

## LES CONTRAINTES AÉRONAUTIQUES

L'activité aéronautique est l'une des plus fortes contraintes allant à l'encontre des projets éoliens.

Il est à souligner que :

- sauf dérogation, une marge de 150 mètres au-dessus du sol ou de tout obstacle doit être observée par les aéronefs hormis lors des manœuvres d'atterrissage/décollage ;
- l'arrêté du 25 Juillet 1990 « relatif aux installations établies à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement... » soumet celles-ci, à partir de 50 m au-dessus du sol, à autorisation délivrée conjointement par les ministres respectivement chargés de l'Aviation Civile et des Armées.

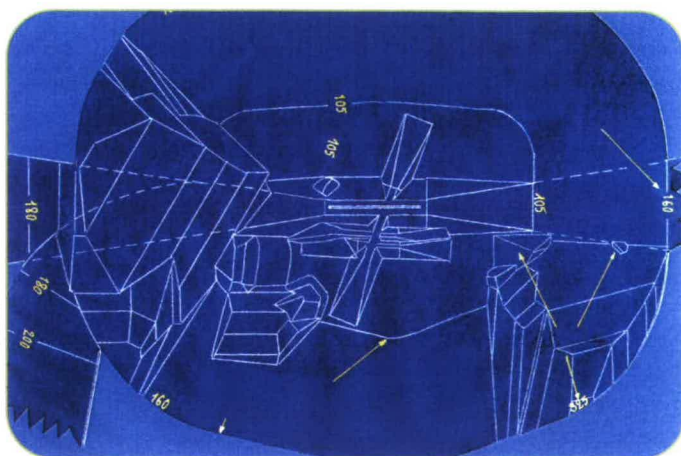
6

## LES SERVITUDES AÉRONAUTIQUES DE DÉGAGEMENT

Les **servitudes** de dégagement doivent être distinguées des **sujétions** aéronautiques décrites par ailleurs.

Relevant du Code de l'Aviation Civile, elles sont instaurées par le Service Technique des Bases Aériennes (STBA- Ministère de l'équipement) et, après approbation par le Conseil d'Etat ou le Ministre chargé de l'Aviation Civile, entérinées par arrêté publié au Journal Officiel. Les DDE sont chargées de leur application. Ces organismes et les services d'urbanisme des communes soumises à servitudes aéronautiques disposent de documents, généralement consultables sur place. Par ailleurs, les Directions de l'Aviation Civile sont aptes à fournir tout renseignement sur les questions de réglementation.

Aucune installation éolienne ou autre ne peut pénétrer les surfaces de dégagement aéronautique après l'approbation officielle des servitudes qui sont élaborées au cours d'un lent processus. En outre, au cours des stades d'élaboration, les services instructeurs et l'Aviation Civile s'opposent généralement à tout projet d'installation pouvant pénétrer les futures surfaces de dégagement. Les « Avant-Projets de Plan de Masse » des aérodromes sont souvent considérés comme des servitudes potentielles ; les aérodromes non encore dotés de servitudes approuvées sont protégés des obstacles qui risqueraient de dégrader, à terme, leurs capacités opérationnelles et la sécurité des vols.



Exemple de servitudes aéronautiques de dégagement d'un aérodrome. Figurent ici des adaptations - ou calottes - tenant compte du relief et des obstacles artificiels environnants (d'après document STBA modifié)



Les servitudes de dégagement sont adaptées en fonction du relief et des obstacles existants auparavant (ces derniers devant être, théoriquement, supprimés).

Ainsi, en raison du relief, la forme « classique » en « hippodrome » des plans de servitudes aéronautiques, peut-elle être considérablement transformée.

**Les surfaces de dégagement** des servitudes se présentent sous la forme d'un hippodrome centré sur la piste principale, prolongé dans le grand axe par deux trouées (ou plus) triangulaires, à faible pente, de directions opposées. Dans ces trouées les obstacles minces (comme les éoliennes) doivent se situer 10 mètres en dessous des surfaces de dégagement.

Seulement 71% des aérodromes français répertoriés disposent de servitudes aéronautiques de dégagement approuvées. Des aérodromes à faible trafic peuvent en être dotés (ex : Albi, Annemasse, Aix-les-Milles...), d'autres, d'importance moyenne voire forte, n'en disposent pas (ex : Avignon, Ajaccio, Perpignan...).

## SUJÉTIONS AÉRONAUTIQUES

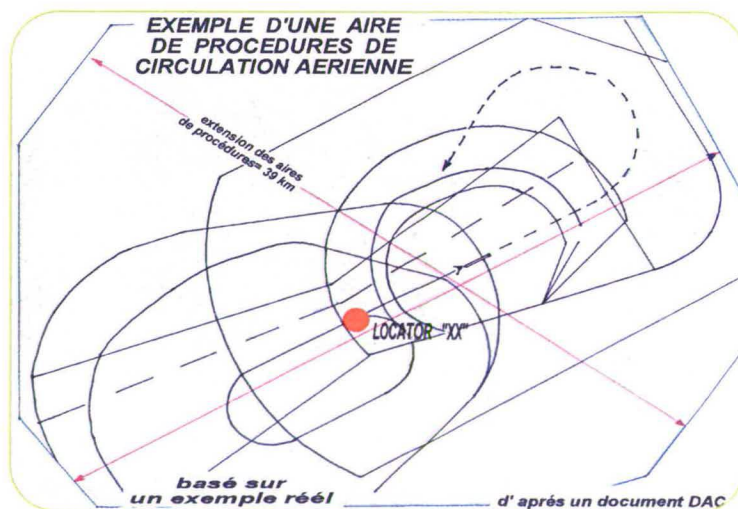
Les sujétions aéronautiques découlent de l'application de l'arrêté du 25 juillet 1990 : bien que moins « radicales » que les servitudes aéronautiques de dégagement proprement dites, elles doivent être prises en considération selon l'ordre d'importance préconisé ci-après. Mais cet ordre n'a qu'une valeur indicative. Il peut varier en fonction de l'appréciation technique des administrations intéressées.

### **Sujétions fortes : volumes et aires de protection associées aux procédures de circulation aérienne (aspects civil et militaire)**

Il s'agit d'enveloppes très élaborées de trajectoires d'approche, d'atterrissage, de décollage, d'approche interrompue, d'attentes ou de remises de gaz des aéronefs volant selon les règles de vol aux instruments (IFR : Instrument Flight Rules).

Ces constructions théoriques sont fondées sur la présence et l'utilisation des pistes et aides à la navigation (ILS, VOR-DME...). L'étendue et les formes de ces figures sont très variables. Chaque

Exemple d'une aire de procédures de circulation aérienne



aérodrome est doté de ses procédures propres, non transposables à d'autres du fait des nombreux paramètres pris en compte (piste, relief, urbanisation, performances des aéronefs, caractéristiques des aides à la circulation aérienne...). Le rôle des aires associées aux procédures est de protéger les aéronefs des obstacles existants en toutes circonstances.

L'introduction d'un nouvel obstacle dans cet environnement n'est pas neutre : il doit être intégré dans l'ensemble existant, donc modifié ou refusé selon le cas.

Une démarche exceptionnelle (très difficilement acceptée tant par l'Aviation Civile que par les militaires) consiste à faire intégrer une nouvelle installation, par modification des procédures existantes (relèvement des minima opérationnels).

### **Sujétions fortes : circuits de piste des aérodromes (aspect civil)**

Ces circuits sont suivis par les aéronefs volant en VFR (Visual Flight Rules). Dans le cas d'aérodromes disposant de ser-

vitutes de dégagement, les circuits de piste sont, en principe, inclus dans celles-ci. Pour les autres aérodromes, les circuits sont généralement suivis à 700 ou 1000 pieds par rapport au sol (soit 230 ou 330 mètres). Cela condamne pratiquement toute implantation d'éolienne aux abords. Doivent être évités :

- les prolongements d'axe de piste jusqu'à une distance d'au moins 7 km du seuil, pour toute éolienne culminant à 100 m de hauteur ;
- les abords latéraux, à moins de 3 km de l'axe de piste.

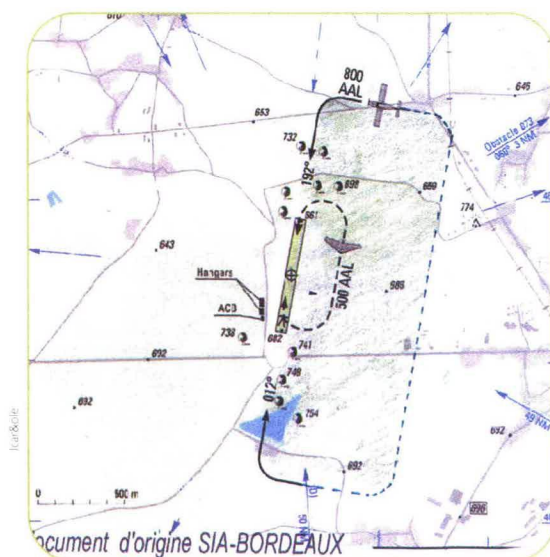
Ces valeurs ne sont qu'indicatives.

Ainsi les volumes de protection des procédures de circulation aérienne peuvent parfois s'étendre à plus de 35 km d'un aérodrome. C'est l'obstacle le plus élevé du secteur considéré qui détermine l'altitude de référence.

Seules les cartes VAC présentées énumèrent et font figurer les points de report (S ou Sierra pour Sud, NW ou Novembre-Whisky pour Nord-Ouest etc.) et les cheminements les reliant. Les points de report sont pour la plupart des édifices ou des lieux géographiques parfaitement identifiables en vol. Un rapprochement de ces itinéraires par les éoliennes, mais à des distances convenables, semble négociable auprès de la DAC concernée.

#### **Cheminements et circuits de piste**

Circuit de piste-type. La partie en gris correspond grossièrement à l'aire dans laquelle les aéronefs évoluent lorsqu'ils effectuent des « circuits de piste » autour d'un aérodrome donné. On voit ici un circuit avion à 800 pieds et un circuit ULM à 500 pieds.





Pour certains aérodromes, le relèvement (même insignifiant) des minima peut entraîner, par effet boule de neige, une restructuration complète des procédures (voire l'abandon de certaines d'entre elles si des « espaces contigus », zones militaires par exemple, empêchent tout redéploiement).

Les circuits de piste figurent sur les cartes dites VAC (Approche et Atterrissage à Vue), seulement sous forme d'amorces. L'hippodrome (ne pas confondre avec la forme générale des plans de servitudes de dégagement !) standard est constitué de trois segments rectilignes et courbes, parcourus théoriquement en une minute de vol, auxquels s'ajoute la piste. La consultation des cartes VAC apporte un plus à l'étude d'un environnement d'aérodrome.

### **Sujétions modérées : cheminement VFR et points de report VFR (aspect civil)**

En dehors de zones spécifiées, les aéronefs volant à vue (VFR) peuvent se déplacer à leur guise. Néanmoins il existe des cheminements ou itinéraires permettant de rejoindre un aérodrome ou d'éviter la pénétration de zones réglementées et dangereuses. Ceci a pour conséquence d'imposer des règles précises.

De façon générale ces « routes » (pointillés sur les cartes aéronautiques) relient des points de report spécifiés. Dans la mesure du possible tout projet éolien doit s'écarter suffisamment de ces itinéraires. Les règles d'éloignement

variables sont du ressort des services de l'Aviation Civile.

### **Sujétions modérées : les plans d'eau d'écopage des aéronefs de la sécurité civile**

Ce sont plus précisément les régions du Sud, du Sud-Ouest, du Sud-Est, du Centre et du Centre-Est et de Corse qui sont visées.

Les plans d'eau, pour les besoins d'écopage, se situent sur le littoral, sur les lacs et le long du Rhône. Ils ne sont répertoriés directement que par les Directions de l'Aviation Civile concernées.

### **Sujétions variables : plates-formes ULM, aéromodélisme, activités de planeurs ultra-légers (PUL), parapentes, ... (aspect civil)**

L'activité ULM, régie par les règles de l'Aviation Civile, doit être distinguée des autres activités d'aviation « ultra-légère » (PUL, parapentes etc.) qui relèvent de la tutelle de Jeunesse et Sport. Le statut des plates-formes ULM est temporaire, dépendant des autorisations préfectorales.

Les plates-formes ULM et les aérodromes privés ne figurent dans la documentation aéronautique (cartes VAC) que lorsqu'ils sont proches d'un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique.

Les districts aéronautiques, qui agissent en qualité de conseillers techniques et réglementaires (comme pour les activités d'aéromodélisme) peuvent fournir

les localisations exactes des plateformes, ainsi que tout renseignement concernant les exploitants.

C'est à proximité du lieu où s'exerce l'activité ULM que la présence d'éoliennes est plus sensible : dans les axes de décollage/atterrissage et sous les circuits de piste. Un éloignement d'au moins 2 km est préconisé.

Il est recommandé de se rapprocher le plus tôt possible des associations, entreprises privées ou autres structures qui mettent en œuvre ces activités. Cette concertation préalable sera profitable pour tous ; des mesures compensatoires peuvent être envisagées, tant sur le site aéronautique concerné qu'auprès de l'organisme en charge de ces activités.

### **Sujétions fortes concernant l'aéronautique militaire : volumes d'activités des aéronefs de la défense nationale**

Le territoire national est parsemé de zones militaires dans lesquelles évoluent des aéronefs relevant des commandements Air, Mer et Terre de la Défense. Hormis ces zones parfaitement définies et identifiables, le territoire peut être survolé à très basse hauteur (en dessous de 150 m/sol) par les aéronefs d'Etat.

Les zones militaires en général et le réseau Très Basse Altitude (TBA) en particulier sont parfaitement discernables sur les cartes au 1/500 000 IGN-OACI. Ces zones TBA y figurent en violet.

Les couloirs ont entre 10 et 20 km de largeur ; parfois les itinéraires ne sont indiqués que par une trace sur les cartes aéronautiques. Les zones TBA se répartissent comme suit :

Est	LFR 45, 69 et 152
Seine, Picardie, Cambrésis	LFR 53
Normandie	LFR 194
Bretagne	LFR 57
Orléanais, Touraine, Maine, Anjou	LFR 149
Cher	LFR 139
Nièvre	LFR 142
Loire	LFR 144
Creuse	LFR 145
Vienne	LFR 165
Charente	LFR 147
Gironde, Périgord, Vézère	LFR 166
Tarn	LFR 193
Hérault	LFR 191
Sud, Sud-Ouest, Auvergne	LFR 46

Ces zones peuvent se révéler très contraignantes. En effet, ces « couloirs », quand ils n'atteignent pas le sol, peuvent s'abaisser jusqu'à des hauteurs de 800 pieds/sol (légalement 265 m) ne laissant libre, pour l'implantation d'éoliennes, qu'une faible épaisseur d'espace. Or cette couche d'espace peut encore être refusée à l'implantation d'éoliennes car les aéronefs civils en VFR doivent survoler tout obstacle



avec une marge de franchissement de sécurité de 150 m au moins, tout en n'interférant pas avec la zone TBA constituant le plafond.

#### Exemple :

#### **R 593 1500 ASFC/800 ASFC**

où R (pour « Réglementée ») désigne le type de zone ; 593 est le numéro de cette zone ; 1500 ASFC est le plafond situé à 1500 pieds au-dessus de la surface-sol (valeur légale 450 mètres), 800 ASFC étant le plancher à 800 pieds/sol (valeur légale 250 mètres). Ainsi, dans cet exemple, la couche d'espace disponible pour les éoliennes ne peut être que de 99,99 mètres puisque les aéronefs en vol à vue se doivent de les survoler, avec une marge verticale de sécurité de 150 mètres tout en ne pénétrant pas la zone militaire en question.

### **LE TERRITOIRE NATIONAL SE DIVISE EN DEUX RÉGIONS AÉRIENNES MILITAIRES :**

■ La Région Aérienne Nord  
Etat major / Bureau activités  
Division activités aéronautiques  
78129 VILLACOUBLAY AIR

■ La Région Aérienne Sud  
Etat major / Bureau Emploi  
Section Environnement  
Aéronautique  
BP 100  
33998 BORDEAUX ARMÉES

#### **Balisage aéronautique**

Le balisage est prescrit par les deux ministères consultés (Transport et Défense) en fonction de leurs activités propres :

- Transport - Aviation civile : au titre de la navigation aérienne civile
- Défense : pour l'ensemble des activités militaires.

Le balisage des obstacles est évident à l'intérieur des servitudes de dégagement des aérodromes.

**L'arrêté du 25 juillet 1990** prévoit (article 2) que : « ne peuvent être soumises à un balisage/.../ que les installations /.../ dont la hauteur en un point quelconque au-dessus du niveau du sol ou de l'eau est supérieure à :

- a) **80 m** en dehors des agglomérations ;
- b) **130 m** en agglomération (dont les zones industrielles) ;
- c) **50 m** dans certaines zones ou itinéraires où les besoins de la circulation aérienne le justifient, notamment : les zones d'évolution liées aux aérodromes ; les zones montagneuses ; les zones dont le survol à très basse hauteur est autorisée ».

Le balisage participe à la sauvegarde des personnes et des biens.

**L'instruction n° 20 700 DNA du 16 novembre 2000** définit précisément les modalités de balisage, conformément aux règles internationales qui s'appliquent à présent aux installations éoliennes d'Europe du Nord et bientôt en Espagne.

Le principe retenu est le revêtement blanc des tours à partir d'au moins 20 mètres/sol (ou du premier tiers).

Pour les éoliennes jusqu'à 150 m de hauteur, le balisage diurne peut être réalisé par marques rouges en extrémité de pales ( $1/7^{\text{ème}}$  de la longueur) ou par feux de 20 000 candélas placés sur la nacelle. Le balisage nocturne est constitué de feux à éclats rouge ou blanc de 2 000 candélas placés sur la nacelle ; les feux diurnes peuvent être utilisés en intensité réduite. Au-delà d'un point haut culminant à 150 m, les éoliennes devront bénéficier de modalités différentes.

Pour les groupes d'éoliennes, ce sont les paramètres tels que le contour général, la position de l'éolienne la plus haute, la distance séparant les machines, etc. qui détermineront le choix des éoliennes supportant les dispositifs de balisage. Ces derniers sont à la charge de l'exploitant pour leur installation, leur entretien et leur maintenance.

### **Servitudes connexes : servitudes radioélectriques des moyens et aides mis en oeuvre pour les besoins de l'aéronautique**

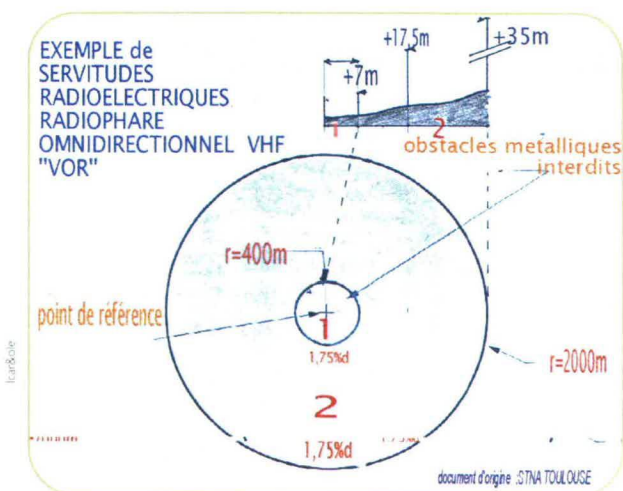
Les servitudes radioélectriques des moyens de télécommunications, de navigation, d'aides à l'atterrissage et de

détection font également l'objet d'arrêtés ministériels (publiés au J.O.). Ces servitudes sont opposables aux tiers.

Les moyens radio-électriques sont extrêmement divers. Leurs règles de dégagement ne peuvent être qu'évoquées dans le cadre du présent guide. A titre d'exemple, les VOR (radio-phares omnidirectionnels à très haute fréquence utilisés à bord des avions pour la navigation) font exclure tout ouvrage dans un rayon de 400 mètres et jusqu'à 2000 m selon sa hauteur.

Environ 80 radars fixes sont implantés en France pour les besoins de l'Aviation Civile, des armées, de la Marine et de Météo-France. Ces radars ne sont pas nécessairement localisés sur le lieu même de l'activité aéronautique. Il faut distinguer les radars primaires effectuant de la détection (ceux des armées, de Météo-France) et les radars secondaires qui poursuivent des « mobiles » équipés de répondeurs. Parmi ces derniers (une quinzaine en France) les Radars en « bande S », technologiquement très évolués, seraient plus sensibles au mouvement des pales d'éoliennes s'interposant entre la station radar et les mobiles. Ceci explique certains avis défavorables émis par le Service Technique de la Navigation Aérienne.

La présence d'un radar peut signifier que la zone alentour (parfois au-delà de 5 km de la station) est « gelée » vis-à-vis de toute implantation d'éoliennes. En effet, par crainte des risques d'interférence des pales sur le fonctionnement de certains types de





radars, quelques administrations refusent toute implantation d'aérogénérateur dans le voisinage lointain des radars. Le refus est avalisé par application des règles du Code de l'Urbanisme.

## LES SERVITUDES ET CONTRAINTES TECHNIQUES

**D**e façon générale il y a lieu de considérer, tout comme pour les activités aéronautiques, d'une part les servitudes d'utilité publique, et d'autre part les contraintes techniques liées à la proximité d'un équipement.

**Les servitudes d'utilité publique** sont des contraintes réglementaires qu'un aménagement génère auprès des tiers. La liste suivante est une liste non exhaustive de ces aménagements ou équipements :

- canalisation d'hydrocarbures ou de gaz haute pression,
- émetteur hertzien (centre radio-électrique)
- ligne électrique haute tension,
- mines et carrières.

Ces équipements ou aménagements vont générer divers types de servitudes :

### ■ Protection contre les obstacles

A proximité des émetteurs radio-électriques, il ne doit pas être créé d'obstacles à la propagation des ondes. Un périmètre de protection pouvant atteindre un à deux kilomètres de rayon est instauré. Il en est de même pour les faisceaux hertziens reliant certains émetteurs entre eux (couloir de 200 m de large environ).

### ■ Protection contre les perturbations électromagnétiques

Dans les périmètres proches des émetteurs, l'émission (directe ou indirecte) radioélectrique est contrôlée. Cette servitude est moins contraignante car elle ne concerne que certaines fréquences.

### ■ Eloignement

Des servitudes de « reculement » peuvent être instituées aux abords d'établissements dangereux, en termes de risques d'explosion ou d'incendies par exemple.

*Les servitudes radioélectriques font partie des contraintes techniques à respecter*

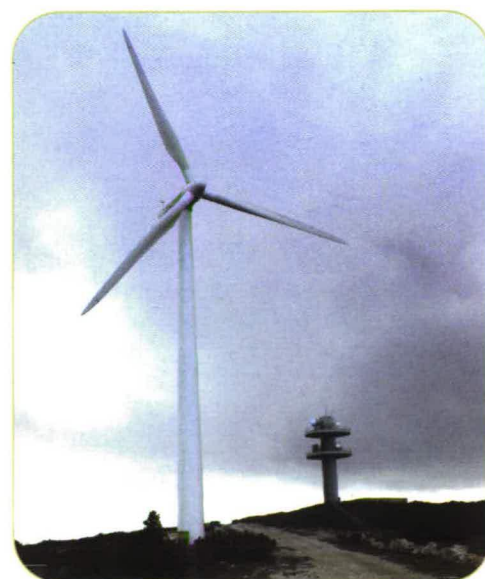


Photo Alamy

Le principe d'instauration de ces servitudes repose sur la primauté : c'est le « premier arrivé » qui impose des contraintes aux équipements, ouvrages ou installations qui suivront.

Ces servitudes peuvent se traduire de deux manières. La première est une interdiction pure et simple de tout ou partie du projet. La seconde est une obligation de mettre en place des mesures correctrices, comme le balisage aéronautique.

La plupart de ces servitudes est reportée au Plan d'Occupation des Sols/Plan Local d'Urbanisme, d'une part sous la forme d'une liste, avec leur description technique, et d'autre part sous forme cartographique. Cependant, certaines servitudes très spécifiques, comme celles relatives aux activités aéronautiques, ne sont pas systématiquement reportées.

Pour connaître l'existence de ces servitudes, il y a lieu de consulter la Direction Départementale de l'Équipement. Mais, dans la mesure du possible, il est toujours préférable de remonter à la source de l'information : Armée de l'Air, Direction de l'Aviation Civile, France Télécom, Gendarmerie, Marine Nationale, Télédiffusion de France, ... Ces organismes, à la demande desquels les servitudes ont été instaurées, seront plus compétents pour apprécier la compatibilité de leurs installations avec un parc éolien.

Au sein des POS/PLU, les autres servitudes relatives à la protection des monuments et des sites ou bien aux forêts soumises au régime forestier sont également reportées.

**L'éloignement des routes et des propriétés voisines** est régi par le document d'urbanisme en vigueur localement s'il existe (POS ou PLU) ou par défaut par le Code de l'Urbanisme. Habituellement, les règles d'éloignement édictées concernent les bâtiments ; elles ne sont pas applicables aux installations comme les éoliennes ou les lignes électriques.

**Les captages d'eau potable** bénéficient de trois types de périmètres de protection : immédiate, rapprochée, et éloignée. Ils sont déterminés en conclusion d'une analyse hydrogéologique. Le périmètre de **protection immédiate** correspond à la prise d'eau ; il couvre quelques ares ; il est clôturé et toute activité y est interdite. Le périmètre de **protection rapprochée** protège le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes. Il est excentré vers l'amont. Il couvre en général quelques hectares. Toutes les activités susceptibles de provoquer une pollution sont interdites ou soumises à des prescriptions particulières. Le périmètre de **protection éloignée** est facultatif ; il correspond à la zone d'alimentation du point d'eau, voire à l'ensemble du bassin versant.

**Les risques naturels** : glissements de terrain, avalanches, inondations, tremblements de terre, ... sont analysés, pour les communes les plus sensibles, dans des Plans d'Exposition aux Risques (PER), annexés au POS/PLU.

**La réception TV** peut être perturbée pour les proches riverains d'un parc éolien. Cette question fait l'objet d'une fiche entière en annexe.

REF : PARIS12677  
TYP : ADEME Editions  
CTP : SOLE 1480  
TIT : Guide du développeur de parc éolien.  
TIC : Pour des parcs éoliens de qualité, intégrés dans leur environnement humain et naturel  
CLT : Connaître pour agir - Guides et Cahiers Techniques  
CAU : ADEME ; VALBONNE ; DEPARTEMENT ENERGIES RENOUVELABLES  
DAT : 2003/11  
MCLE : ENVIRONNEMENT, ENERGIE EOLIENNE, AEROGENERATEUR, ENR, PAYSAGE, ETUDE FAISABILITE, LEGISLATION, INVESTISSEMENT, VENT, ETUDE IMPACT, PROGRAMME, INFORMATION, BIBLIOGRAPHIE  
RES : Ce guide a pour objectif d'aider à la réalisation de parcs éoliens de qualité. L'intégration d'un parc éolien dans son environnement humain et naturel passe par la sélection de sites propices et par une conception soignée. Tout parc éolien représentant un investissement considérable, celui-ci doit être élaboré dans le respect des textes réglementaires et selon des critères techniques présélectionnés ainsi que l'étude des évaluations environnementales.  
EDT : Valbonne : Ademe Editions  
NUM : 4357  
ISB : 2-86817 745 X  
CNF : N  
ADM : O  
COL : 152 P. (cartes, photos coul.), prix : 23 Eg  
NBE : 1  
SIT : P  
D\_CREAT : 2003/12/18  
D\_MODIF : 2003/12/18



## NUISANCES SONORES

Un parc éolien n'est pas, aujourd'hui, un équipement bruyant car de nombreux efforts ont été faits par les fabricants d'éoliennes. Rappelons que plus de 50 000 éoliennes fonctionnent aujourd'hui à travers le monde, certaines depuis une vingtaine d'années.

Qui plus est, les fabricants d'éoliennes et le développement de la filière correspondent à des pays nord-européens aux densités de population élevées : la problématique de la réduction des émissions sonores des éoliennes y a toujours été d'actualité.

Mais, étant donné leur implantation dans des zones souvent calmes et leur

fonctionnement quasi-permanent, un certain nombre de précautions doit être pris.

## GÉNÉRALITÉS SUR LE BRUIT

Le bruit se compose de sons d'intensité et de fréquences différentes. Il se mesure en décibels (dB). Le décibel est une mesure de la **pression** du niveau sonore. L'échelle des décibels suit une loi logarithmique. Pour mieux répondre à la sensibilité de l'oreille humaine, l'intensité est mesurée en dB(A), avec des fréquences basses et hautes corrigées.

Le tableau ci-après reproduit une « échelle des bruits » élaborée par M. Jean Laroche (source : Code Permanent Environnement et Nuisances).

Possibilités de conversation	Sensation auditive	Nbre dB(A)	Bruits intérieurs	Bruits extérieurs
A voix chuchotée	Calme	20 dB(A)	Studio de radio	Jardin tranquille
		25 dB(A)	Conversation à voix basse à 1,5 m	
		30 dB(A)	Appartement dans quartier tranquille	
A voix normale	Assez calme	40 dB(A)	Bureau tranquille dans quartier calme	
		45 dB(A)	Appartement normal	Bruits minimaux le jour dans la rue
Assez forte	Bruits courants	50 dB(A)	Restaurant tranquille	Rue très tranquille
		60 dB(A)	Grands magasins Conversation normale	Rue résidentielle
	Bruyant mais supportable	65 dB(A)	Appartement	Bruyant
		70 dB(A)	Restaurant bruyant	Circulation importante

L'exemple suivant permet de situer le bruit émis par une éolienne. Il concerne une machine de 1,3 MW, dont la puissance sonore est de 104 dB(A). Deux niveaux sonores peuvent être retenus :

- 60 dB(A) au pied de l'éolienne ;
- 38 dB(A) à un éloignement de 500 mètres.

Si l'on peut mesurer le bruit, et si les règlements fixent des seuils à ne pas dépasser, il n'en demeure pas moins un caractère subjectif. Ce caractère dépend de facteurs physiologiques (acuité auditive, âge, maladie, ...), voire psychologiques (répétition, durée, soudaineté, ...).

### LES SPÉCIFICITÉS SONORES DES ÉOLIENNES

La première spécificité des parcs éoliens tient en leur fonctionnement quasi-permanent. On estime qu'un aérogénérateur est en mouvement plus de 95% du temps, même s'il produit moins de 70% du temps. Habituellement, le spectre des fréquences émis par un aérogénérateur est relativement plat, sans sons aigus ou graves dominants. C'est un élément positif.

La seconde spécificité réside dans l'évolution du bruit ambiant (sans les éoliennes) variant, tout comme celui des éoliennes, avec le vent. Ainsi les niveaux sonores perceptibles aux abords d'un parc éolien sont pour partie masqués par l'action du vent sur le feuillage, les obstacles, ... voire sur l'oreille elle-même.

On considère dans les principaux pays européens précurseurs que la situation avec des vents aux environs de 8 m/s (29 km/h) est la plus défavorable, car l'éolienne est en production mais avec un bruit ambiant pas encore très élevé.

Les facteurs entrant en jeu dans le niveau sonore perceptible par un riverain de parc éolien sont :

- l'éloignement : l'atténuation est typiquement comprise entre 2 et 4 dB(A) par centaine de mètres (au-delà de 200 mètres) ;
- l'émission sonore d'une éolienne : elle varie selon les machines ; elle est habituellement comprise entre 95 et 110 dB(A) [cette puissance sonore est la puissance équivalente de l'éolienne si on la remplaçait par une source sonore ponctuelle ; elle n'a rien à voir avec la puissance sonore à l'intérieur de l'éolienne] ;





- le nombre d'éoliennes (et l'éloignement respectif de chacune) : rappelons que l'addition de deux bruits de valeur égale entraîne une augmentation de 3 dB, car il s'agit d'additionner deux nombres logarithmiques [ $35 \text{ dB(A)} + 35 \text{ dB(A)} = 38 \text{ dB(A)}$ ] ;
- le niveau de bruit ambiant sans les éoliennes ;
- la position au vent ou sous le vent des éoliennes.

Le bruit émis par une éolienne varie en fonction de la vitesse du vent. Cette variation est parfois faible : augmentation de 0,2 dB(A)/mètre/seconde, mais elle peut atteindre 1 dB(A)/m/s. Le graphique ci-après le montre :

La direction des vents dominants influence la propagation des bruits. Les bruits perçus sont plus importants sous le vent des éoliennes (« à l'arrière » des éoliennes) qu'au vent (« à l'avant » des éoliennes). Mais il est difficile de quantifier cette différence pour les riverains situés sous les vents dominants.

Avec les progrès technologiques accomplis, l'augmentation de la taille des éoliennes ne rime pas avec celle de leur puissance sonore. En effet, la principale source de bruit résulte de l'action de la pale fendant l'air. Avec l'augmentation de la taille des éoliennes, leur vitesse de rotation diminue (quels que soient les modèles, la vitesse en bout de pale est globalement constante).

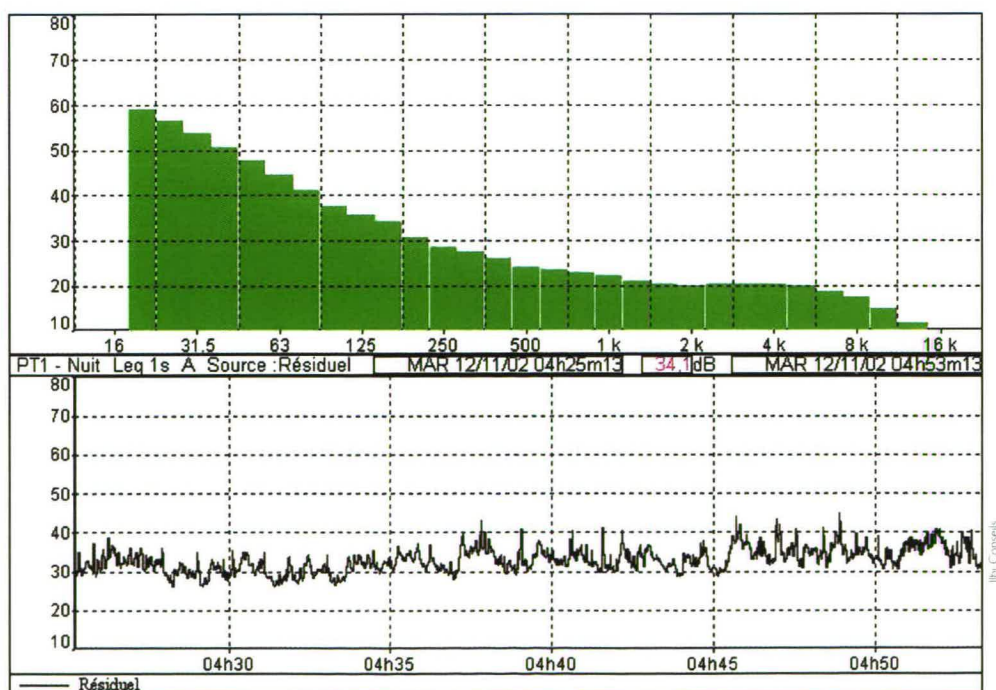


Diagramme d'enregistrement d'émissions sonores (Leq) en période nocturne

## LA RÉGLEMENTATION SONORE

Un parc éolien n'étant pas une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), c'est la réglementation sur les bruits de voisinage qui régit son fonctionnement (Circulaire du 27 février 1996 prise en application de la Loi sur le Bruit du 31 décembre 1992).

Cette réglementation est basée sur la notion d'émergence (de dépassement) du bruit par rapport au bruit environnant. Elle est fixée à 5 dB(A) le jour et à 3 dB(A) la nuit. Ces émergences sont applicables dans le cas d'installations fonctionnant plus de 8 heures par période. Il est à noter que le Code de la santé publique ne considère pas comme gênants les bruits faibles inférieurs à 30 dB(A), bruit de l'installation comprise.

Pour les mesures des niveaux sonores, la norme NFS 31-010 est applicable. Elle fixe les conditions de « mesurage des bruits de l'environnement ». Elle préconise que ces mesures soient effectuées à des vitesses de vent inférieures à 5 m/s (car l'action du vent fausse les mesures des sonomètres).

Mais à ces vitesses de vent, les éoliennes ne fonctionnent pas...

Les réglementations opposables aux parcs éoliens sont très variables selon les pays. Ainsi, au Danemark, pays pionnier pour l'éolien, le niveau sonore ne doit pas dépasser 45 dB(A) auprès du plus proche riverain, en zone rurale. Dans les zones urbaines et dans les zones touristiques, ce niveau maximal est de 40 dB(A). Ce niveau est abaissé de 5 dB(A) si le bruit émis contient des « sons purs ». Les études acoustiques des projets éoliens doivent faire appel à des spécialistes (acousticiens qualifiés) et la DDASS locale pour tout renseignement complémentaire.

## LA « GÊNE » SONORE

Les niveaux sonores perceptibles en un point peuvent être modélisés. Mais, de nombreuses difficultés résident dans ces modélisations, et en particulier dans celles de :

■ l'atténuation : elle n'est pas linéaire, car l'atmosphère, la végétation, les obstacles, ... absorbent les ondes sonores ; en terrain complexe, la prise en compte de la topographie est compliquée ; de même, des phénomènes météorologiques comme les inversions de température ne peuvent être pris en compte ;

## LES INFRASONS

Les infrasons sont des sons de fréquence inférieure à 30 Hertz, inaudibles par l'homme. Ils sont perçus comme des vibrations.

Dans le cas d'une éolienne, les éventuels infrasons correspondent avant tout au passage régulier des pales devant la tour. Les éoliennes « downwind » (le rotor est derrière la tour par rapport au vent dominant) sont plus nuisantes en la matière que les « upwind » (le rotor est à l'amont, c'est le cas de toutes les éoliennes d'aujourd'hui).

Des mesures effectuées sur ces dernières ont montré que les infrasons générés sont en général en-dessous du seuil de perception, et ce même à des distances rapprochées. En fait ces niveaux sont bien inférieurs à ceux générés par l'action du vent sur les habitations ou sur l'homme.



- l'influence de la direction du vent ;
- la variabilité entre éoliennes : les imperfections de surface des pales jouent un rôle important dans la production des bruits.

### AUTRES GÊNES DE VOISINAGE

De façon plus générale, les nuisances sonores font partie des nuisances que l'on peut qualifier « de voisinage ». L'**effet stroboscopique de l'ombre portée** par les pales est une autre nuisance de voisinage. Plusieurs paramètres interviennent dans ce phénomène :

1. la position du soleil (fonction donc du jour et de l'heure) ;
2. l'existence d'un temps ensoleillé ;
3. les caractéristiques de la façade concernée (orientation, inclinaison) ;
4. l'orientation du rotor et son angle relatif par rapport à l'habitation ;
5. la présence de vent (et donc la rotation ou non des pales) ;
6. la présence d'écrans (de masques) végétaux ou autres s'interposant entre les éoliennes et le riverain.

Ceci appelle plusieurs commentaires :

- seule une approche statistique, prenant en compte les fractions d'ensoleillement et les caractéristiques locales du vent, permet d'apprécier quantitativement la probabilité d'une perception de cet effet ;

■ en France, ce phénomène est moins fréquent que sous des latitudes plus septentrionales où les premiers parcs éoliens ont été installés (Danemark, Allemagne) : en France, la hauteur moyenne du soleil est plus élevée (et, inversement, la zone d'influence plus faible) ; concrètement, ce sont plutôt les zones proches à l'ouest et à l'est des éoliennes qui sont susceptibles de subir de tels phénomènes lors du lever ou du coucher du soleil ; des logiciels permettent d'estimer la fréquence de ces phénomènes ;

■ aucune règle ou réglementation n'existe en la matière même dans les pays pionniers ; cependant, en Allemagne, des maxima de 30 heures cumulées par année ont parfois été recommandés dans certains Lander.

### BON VOISINAGE SONORE

Au-delà du respect des textes réglementaires en vigueur sur le bruit, un éloignement minimal de tout riverain est requis. Aucune distance n'est fixée en la matière, mais, sauf exception justifiée, un éloignement de plusieurs centaines de mètres de tout riverain est souhaitable.



Photo Altes

Parmi les possibles exceptions, on peut envisager une configuration topographique afin que le riverain ne perçoive pas en ligne directe les éoliennes, ou le cas d'un riverain impliqué dans le projet (propriétaire foncier, exploitation agricole), ou encore le cas d'un riverain dont l'activité (agricole, artisanale, industrielle) génère elle-même une ambiance sonore certaine.

In fine, et c'est une spécificité des éoliennes, il est possible de faire fonctionner au ralenti, voire d'arrêter, une ou plusieurs éoliennes en cas de gêne sonore manifeste. Cette fonction est partie intégrante de certaines machines : il est possible de programmer leur (non-)fonctionnement selon de nombreux paramètres dont l'heure de la journée, le jour de la semaine, la direction et la force du vent, ... Sur un plan économique, un tel fonctionnement peut engendrer une perte d'activité de quelques pour-cent, soit un déficit ne remettant pas obligatoirement en cause la rentabilité économique d'un projet.

*Les parcs éoliens de Tarifa sont composés de murs d'éoliennes équipées de tours treillis*

## LES OISEAUX

9

**L**a question de l'impact des parcs éoliens sur l'avifaune a surgi brutalement en Europe au début des années 90, avec le constat d'une mortalité élevée de vautours fauves liée aux parcs éoliens de Tarifa au sud de l'Espagne.

## RETOUR D'EXPÉRIENCES

Depuis lors, de nombreuses études ornithologiques ont été entreprises à travers le monde pour évaluer les effets des parcs éoliens. Nous allons présenter quelques résultats de ces suivis. Ces résultats d'observation doivent nous sensibiliser.

### Tarifa (Espagne) :

Les parcs éoliens de Tarifa au sud de l'Espagne sont au nombre de 6. Ils contiennent plus de 350 éoliennes de toutes tailles, correspondant à des parcs construits pour les premiers en 1989.

Pendant un an, la Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife), association ornithologique indépendante, a conduit une vaste étude sur 87 des 250 éoliennes des parcs PESUR et E3. Ces deux parcs ont ouvert fin 1992 ; la puissance moyenne des éoliennes est faible (122 kW).

Le taux observé de mortalité pour les oiseaux de moyenne et grande tailles est de 0,34 oiseau / éolienne / an, soit 1 oiseau tué pour 3 éoliennes et par an. Mais ce taux varie d'un facteur 9 entre les deux parcs éoliens : 0,45 à PESUR et 0,05 à E3.





Les observations montrent également que les deux espèces particulièrement touchées sont le faucon crécerelle avec 55% de la mortalité totale et le vautour fauve avec 34%. Le faucon crécerelle arrive en troisième position avec 3%.

Le suivi précise également que 15% des éoliennes de PESUR sont responsables de 57% des vautours tués. De même, 93% des vautours fauves et 100% des faucons crécerelles tués l'ont été par les éoliennes du parc PESUR.

En conclusion, certaines éoliennes sont meurtrières et d'autres ne le sont que peu ou pas, et les effets ne concernent que quelques espèces d'oiseaux.

#### **Altamont Pass (Californie) :**

Dans cette région de la Californie à forte densité d'aigles royaux nicheurs (environ une centaine de couples), un suivi a mis en évidence une mortalité importante. En effet, sur 179 aigles royaux « marqués » en janvier 1994 par des biologistes locaux, seulement 80 étaient en vie quatre ans plus tard. Entre un tiers et la moitié des 99 rapaces tués l'auraient été par collision ou électrocution avec les éoliennes.

Altamont Pass héberge la plus ancienne et l'une des plus grandes concentrations d'éoliennes au monde, avec plus de 5 000 machines encore en fonctionnement. Il s'agit toutefois d'éoliennes de petite puissance (moins de 100 kW), disposées le plus souvent sous la forme de « mur d'éoliennes » ou de « champs d'éoliennes ».

Parmi les causes invoquées de cette très forte mortalité, on trouve, outre la disposition particulière des éoliennes sous forme de murs, les tours treillis, les fortes vitesses de rotation des pales, leurs fréquents démarrages et arrêts, leurs couleurs non blanches, le point bas des pales proche du sol...

Une partie de ces parcs éoliens fait actuellement l'objet de rénovations. Des aérogénérateurs plus modernes et plus puissants sont installés : une nouvelle machine remplace de 5 à 10 anciennes. L'impact sur l'avifaune devrait diminuer.

#### **Zones de l'Europe du Nord :**

Une étude sur des zones côtières menée par l'Académie pour la Protection de la Nature en Allemagne (NNA) a montré que le nombre de collisions d'oiseaux provoquées par des éoliennes isolées est négligeable. Néanmoins, lorsque les éoliennes sont installées en série sur une zone côtière, des collisions peuvent se produire, surtout quand cette zone est fréquentée par des espèces volant à faible altitude.



Photo Airbus

Une autre étude allemande met en évidence la diminution des densités et le moindre succès de la nidification des espèces inféodées aux prairies nichant au sol. Ces effets ont été constatés dans un rayon pouvant atteindre 1 000 mètres autour des installations.

Winkelman a montré également une diminution des effectifs (jusqu'à 95%) pour les oiseaux au gagnage ou en reposoir. Elle estime qu'il faut s'éloigner à 500 mètres des éoliennes pour que l'impact soit nul, et que la perturbation maximale se situe dans un rayon de 100 à 250 mètres des éoliennes.

Ces trois exemples illustrent parfaitement la problématique entre les parcs éoliens et les oiseaux : certaines éoliennes sont meurtrières ou perturbatrices pour certaines espèces qui peuvent être rares et déjà menacées.

### COHABITATION POSSIBLE ?

Plus généralement, trois types de questions se posent au concepteur de parcs éoliens : oiseaux et parcs éoliens peuvent-ils cohabiter ? Quels critères ornithologiques faut-il prendre en compte dans le choix d'un site éolien ? Comment concevoir un parc éolien respectueux de l'avifaune ?

### Oiseaux et parcs éoliens peuvent-ils cohabiter ?

Un séminaire organisé par ETSU pour le Ministère du Commerce et de l'Industrie du Royaume-Uni en Mars 1996 posait cette question. Si une seule conclusion pouvait en être donnée, elle

se résumerait en : l'impact des parcs éoliens sur les oiseaux n'est pas habituellement une question environnementale majeure, si des précautions sont prises.

Cette possible cohabitation doit être analysée sur un cycle annuel de l'avifaune. Il convient donc de traiter l'avifaune migratrice, nicheuse et hivernante. Les enjeux sont souvent différents. Ils peuvent être quantitatifs, avec le passage en migration de nombreux oiseaux de multiples espèces. Mais ils peuvent être aussi qualitatifs avec la présence d'une ou plusieurs espèces très sensibles en période de nidification par exemple. Parmi ces dernières, on citera notamment l'aigle de Bonelli dans le sud de la France, l'aigle royal, les vautours fauve, moine et percnoptère pour les rapaces, et l'outarde canepetière par exemple pour les espèces steppiques.

Globalement, même si des accidents surviennent, la plupart des observations d'oiseaux à proximité de parcs éoliens montre que :

- l'avifaune migratrice modifie son comportement à l'approche des éoliennes pour, la plupart du temps, les contourner ;
- la majorité de l'avifaune nicheuse peut intégrer les éoliennes dans son domaine de vie.

En effet, pour ces oiseaux, dont le sens le plus développé est la vue, les éoliennes sont des objets imposants. De plus, contrairement aux lignes élec-



triques, les éoliennes sont en mouvement et émettent des bruits, ce qui les rend particulièrement perceptibles, sauf exception.

Mais des questions subsidiaires peuvent alors se poser :

**Quelles sont les conséquences de la modification du comportement des migrateurs ?**

Les conséquences peuvent être directes en déviant la trajectoire des oiseaux vers d'autres situations à risque (lignes électriques, autoroutes, zones chassées...) et indirectes en imposant une dépense d'énergie supplémentaire pour contourner l'obstacle, d'où un affaiblissement des individus...

**Quelles sont les conséquences d'une perte de territoire de chasse pour les nicheurs ?**

L'intrusion d'éoliennes dans un territoire vital (reproduction et chasse) d'une espèce peut «geler» une partie de ce territoire. Les risques pour les nicheurs dépendent de l'adaptation des espèces à trouver leur nourriture dans les zones avoisinantes ; à l'extrême, un échec de la reproduction par abandon du nid peut avoir lieu. Les conséquences sont variables en fonction de l'espèce et de la population touchée.

**Quelles sont les conséquences de l'ensemble de ces perturbations sur la conservation des espèces impliquées ?**

Tout dépend de l'état de conservation de ces espèces et de la dynamique de leur population. Il y a là une notion d'échelle à considérer : effet sur une

population locale ou impact sur l'ensemble de la population de l'espèce en jeu ?

**Quels critères ornithologiques doit-on prendre en compte dans le choix d'un site éolien ?**

Les parcs éoliens peuvent affecter l'avifaune de différentes façons. Les impacts potentiels peuvent se traduire par :

■ une perturbation des populations d'oiseaux liée (impact indirect) :

- à la perte d'habitat (destruction de milieu) ;
- à la diminution des effectifs d'oiseaux nicheurs, migrateurs ou hivernants sur la zone, du fait de la présence des machines (mouvement des pales et bruit) ;
- à la modification des déplacements journaliers ou migratoires (dépense supplémentaire d'énergie pour le contournement) ;

■ une collision des oiseaux avec les machines (impact direct).

La sélection d'un site éolien doit être appréciée à la lumière des sensibilités potentielles probables à ces types d'impacts.

On évitera l'installation d'un parc éolien dans les environnements suivants :

- dans le voisinage des pentes abruptes ou des versants raides car ces topographies favorisent en effet des mouvements d'air (ascendances thermiques) recherchés par les oiseaux adeptes du vol plané ;

- à la proximité des zones humides, milieux habituellement attractifs pour de nombreuses espèces ;
- près des sites placés en resserrement d'un axe migratoire, à plus forte raison si les oiseaux ont l'habitude de se reposer ou de séjourner à proximité ;
- enfin à proximité d'aires de nidification d'espèces sensibles comme par exemple, certains rapaces rupestres (aigle de Bonelli, faucon pèlerin, grand-duc d'Europe) ou comme celles de la cigogne noire, du circaète Jean-le-Blanc ou de l'aigle botté situées le plus souvent dans des lieux retirés et tranquilles...

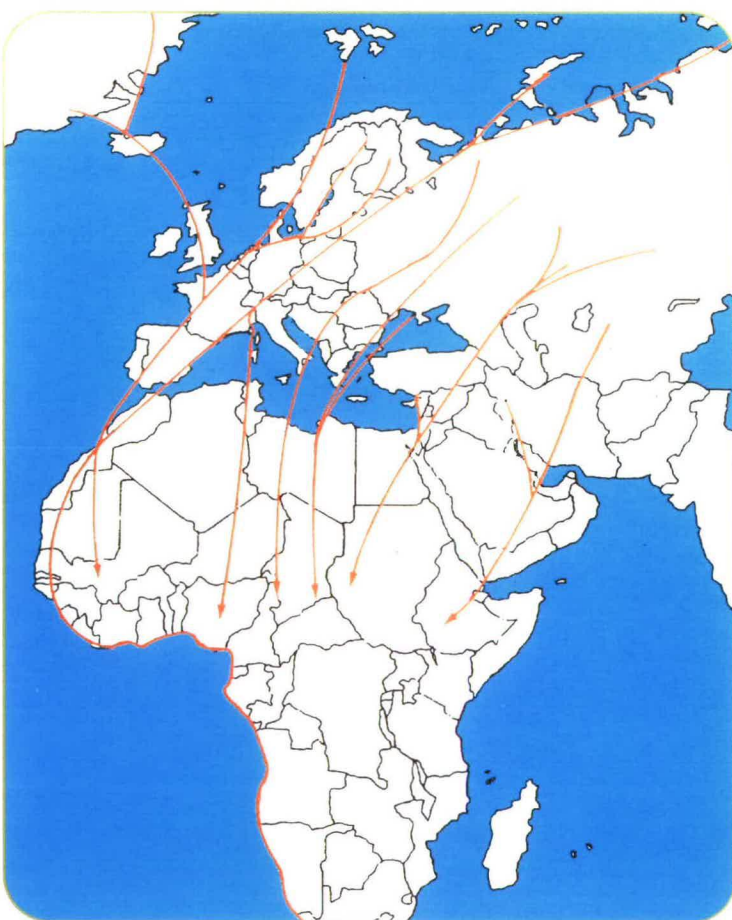
### Comment concevoir un parc éolien respectueux de l'avifaune ?

Les impacts d'un parc éolien sont à prendre en compte à la fois lors de la construction des machines (impact

temporaire) mais également après installation (impact permanent).

Les principales mesures pouvant être appliquées en fonction des sites et des enjeux sont les suivantes :

- **éviter d'implanter des éoliennes dans les zones avifaunistiques sensibles** (couloirs migratoires, zones humides, biotope particulier et rare...) ;
- **établir un état initial sur un cycle complet de l'avifaune durant une année** (nidification, les deux migrations et l'hivernage) ;
- **limiter au maximum la perte d'habitat des espèces** (limitation de l'emprise au sol du projet, interdiction des travaux pendant la période de nidification, aide à la gestion des milieux...) ;
- **limiter les collisions des oiseaux** : (implantation plutôt en « paquets » laissant des « portes » aux oiseaux pour s'échapper ou bien passer...) ;
- **mettre en place un suivi ornithologique thématique** du parc en fonctionnement : mesure d'accompagnement souvent pertinente pour la connaissance réelle des impacts dans le cas d'enjeux ciblés.



Carte des couloirs migratoires entre l'Afrique et l'Europe