d'ouvrage et qui sont étudiées tout au long de la phase de mise en place du projet.

7. Bibliographie

ETUDE D'IMPACT

Généralités

Environmental Impact Assessment Planning Practice Standard, The Royal Town Planning Institute, Mai 2001

L'étude d'impact sur l'Environnement : objectifs, cadre réglementaire et conduite de l'évaluation, BCEOM, MICHEL, P., Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 2000

Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, Institut de Veille Sanitaire, Février 2000

L'Environnement en France, IFEN (Institut Français de l'ENvironnement), La Découverte, 1999

Final Report on the Study on the Assessment of Indirect and Cumulative Impacts, as well as Impact Interactions within the Environmental Impact Assessment (EIA) Process, Commission Européenne, DG XI, Environment, NE80328/D3/2, Mai 1999

Environmental Impact Assessment Guidance on Scoping, Commission Européenne, DG, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Mai 1996

Gestion de l'environnement et études d'impact, GUIGO M. et al., Masson géographie, 1991

Etude d'impact sur les projets d'installations d'éoliennes

Impact des éoliennes sur les oiseaux : synthèse des connaissances actuelles – conseils et recommandations, ONCFS, 2004

Guide du développeur de parc éolien, ADEME, Novembre 2003.

World Market Update 2002 – Forecast 2003-2007, BTM Consult, Danemark, Mars 2003

Des éoliennes dans votre environnement : 6 fiches pour mieux comprendre les enjeux, ADEME et CLER, 2002

Un projet d'éoliennes sur votre territoire : Guide à l'attention des élus et des associations, AMORCE et CLER, Août 2002

Permitting of Wind Energy Facilities, A Handbook Revised 2002, Prepared by the NWCC Siting Subcommittee, Etats-Unis, Août 2002

Scope of Environmental Effects Statement for the Nirranda Wind Farm Project, Stanwell Corporation Ltd, Victoria, Australie, Juin 2002

Rapport du groupe de travail sur la rationalisation et la simplification des procédures applicables aux producteurs d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Ministère de l'Industrie, Mai 2002

European Best Practice Guidelines for Wind Energy Development, EWEA, 2001

Assessment Guidelines Environment Effects Statement for the Portland Wind Energy Project, Pacific Hydro Limited, Victorian Planning Minister, Australie, Février 2001

Manuel préliminaire de l'étude d'impact sur l'environnement de parcs éoliens, ADEME, Novembre 2000

National Planning Policy Guideline NPPG6 Renewable Energy, Scottish Executive, Ecosse, Juin 2000

Guide de l'énergie éolienne – Les aérogénérateurs au service du développement durable, CIVEL Y.-B. & LEFEVRE P. (dir.), Éd. Institut de l'Énergie des Pays Francophones/Systèmes solaires, 1998

Le guide de l'énergie éolienne, IEPF/Fondation Energies pour le monde, 1998

Wind Energy, The Facts – Volume 1 : The Environment, Commission Européenne, DG Energie, 1997

Planning policy Guidance Note : Renewable Energy, Department of the Environment PPG22, Welsh Office, Pays de Galles, Février 1993

Environmental (and Other) Impacts of Wind Turbines, Irish Energy Centre

Schémas régionaux

Schéma régional éolien du Nord-Pas de Calais, Préfectures du Nord et du Pas-de-Calais, Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais, ADEME, Juin 2003

Vade-Mecum non technologique du candidat à l'implantation d'un parc éolien, Apere, Ministère de la Région Wallone, Janvier 2003

L'Énergie éolienne, ARENE Ile de France, 2002

L'éolien dans l'Aude (pour un développement raisonné des installations éoliennes du département / synthèse des procédures, des outils et des perspectives / juillet 2002), Préfecture de l'Aude, 2002

Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne, Gouvernement Wallon, Juillet 2002

Charte départementale des éoliennes du Finistère, Préfecture, Juin 2002

L'énergie éolienne en Languedoc-Roussillon, DIREN Languedoc-Roussillon

Eolien en mer

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) - Standards for the Environmental Impact Assessment of Offshore Wind Turbines on the Marine Environment, Hamburg and Rostock, 2003

Energie éolienne en mer : recommandations pour une politique nationale, Paris, Secrétariat général de la mer, 2002

Concerted Action on Offshore Wind Energy in Europe [CA-OWEE], Rapport Final, OWEE, 2001

An Assessment of the Environmental Effects of Offshore Wind Farms, Meteo Plc, ETSU, 2000

Assessment of the Impacts of Offshore Wind Energy Structures on the Marine Environment, Marine Institute, Dublin, 2000

North Sea Offshore Wind – A Powerhouse for Europe, Technical Possibilities and Ecological Considerations, Greenpeace, Octobre 2000

Rodsand Offshore Wind Farm, Environmental Impact Assessment, Energi E2, Juillet 2000

Horns Rev Offshore Wind Farm, Environmental Impact Assessment, Elsam/Eltra, Mai 2000

MILIEU-EFFECTRAPPORT, Locatiekeuze Demonstratieproject, Near Shore Windpark, Ministère des Affaires Economiques des Pays-Bas, 1999

Offshore Wind Energy – Building a New Industry for Britain, Border Wind, Juin 1998

OWEMES'97 et 2000 – Offshore Wind Energy in Mediterranean and other Countries

MILIEU PHYSIQUE

Sismicité

Mille ans de séismes en France – Catalogue d'épicentres – Paramètres et Références, Lambert, J. et all., BRGM/EDF/IPSN/AFPS, Orléans, 1996

Règles parasismiques 1969 révisées 1982, Eyrolles, Paris, 1984

Les tremblements de terre en France, Carte de la sismicité historique de la France, VOGT, J. (sous la direction de), BRGM, Orléans, 1979

Climatologie

Wind Energy Production in Cold Climate (WECO), Finnish Meteorological Institute, JOR3-CT95-0014, Finlande, 1998

La foudre, GARY, C., Masson, 1994

Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions, Eyrolles, Paris, 1990

Climats et cours d'eau de France, PAGNEY, P., Masson, 1988

La Météo de la France – Tous les climats, localité par localité, KESSLER, J., CHAMBRAUD, C., JC Lattès, 1986

MILIEU NATUREL

Végétation et flore, faune et avifaune

Wind Turbines and in birds Flanders. Preliminary study results and recommendations, EVERAERT, J., Natuur. Oriolus 69(4), 2003, pp. 145-155

L'implantation des éoliennes en Bretagne : étude préalable, typologie des projets éoliens et problématiques, CERESA, Direction Régionale de l'Environnement de Bretagne, 2003, 74 p.

- L'implantation des éoliennes en Bretagne : étude préalable, propositions pour une prise en compte de l'environnement*, CERESA, Direction Régionale de l'Environnement de Bretagne, 2003, 73 p.
- Windfarms and Birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues*, Conseil de l'Europe, 22^e meeting, 25 décembre 2002
- Éoliennes et milieu naturel*, ADEME / CLER, 2002, 6 p.
- Burbo offshore Wind farm – Ornithology*. Final report, CASELLA STANGER, Seascope Energy Ltd., 137020102/FO/R1/Rev2, 2002, 47 p. + annexes
- Base de données documentaire des impacts des parcs éoliens sur l'avifaune*, L.P.O., Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2002, Cédérom
- Windfarms and Birds : an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues*, LANGSON, R.H.W., PULLAN, J.D., Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural habitat, 22nd meeting, Strasbourg, 2-5 décembre 2002, Report written by Birdlife on behalf of the Bern Convention, 37 p.
- Eoliennes et espèces migratrices, Résolution 7.5*, Conférence de Bonn PNUE/CMS, Septembre 2002
- Golden Eagles In A Perilous Landscape: Predicting The Effects Of Mitigation For Wind Turbine Blade-Strike Mortality*, California Energy Commission, Juillet 2002
- Phase I Avian Risk Assessment for the Allegheny Heights Wind Power Project*, Garrett County, Maryland, Curry & Kerlinger, L.L.C., Mai 2002
- Évaluation de l'impact du parc éolien d'Al Koudia Al Baïda (péninsule Tingitane, Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale*, ABIES, 2001
- Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude)*, EL GHAZI, A., FRANCHIMONT, J. & ABIES, LPO Aude, ADEME, 2001, 56 p + annexes
- Suivi ornithologique du parc éolien d'Ersa-Rogliano (Haute Corse)*. Rapport intermédiaire n°1, FAGGIO, G., SIIF Energies, Groupe Ornithologique de Corse, 2001, 7 p. + annexes.
- Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States*. ERICKSON, W.P., JOHNSON, G. D., STRICKLAND, M.D., YOUNG, D.P., SERNKA K.J., GOOD, R. E., National Wind Coordinating Committee. Western EcoSystems Technology Inc. Washington. 2001, 67 p.
- Fledermäuse und Windenergienutzung – reale Probleme oder Einbildung ?* BACH, L., Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 33 : 119-124, 2001
- The application of Geographical Information Systems to determine environmental impact significance*, ANTUNES, P., SANTOS, R. & JORDAO, L., Environmental Impact Assessment Review vol 21, 2001, pp. 511-535
- Potential Impacts of Wind Turbines on Birds at North Cape, Prince Edward Island*, KINGSLEY, A. et WHITTAM, B., A report for the Prince Edward Island Energy Corporation, Bird Studies Canada, 2001
- Otterham proposed wind farm. Breeding bird and habitat survey 2001*, PERCIVAL, S., PERCIVAL, T., Powergen Renewables Development Ltd / Ecology Consulting, Durham, 2001, 12 p. + ann.
- Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV*, Carmel, CA, May 16-17, 2000. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee, by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, ed., 2001, 179 p.
- Expertise biologique sur les nuisances écologiques de la pollution lumineuse*, RAEVEL, P., Groupe de travail national route / faune sauvage, 2001
- Suivi Ornithologique des parcs Eoliens du Plateau de Garrigue Haute (Aude)*, ABIES, Octobre 2001
- Incidences of wind turbines on raptors in Southern Spain*, JANSS, G., WWGBP, World Raptor Conference, Séville, Septembre 2001
- Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States*, ERICKSON, W. P., National Wind Coordinating Committee (NWCC), Août 2001
- An assessment of the environmental effects of offshore wind farms*, METOC, Report to ETSU/DTI, ETSU W/35/00543/REP, 2000
- Suivi biologique du site d'implantation d'un parc éolien offshore au large de Dunkerque*. RAEVEL, P., DEVOS, S., GOVAERE., A. GREET Ing, Merville, 2000, 294 p.
- Baseline Avian Use and Behavior at the CARES Wind Plant Site*, Klickitat County, Washington : Final Report, ERICKSON W. P., JOHNSON G. D., STRICKLAND M. D., KRONNER K., BECKER P. S. & ORLOFF S., NREL/SR-500-26902, 1999, 75 p.

- Étude de faisabilité de l'implantation d'un parc éolien en zones offshore au large de Dunkerque* (59). Expertise ornithologique, RAEVEL, P., DEVOS, S., LOOTS, A., DEROO, S., GREET Ing, Merville, 1999, 100 p.
- Eoliennes et protection des oiseaux : un dilemme !* RODTS, J., L'Homme et l'Oiseau, 37, 1999, pp. 110-123
- Studying wind energy/bird interactions : a guidance document*, Avian Subcommittee et National Wind Coordinating Committee, Etats-Unis, Décembre 1999
- Avian Risk and Fatality Protocol*, MORRISON, M. L., NREL Report No. SR-500-24997, 1998, 11 p.
- Conférence sur les incidences de l'éclairage artificiel sur les milieux naturels et leurs composantes biologiques*, RAEVEL, P., LAMIOT, F., Cité des Sciences / La Villette, Premières rencontres nationales pour la protection du ciel nocturne, 1998
- Essentials of conservation biology*, Second edition, PRIMACK, R.B., Sinauer Associates, Inc., 1998, 659 p.
- Predicting the Response of Bird Populations to Wind Energy-Related Deaths*, MORRISON, M. L. et al, NREL/CP-500-25009, Janvier 1998
- Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle, Rapport final*, ABIES, Géokos consultants, LPO Aude, 1997, 66 p.
- Guide de rédaction, Étude d'impact sur l'environnement, Application aux parcs éoliens*, ADEME, Ministère de l'Environnement, 1997, 30 p.
- Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary*, MUSTERS, C.J.M., NOORDERVLIET, M.A.W., TER KEURS, W.J., Bird Study 43, 1996, pp. 124-126
- Effects of wind turbine plants on the avifauna in the Campo of Gibraltar region*, Sociedad española de Ornitología, 1995
- Bird casualties and wind turbines near the Kreekrak sluices of Zeeland*, MUSTERS, C.J.M., NOORDERVLIET, M.A.W., TER KEURS, W.J., Environmental Biology Leiden University, Leiden (NL), 1995, 28 p.
- Ecology and management of neotropical migratory birds. A synthesis and review of critical issues*, MARTIN, T.E., FINCH, D.M., OUP, Oxford, 1995, 489 p
- Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*, FORMAN, R.T.T., Cambridge University Press, Cambridge, 1995, 632 p.
- National Avian-Wind Power Planning Meeting II*, National Wind Coordinating Committee, Palm Springs, California, 20-22 Septembre 1995
- Bird deaths prompt rethink on wind farming in Spain*, LUKE, A., HOSNER, A., HARRISON, L., Wind Power Monthly, 1994
- Avian Collisions with Utility Structures : Biological Perspectives*, BROWN W. M., Proceedings Avian Interactions with Utility Structures, Miami (APLIC, EPRI), 1993
- Birds as monitors of environmental change*, FURNESS, R.W., GREENWOOD, J.J.D., Chapman & Hall, London, 1993, 356 p.
- Annoyance from Windturbines noise on sixteen sites in three countries*, WOLSINK, M., SPRENGERS, M., KEUPER, A., PEDERSEN, T.H., WESTRA C.A., EWEC, Lübeck-Travemünde, Allemagne, 8-12 Mars 1993
- Birds Census Techniques*, BIBBY, C. J., BURGESS, N. D., HILL, D. A., Academic Press Ltd, London, 1992, 257 p.
- Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds*, KOMDEUR, J., BERTELSEN, J., CRACKNELL, G. (eds), IWRB, Special Publication n°19, Slimbridge, UK, 1992, 37 p.
- The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum* (Fr.), The Netherlands, on birds. 1. Collision victims, WINKELMAN, J.E., RIN-Rapport 92/2, 1992
- Bird population studies. Relevance to conservation and management*, PERRINS, C.M., LEBRETON, J.-D., HIRONS, G.J.M. (Eds), Oxford University Press, Oxford, UK, 1991, 683 p.
- Vogelinventarisatie, richtlijnen en verslaggeving*. HUSTINGS, M.F.H., KWAK R.G.M., OPDAM P.F.M., REIJNEN, M.J.S.M., Pudoc, Wageningen (NL), 1989, 492 p.
- Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen*, WINKELMAN, J.E., RIN-Rapport 89/15, 1989
- The ecology of bird communities. 1. Foundations and patterns. 2. Processes and variations*, WIENS, J.A., Cambridge University Press, 1989, 359 p. + 316 p.
- Ornithological evaluation for wildlife conservation*, FULLER, R.J., LANGSLOW, D., Chapman & Hall London, 1986, pp 248-269 in USHER M.B. (Ed), « Wildlife conservation evaluation »
- Impact of medium sized wind turbines on birds : a survey on flight behaviour, victims and disturbance*, WINKELMAN E., Netherlands Journal of Agricultural Sciences 33, 1985
- Protégéons nos Mammifères*, LIBOIS, R., Ed. Duculot, Gembloux (B), 1983, 176 pp.

- Correlating habitat variables and birds*, ANDERSON, S. H., *Studies in Avian Biology*, n° 6, 1981, pp. 538-542
- Censusing and the evaluation of avian habitat occupancy*, WIENS, J.A., ROTENBERRY, J.T., *Studies in Avian Biology* n° 6, 1981, pp. 522-532
- Measuring responses of avian communities to habitat manipulations*, VERNER, J., *Studies in Avian Biology* n° 6, 1981, pp. 543-547
- Ecologie et gestion de l'espace naturel. L'apport du « modèle-Oiseaux »*, BLONDEL, J., Actes des Journées d'études de l'Association française des Ingénieurs Ecologues, Grenoble, 1980, pp. 71-91
- Impacts of Transmission Lines on Birds in Flight : Proceedings of a Workshop*, AVERY M.L., FWS/OBS-78/48, 1978, 151 p.
- L'analyse des peuplements d'Oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. 1. La méthode des échantillonnages fréquents progressifs*, BLONDEL J., *Terre & Vie* 29, 1975, pp. 233-289
- La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par stations d'écoute*, BLONDEL, J., FERRY, C., FROCHOT, B., *Alauda* vol XXXVIII n°1, 1970, pp. 55-71
- Radar Ornithology*, EASTWOOD, E., Methuen & Co Ltd., 1967, 278 p.
- La prise en compte des milieux naturels dans les études d'impact*, Direction Régionale de l'Environnement de Midi Pyrénées, 48 p.

Ouvrages pouvant servir à la bioévaluation

• Invertébrés

- Les Insectes*, GUILBOT, R., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 123-150
- Les Mollusques*, BOUCHET, P., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 151-156
- Les autres Invertébrés*, KEITH, P., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 157-159

• Poissons

- Les Poissons d'eau douce et marins*, KEITH, P., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 100-119
- 1990 IUCN Red List of threatened animals*. The World Conservation Union, WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, Gland (CH), 1990, 192 p.
- Poissons menacés en Europe*, LELEK, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1980

• Amphibiens – Reptiles

- Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe*, GASC, J.-P. et al. (Eds), Societas Europaea Herpetologica & Muséum National d'Histoire Naturelle (IEGB/SPN), Paris, 1997
- Les Amphibiens*, HAFFNER, P., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 75-87
- The IUCN Red Liste of Threatened Species*, 1994
- Les Reptiles*, HAFFNER, P., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 88-99
- 1990 IUCN Red List of threatened animals*, WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, The World Conservation Union, Gland (CH), 1990, 192 p.
- Conservation of European Reptiles and Amphibians*, CORBETT, K. (Ed.), Societas Europaea Herpetologica / IUCNC, Croom Helm, Bromley (UK), 1989, 274 p.
- Atlas des Batraciens et Reptiles de Belgique*, PARENT, G.H., *Cah. Éthol. appl.* 4, 1984, pp. 1-198
- Matériaux pour une herpétofaune de l'Europe occidentale. Contribution à la révision de l'herpétofaune de la France et du Benelux*, PARENT, G.H., *Bull. Soc. linn. Lyon* 50(3), 1981, pp. 86-111
- Atlas provisoire commenté de l'herpétofaune de la Belgique et du Grand-Duché du Luxembourg*, PARENT, G.-H., *Les Naturalistes Belges* 60, 1979, pp. 251-333
- Amphibiens et Reptiles menacés en Europe*, HONEGGER, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1978, 127 p.

• Oiseaux

Threatened birds of the world, BIRDLIFE INTERNATIONAL, Lynx Edicions and Birdlife International, Barcelona and Cambridge, UK, 2000

Inventaire des Oiseaux de France, Avifaune de la France métropolitaine, DUBOIS, Ph.-J., LE MARÉCHAL, P., OLIOSO, G., YÉSOU, P., Nathan/HER, Paris, France, 2000, 399 pp.

Oiseaux menacés et à surveiller en France, Listes rouges et recherches de priorités, Populations, Tendances, Menaces, Conservation, ROCAMORA, G., YEATMAN-BERTHELOT, D., Société d'Études Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux, Paris, 1999, 560 p.

Liste des Oiseaux du Paléarctique occidental, LE MARÉCHAL, P., DUBOIS, P.J., Commission de l'Avifaune Française, Paris, 1996, 46 p.

Justification des catégories de la liste des Oiseaux de France, LE MARÉCHAL, P., DUBOIS, P.J., *Ornithos* 2, 1995, pp. 82-88 et 128-134

Birds in Europe : their conservation status, TUCKER, G.M., HEATH, M.F. (Comp.), Cambridge, UK, BirdLife Conservation Series N°3, 1994, 600 p.

Les Oiseaux, DUQUET, M., MAURIN, H. (Dir.), *Inventaire de la faune menacée en France*, Le Livre rouge, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 44-74

Breeding bird atlas of Europe. Working report. Part 2 : Passeriformes, BEKHUIS, J. (Comp.), European Ornithological Atlas Committee Beek-Ubbergen, vol. 2, 1992, pp. 258-446

A complete checklist of the birds of the world, HOWARD, R., MOORE, A., Macmillan, London, 1984, 732 p.

• Mammifères

Mindestanforderungen zur Durchführung von Fledermaus-untersuchungen während der Planungsphase von Windenergieanlagen (WEA), BACH L., DIETZ M., Fachtagung „Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?“, Dresden, Novembre 2003

Effekte von Windenergieanlagen auf Fledermäuse, BACH, L., Fachtagung „Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?“, Dresden , Novembre 2003

Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern, Dürr T., Fachtagung „Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?“, Dresden, Novembre 2003

Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen, HENSEN, F., Fachtagung „Kommen die Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder?“, Dresden, Novembre 2003

Synthesis and Comparison of Baseline Avian and Bat Use, Raptor Nesting and Mortality Information from Proposed and existing Wind Developments, ERICKSON W., JOHNSON G., YOUNG D., STRICKLAND D., GOOD R., BOURASSA, M., BAY K., SERNKA K., Bonneville Power Administration, Portland, 2002, 129 p.

Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk, AHLEN I., *Fauna och flora*, 97 (3), 2002, pp. 14-22

Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten und die Raumnutzungen von Fledermäusen am Beispiel des Windparks „Hohe Geest“, Midlum - Endbericht, BACH, L., Unveröffentl. Gutachten i.A. des Instituts für angewandte Biologie, Freiburg/Niederelbe, 2002, 46 p.

Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland, Dürr T., *Nyctalus* (N.F.) Berlin, 8 (2), 2002, pp. 115-118

Fledermausverluste in einem Windpark der Oberlausitz, TRAPP H., FABIAN D., FÖRSTER F., ZINKE O., *Naturschutzarbeit in Sachsen* 44, 2002, pp. 53-56

Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual, LEKUONA, J. M., Gobierno de Navarra, Spain, 2001, 147 p.

The IUCN Red Liste of Threatened Species, UICN, 2001

Report on Buffalo Ridge, Minnesota Wind Resource Area, JOHNSON G. D., ERICKSON W. P., DALE STRICKLAND M., SHEPHERD M. F., SHEPHERD, D. A., EcoSystems Technology, Inc., 1999

Bewertung und planerische Umsetzung von Fledermausdaten im Rahmen der Windkraftplanung, BACH L., BRINKMAN R., LIMPENS H. J. G. A., RAHMEL U., REICHENBACH M., ROSCHEN A., *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4, 1999, pp. 163-170

Windkraftplanung und Fledermäuse, Konfliktfelder und Hinweise zur Erfassungsmethodik, RAHMEL U., BACH L., BRINKMANN R., DENSE C., LIMPENS H., MÄSCHER G., REICHENBACH M., ROSCHEN A., *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4, 1999, pp. 155-161

- Bat interactions with Utility Structures*, KEELEY B. W., UGORETZ S., STRICKLAND D., CARLTON R. G. (Ed.), Proceedings : Avian Interactions with Utility Structures, Charleston South Carolina, 2-3 Décembre 1999
- Bat Ecology and Wind Turbine Considerations : Bats and Wind Power - Vansycle Ridge, Buffalo Ridge, and Foote Creek Rim*, STRICKLAND, D., Conference Presentation : Avian Interactions with Utility Structures, Charleston South Carolina, 2-3 Décembre 1999
- Proceedings National Avian-Wind Power Planning Meeting San Diego*, 1998
- Ultraschall-Emissionen von Windenergieanlagen, Eine Untersuchung verschiedener Windenergieanlagen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein*, SCHRÖDER T., Unveröff. Gutachten des I.f.Ö.N.N. im Auftrag des NABU e.V., LV Niedersachsen, 1997, pp. 1-15
- European mammals, Evolution and behaviour*, MACDONALD, D., BARRETT, P., Harper Collins, London, 1995, 352 p.
- Les Mammifères : Inventaire de la faune menacée en France*, Le livre rouge, SAINT-GIRONS, M.-C., MAURIN, H. (Dir.), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1994, pp. 18-43
- Les Mammifères en France*, SAINT-GIRONS M.-C., Sang de la Terre, Paris, 1989, 248 p.
- Protégeons nos Mammifères*, FLIBOIS R., Ed. Duculot, Gembloux (B), 1983, 176 p.
- Mammifères menacés en Europe*, SMIT C.J., van WIJNGAARDEN H., Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1976, 188 p.

PAYSAGE ET PATRIMOINE

- Wind Power in View : Energy Landscapes in a Crowded World*, Academic Press, San Diego, California, 2002
- Landscape and Landscape Assessment, Consultation Draft of Guidelines for Planning Authorities*, Department of the environment and local government, Irlande, Juin 2002
- Etude paysagère de cadrage des projets éoliens*, Bouches-du-Rhône, Carrés verts, DIREN PACA, décembre 2002
- Guide des plans de paysage, des chartes et des contrats*, Ministère de l'environnement, 2001
- Proposed Wind Energy Demonstration Facility in the Western Cape - Specialist Heritage Study*, Aikman Associates Heritage Management, Australie, 2001
- Guidelines for design of Wind Turbines*, DNV/Risoe, Danemark, 2001
- Large Wind turbines – Design and Economics*, HARRISON R. et all., Wiley, 2000
- Comprendre un paysage – Guide pratique de Recherche*, LIZET B., DE RAVIGNAN F., INRA, 1998
- Vindmollepark på Middelgrunden II. Aestetisk vurdering og visualisering* Københavns Belysningsvaesen, April 1998.
- Wind Turbines & the Landscape : Architecture & Aesthetics*, Frode Birk Nielsen, Birk Niensens Tegnestue Danish Energy Agency's Development Programme for Renewable Energy, Danemark, 1996
- Lectures du Paysage*, Ouvrage Collectif, collection INRAP, Foucher, Paris, 1986
- Paysage, impact visuel et projets éoliens, approche bibliographique*, Avel Pen Ar Bed, ADEME
- Wind Energy and Landscape – County Cork Planning Study*, EU Altener Programme, project No. AL/98/542

MILIEU HUMAIN

Population – Fréquentation du site

- Sondage sur la perception de l'énergie éolienne en France*, ADEME, Synovate, Janvier 2003
- La perception du futur parc éolien de Bouin par les habitants des communes limitrophes*, SOFRES, SIIF-Energies, Janvier 2003
- Sondage sur la perception de l'énergie éolienne en France*, ADEME / Démoscopie, 2002
- Les Français et l'énergie* (sondage de perception réalisé en novembre 2002), CSA pour le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, 2002
- Enquête concernant l'impact économique des éoliennes dans l'Aude et leur perception par les touristes*, GONÇALVE Amélie, CAUE de l'Aude, 2002
- La sensibilité sociale aux transformations du paysage*, CLOAREC, Jacques, 3ème Rencontres euroméditerranéennes de Volubilis « Le Vent, le paysage », Avignon, 5,6 & 7 décembre 2002

Public Attitudes Towards Wind Farms in Scotland Results of a Residents Survey, DUDLESTON, Anna, System Three Social Research, The Scottish Executive Central Research, Unit 2000

Implantation d'une centrale éolienne vue par les riverains (I') : analyse sociologique et technique. Exemple du site de Sallèles –Limousis, LAUMONIER Chantal, FLORI, Jean-Paul, CSTB, Paris, 2000

Recensement Général de la Population, INSEE, 1999

Social Assessment of Wind Power, MUNKSGAARD, Jesper and LARSEN, Anders, AKF, April 1996

Activités économiques, Maîtrise foncière et urbanisme, Servitudes publiques

Protocole d'accord éolien - Contrats type relatifs à l'implantation d'éoliennes sur des parcelles agricoles, Approuvé le 24 octobre 2002 entre L'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture, la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles et le Syndicat des Energies Renouvelables

Wind Energy Policy Guidance, Moray Council, 2001

Creating a local wind industry - Experience from Four European Countries, KROHN, Søren, 1998

Land-use Planning and Renewable Energy in Cornwall, ETSU, Cornwall County Council, 1996

Pollution

Analyse du cycle de vie

L'énergie en France, Repères, Observatoire de l'Energie, 2002

Life Cycle Assessment for Wind Turbines, HASSING Henriette, VARMING Søren, 2001 European Wind Energy Conference and Exhibition EWEA, Copenhagen, Danemark, 2-6 Juillet 2001

Life Cycle Assessment of Danish Electricity and CHP, Octobre 2000

Life-Cycle Value Assessment of a Wind Turbine, MCCULLOCH, Matthew, RAYNOLDS, Marlo, LAURIE, Michelle, Embina Institute for Appropriate Development, Canada

Sécurité

Aviation

Wind Turbines and Aviation Interests - European Experience and Practice, Stasys, DTI PUB URN No. 03/515, Royaume-Uni, 2002

Wind Energy and Aviation Interest - Interim Guidelines, Wind Energy, Defence & Civil Aviation Interests Working Group, Royaume-Uni, 2002

Interférences

Perturbation de la réception des ondes radioélectriques par les éoliennes, Rapport réalisé en 2002 par l'Agence Nationale des Fréquences à la demande du ministre chargé de l'Industrie

Fixed-link wind-turbine exclusion zone method, BACON, D. F., Octobre 2002

EMC aspects associated with the proposed Klipheuvel wind farm, TSI, Afrique du Sud, 2001

Santé publique

Eoliennes - Prescriptions de sécurité types, ITM-CL 359.1, Inspection du Travail et des Mines, Luxembourg, 2003

Insurance of Wind Turbines, IMIA JAKOBSEN C., REYMANN-CARLSEN H., BOOGAARD J., MARTIN A., KRAGELUND N., BALSCHMIDT B., Danish Insurance Association, Danemark, 2002

Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power, National Institute of Environmental Health Services and U.S. Department of Energy, Etats-Unis, Janvier 1995

Environmental, Health and Safety Guidelines for Wind Energy Conversion Systems, International Finance Corporation, Etats-Unis

Bruit

Facts about wind energy and noise, AWEA, Etats-Unis, 2001

ISET, Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm (WMP) zum Breitentest « 250 MW Wind », Jahresauswertung, Kassel, 1997 à 2001

Noise from Wind Turbines, British Wind Energy Association, 1998

Noise Immission from Wind Turbines, Final Report of Project JOR3-CT95-0065, DELTA Acoustics & Vibration, Royaume-Uni, 1998

Wind turbine generator systems – Part 11 : Acoustic noise measurement techniques, IEC 61400-11, Septembre 1998

The Assessment & Rating of noise from Wind Farms, Department of trade and Industry, ETSU-R-97
Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement, NF S 31-010, Décembre 1996. 48 p.
Germanischer Lloyd, Rules and regulations – IV - Non-marine technology Part 1 - Wind Energy, Germanischer Lloyd, Hambourg, 1995
Les effets du bruit sur la santé, SL, Ministère de la Santé, 1992, 84 p.
Wind Energy and the Environment, DT Swift-Hook, IEE Energy Series 4, 1989
WindStats Newsletter, Vrinnars Hoved, Danemark

SOURCES DIVERSES

Reuves

Wind power Monthly et WindStats, Danemark
Wind Directions, Magazine de l'Association Européenne de l'Energie Eolienne, EWEA, Belgique
New Energy, Magazine des Energies renouvelables, Allemagne
Systèmes Solaires, Bimestriel, disponible par abonnement

8. Sigles et abréviations

ABF	Architecte des Bâtiments de France
ADEME	Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie
AMBE	Association Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement
AME	Agence Méditerranéenne de l'Environnement
ANF	Agence Nationale des Fréquences
APB	Arrêté de Protection de Biotope
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAUE	Conseil en Architecture Urbanisme et Environnement
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CITES	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction
CORINE	Coordination de l'Information en Environnement
GRAM	Caisse Régionale d'Assurance Maladie
DAC	Direction de l'Aviation Civile
DDAF	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
DDJS	Direction Départementale Jeunesse et Sports
DDTEFP	Direction Départementale du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle
DFCI	Défense des Forêts contre les Incendies
DGEMP	Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (au MINEFI)
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
DPM	Domaine Public Maritime
DRAC	Direction Régionale des Affaires Culturelles
DRASS	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, la Recherche et l'Environnement
DTA	Directive Territoriale d'Aménagement
EDF	Electricité de France
EWEA	European Wind Energy Association
GDF	Gaz de France
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INAO	Institut National des Appellations d'Origine
LPO	Ligue pour la Protection des Oiseaux
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MINEFI	Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONF	Office National des Forêts
PADD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PN	Parc National

PNR	Parc Naturel Régional
POS	Plan d'Occupation du Sol
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRNT	Plan de Prévention des Risques Naturels et Technologiques
PSIC	Proposition de Sites d'Intérêt Communautaire
PZSIF	Plan de Zones Sensibles aux Incendies de Forêt
RAM	Région Armée Militaire
RN	Réserve Naturelle
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAR	Schéma d'Aménagement Régional
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE	Schéma Départemental d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAP	Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine
SDAU	Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SFEPM	Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères
SIC	Site d'Intérêt Communautaire (= ZPS ou ZSC)
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer Français
SSCE	Schéma de Service Collectif de l'Energie
TDF	Télédiffusion de France
ULM	Ultra Léger Motorisé
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architecture Urbain et Paysager
ZPS	Zone de Protection Spéciale
ZSC	Zone Spéciale de Conservation

9. Contributions au guide

Administrations centrales

- MM. Delalande, Guignabel et Galtier (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale),
- Mmes Danard et Lacour et M. Goislot (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages),
- Mme Roger et M. Jeanjean (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de l'Eau),
- M. Métivier (Ministère des Finances, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières),
- Mme Vincent et M. Vernier (Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, du Tourisme et de la Mer, Direction du Transport Maritime, des Ports et du Littoral),
- Mme Dubois et M. Pierre (Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, du Tourisme et de la Mer, Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction),
- Mme Verdier et MM. Lebailly et Moal (Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, du Tourisme et de la Mer, Direction Générale de l'Aviation Civile – Bureau réglementation de la direction de la navigation aérienne),
- M. Wegscheider (Ministère de la Défense, Armée de l'Air, Direction de la Circulation Aérienne Militaire),
- MM. Grenetier et Béchu (Ministère délégué à la santé),
- Mme Auduc (Ministère de la Culture et de la Communication, Direction de l'Architecture et du Patrimoine),
- MM. Champon et Quinquis (Ministère de l'Intérieur, Direction de la Défense et de la Sécurité Civile),

Services déconcentrés

- Mme Elias et M. Desdoigt (Direction Régionale de l'Environnement, Région Bretagne),
- Mme Godfroid (Direction Régionale de l'Environnement, Région Languedoc Roussillon),
- M. Sabot (Direction Régionale de l'Environnement, Région Midi Pyrénées),
- Mme Thoraval (Direction Régionale de l'Environnement, Région Pays-de-Loire),
- M. Melon (Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine, département de l'Aude),
- M. Martin (Direction Départementale de l'Equipement, département du Finistère),
- M. Allard (Direction Départementale de l'Equipement, département du Pas de Calais),
- M. Marcquaille (Base aérienne 107, section environnement aéronautique - Bureau activités),
- MM. Garnacho et Gonzalez (Région aérienne Sud),
- M. Clavier (Etat Major de l'Armée de l'Air – Base Aérienne 117),

Associations

- MM. Amirault, Benoît, Jourdain et de Saint Jouan et Mmes Estepan-Sarkissian, Kirchstetter et Leterrier (France Energie Eolienne),
- M. Saglio (Syndicat des Energies Renouvelables),
- M. André (Ligue pour la Protection des Oiseaux),
- M. Quantin (Société Energies et Territoires),
- MM. Morel et Bargain (Association Bretagne Vivante - SEPNEB),
- MM. Bloch et Toulouse (France Nature Environnement),

Experts consultés

- MM. Merlet et Tristant (Météo-France),
- MM. Gamba et Garrigues (Acoustique Gamba et associés),
- M. Pagès (Géokos consultants).

