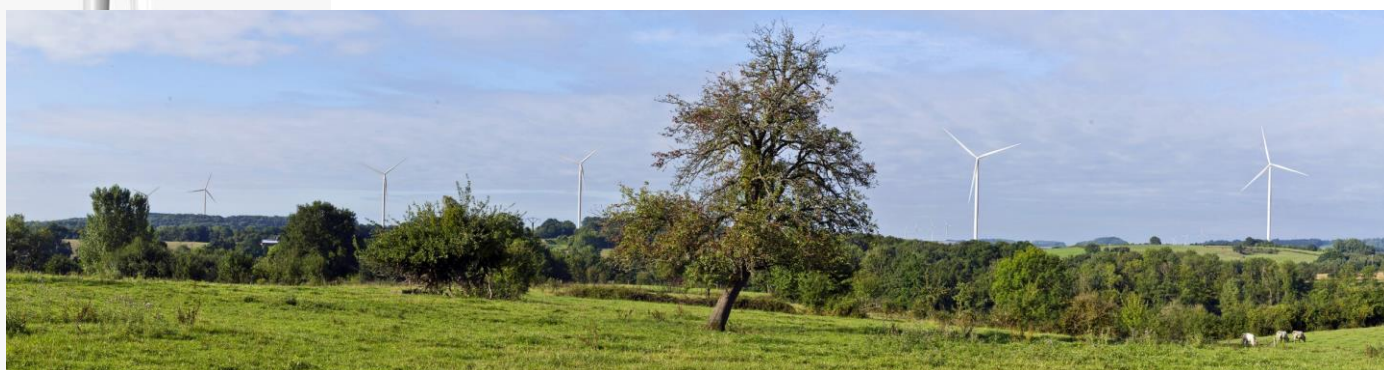


Projet éolien du Moulin à Vent

Communes de Doumely-Bégny, Givron & La Romagne

Département des Ardennes (08)



Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE)

**Pièce 5-D : Evaluation du risque de collision du Milan royal
et de la Cigogne noire**

ajoutée pour recevabilité en août 2019

PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

L'architecture retenue pour les pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale est la suivante :

- Pièce 0 : Lettre de demande d'autorisation environnementale
- Pièce 1 : CERFA (non publié lors de l'enregistrement de la demande d'autorisation environnementale)
- Pièce 2 : Check list de complétude du dossier
- Pièce 3 : Note de présentation non technique
- Pièce 4 : Description de la demande d'autorisation environnementale
- Pièce 5-A : Étude d'impact
- Pièce 5-B : Résumé non technique de l'étude d'impact
- Pièce 5-C : Cahier de photomontages
- **Pièce 5-D : Evaluation du risque de collision du Milan royal et de la Cigogne noire**
- Pièce 6-A : Étude de dangers
- Pièce 6-B : Résumé non technique de l'étude de dangers
- Pièce 7 : Plan de situation et plans d'ensemble



Préambule

Dans le cadre du développement du projet « Parc éolien du Moulin à vent » situé sur les communes de Doumely-Bégny, Givron & La Romagne (département des Ardennes - 08), l'étude d'impact a soulevé la présence de la Cigogne noire et du Milan royal autour de la Zone d'Implantation Potentielle.

Les services instructeurs demandent un complément d'information quant à la nécessité de solliciter une dérogation aux interdictions visées par l'article R-411.1 du Code de l'Environnement (DEP).

Il a donc été réalisé une étude mathématique permettant d'évaluer le niveau de fréquentation minimum du site par le Milan royal et la Cigogne noire pour générer au moins une collision sur la durée d'exploitation du projet.

Ce travail est ensuite discuté au regard des conclusions de l'étude d'impact pour définir si sa conclusion quant aux risques afférents à ces deux espèces est en cohérence ou non avec ce résultat.

Le modèle mathématique utilisé dans cette étude visant à évaluer ce risque est le modèle de Brand et al. (2007), incrémenté du taux d'évitement défini par Urquhart et Whitfield (2016) et des variables correctrices quant au temps de fonctionnement des éoliennes de New et al (2015).

Sommaire

1.	Présentation des intervenants	5
1.1.	Le pétitionnaire	5
1.2.	L’auteur de l’étude	5
2.	Description de la méthode.....	6
2.1.	Présentation du modèle.....	6
2.2.	Méthodologie appliquée pour le Milan royal	7
a.	Un concept mathématique adapté au cas du Milan royal	7
b.	Description détaillée de la méthode de calcul.....	8
2.3.	Méthodologie appliquée pour la Cigogne noire	11
a.	Un concept mathématique adapté au cas de la Cigogne noire	11
b.	Détail de la spécificité de calcul	11
2.4.	Définition de la zone de référence	12
a.	Zone de référence pour le Milan royal	12
b.	Zone de référence pour la Cigogne noire	13
3.	Calcul du risque de collision Milan royal	14
3.1.	Risque qu’un oiseau traverse la zone de battement des pales d’une éolienne.....	14
3.2.	Risque qu’un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision	15
3.3.	Taux d’évitement.....	16
3.4.	Présence du Milan royal.....	17
3.5.	Temps de fonctionnement des éoliennes	17
3.6.	Résultats.....	17
3.7.	Quantité de vol attendue pour un risque donné.....	18
a.	Pour des oiseaux en chasse	18
b.	Pour des oiseaux en migration	18

3.8. Discussion.....	19
4. Calcul du risque de collision Cigogne noire.....	20
4.1. Risque qu'un oiseau traverse la zone de battement des pales d'une éolienne.....	20
4.2. Zone de passage potentiel z_{pp} :.....	21
4.3. Risque qu'un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision	22
4.4. Présence de la cigogne noire sur le site	22
4.1. Temps de fonctionnement des éoliennes	23
4.2. Taux d'évitement.....	23
4.3. Résultats.....	25
4.4. Discussion.....	26
5. Conclusions.....	27

1. Présentation des intervenants

1.1. Le pétitionnaire

LE MAÎTRE D'OUVRAGE DU PROJET

Parc éolien Le Moulin à Vent

Val d'Orson – Rue du Pré Long

35770 Vern-sur-Seiche

LE PORTEUR DU PROJET (COORDINATION GLOBALE ET CONCEPTION DU PROJET)

P&T Technologie SAS

Val d'Orson – Rue du Pré Long

35770 Vern-sur-Seiche

Tél : 02 99 36 77 40

Fax : 02 99 36 84 80

1.2. L'auteur de l'étude

La rédaction de cette étude a été réalisée par Calidris SARL, Bureau d'étude en environnement, dont le siège social est basé à Nantes. Calidris travaille depuis 2007 sur les problématiques ENR et biodiversité en France mais également en Europe (Moldavie) ou en Afrique (Tunisie, Afrique du Sud).

Le rédacteur de ce dossier est Bertrand Delprat. Gérant de Calidris, il est présent régulièrement dans des colloques nationaux et internationaux où il intervient sur les problématiques liées à l'éolien et aux risques associés sur les oiseaux ou les chiroptères.

Il intervient aussi dans le cadre de comités scientifiques en particulier dans le cadre de projets relatifs aux « Kite energy » et « Airborn energy ».

2. Description de la méthode

2.1. Présentation du modèle

Le travail réalisé repose sur une méthode mathématique (Band et al. (2007) qui est reprise par de nombreux auteurs et qui s'appuie sur plusieurs hypothèses statistiques qui (dans le cas de ce dossier) visent à qualifier le risque de collision du Milan royal et de la Cigogne noire (probabilité qu'un nombre déterminé de Milan royal ou de Cigogne noire entre en collision avec une pale d'éolienne) au regard de la manière dont les animaux sont susceptibles d'occuper le site d'implantation du parc (hauteur de vol, fréquence des vols, quantité de vol, localisation des vols, ...).

Les hypothèses sur lesquelles s'appuie le concept mathématique sont :

-  la manière dont les oiseaux occupent leur domaine vital n'est pas aléatoire (déplacement à l'échelle macro),
-  la localisation des déplacements des oiseaux dans les différentes zones de leur domaine vital est aléatoire (déplacements à l'échelle micro).

La validation de ces deux hypothèses de base se vérifie soit par voie expérimentale soit par examen de la signification biologique de l'hypothèse contraire (démonstration par l'absurde).

L'hypothèse contraire du premier axiome, « les oiseaux utilisent de manière aléatoire leur domaine vital » signifierait que les oiseaux utilisent de la même manière toutes les zones de leur domaine vital, qu'il s'agisse de village ou prairie humide. De cette considération découlerait alors une équiprobabilité de présence des oiseaux à égalité de distance du barycentre des déplacements. En termes triviaux cela signifierait que les oiseaux choisiraient de chasser partout de la même manière, sans se focaliser préférentiellement sur les zones riches en nourriture. De ce fait, il y aurait autant de chance de les voir quelle que soit la zone de leur domaine vital. On comprend bien que cette hypothèse contraire ne se vérifie pas et irait à l'encontre des connaissances actuellement partagées sur la manière dont les espèces occupent leur domaine vital (voir notamment les travaux de Cezilly et Benhammou (1996), quant aux stratégies optimales d'approvisionnement). **Par conséquent la première hypothèse est réputée vérifiée. A savoir que les oiseaux chassent préférentiellement dans les secteurs donnés : ceux où la nourriture est présente.**

L'hypothèse contraire du second axiome, « la localisation des déplacements des oiseaux dans les différentes zones de leur domaine vital n'est pas aléatoire », signifierait qu'à l'échelle de chaque déplacement, la localisation de chaque oiseau serait identique, en d'autres termes ces derniers voleraient chaque jour à l'identique en termes de hauteur de vol ou de localisation des trajectoires. Cette considération irait à l'encontre des connaissances aujourd'hui partagées par la communauté scientifique (voir notamment les travaux de Cezilly et Benhammou (1996), quant aux stratégies optimales d'approvisionnement). **Par conséquent la seconde hypothèse est réputée vérifiée. A savoir que les oiseaux n'effectuent pas des vols précisément identiques chaque jour.**

Par ailleurs l'occupation de l'espace par le Milan royal sur le site est différente de celle de la Cigogne noire. En effet la Cigogne noire n'est pas susceptible de tourner et de retourner au-dessus du site en l'absence d'habitat favorable à son alimentation. Cette espèce vole pour se déplacer d'un point à un autre pour y chasser. Par conséquent le risque associé à cette espèce sera lié à la fréquence des vols de Cigogne noire au-dessus du site.

En revanche, pour ce qui est du Milan royal, lorsque l'espèce est susceptible de chasser, les déplacements ne sont pas rectilignes mais constitués de lignes courbes qui se croisent ou non, se répètent ou non. Par conséquent, dans ce cas, le risque sera lié à la surface volée soit à la longueur de ces trajectoires sur le site (et donc au temps passé à voler) et à la surface du milan.

2.2. Méthodologie appliquée pour le Milan royal

a. Un concept mathématique adapté au cas du Milan royal

La quantification du risque de collision avec les éoliennes résulte d'un calcul de probabilité incrémenté par des données de terrain. A savoir la probabilité qu'un Milan royal vole à hauteur de pale et qu'il traverse avec ou sans encombre la zone de battement des pales.

Ces calculs de probabilité requièrent donc que soit calculée la quantité de vol de Milan royal, par période, altitude, type d'habitat éventuellement, pour la mettre en rapport avec la période d'estimation du risque de collision souhaité.

Cette valeur de quantité de vol correspond à la surface survolée par les Milans royaux.

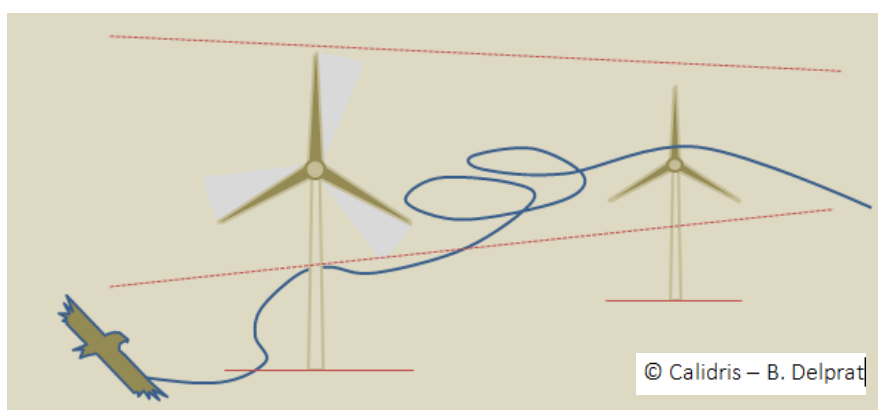
Ainsi en prenant ce calcul à l'envers il est possible d'estimer la quantité de vol à hauteur de rotor nécessaire pour un risque donné sur une période donnée. L'idée étant dans le cas présent d'évaluer le

nombre de vols de Milan royal à hauteur de rotor qu'il aurait fallu observer lors des prospections de terrain pour arriver au risque d'1 cas de collision sur 20 ans d'exploitation du parc éolien. C'est cette gymnastique statistique qui est réalisée dans ce document sur la base des considérants précédents.

b. Description détaillée de la méthode de calcul

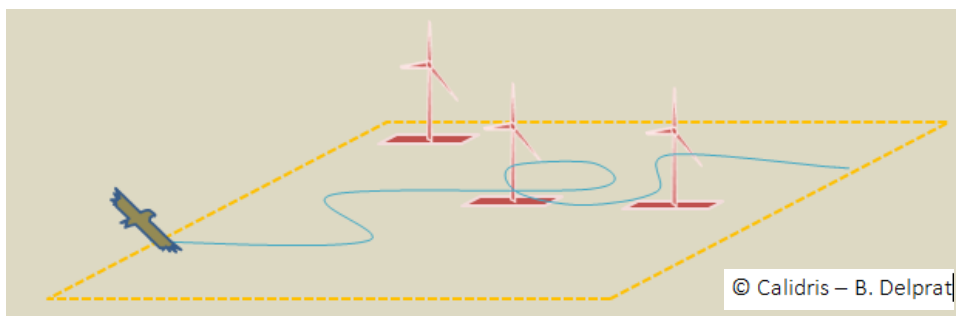
Le risque de collision est lié à la somme de plusieurs composantes :

-  Composante horizontale,
-  Composante verticale,
-  Composante liée au rotor,
-  Composante biologique,
-  Composante liée au projet.



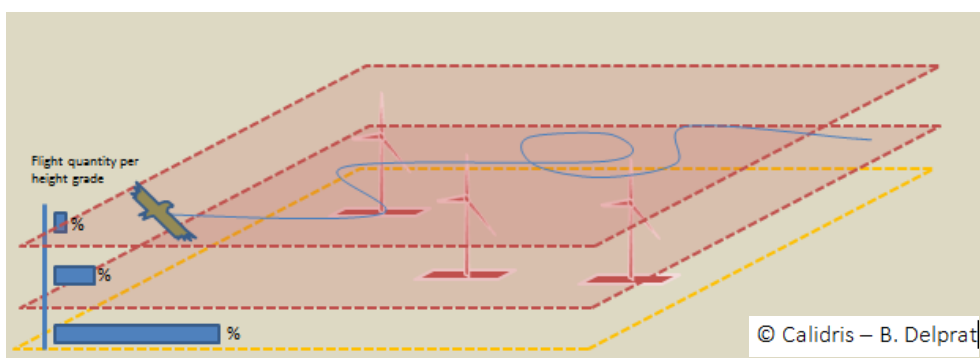
On se reportera aux publications originales citées en introduction (Brand et al. (2007), Urquhart et Whitfield (2016), New et al (2015)). pour le détail des calculs mathématiques mis en œuvre et la manière dont les différentes variables sont intégrées au modèle.

Composante horizontale du risque



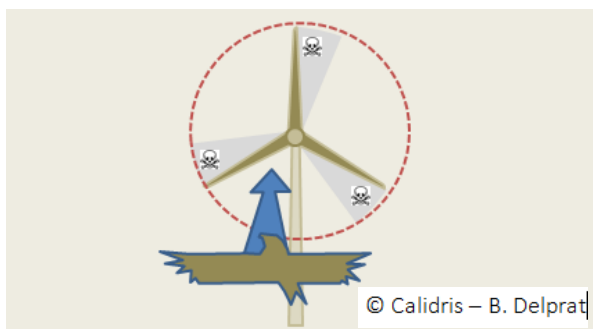
Cette composante est la probabilité en 2D au sein de la zone de référence (correspondant à la Zone d'Implantation Potentielle - ZIP), en fonction d'une quantité de vol donnée, que l'oiseau vole à travers la zone de danger (représentée par la projection orthonormée de la zone de battement des pâles).

Composante verticale du risque



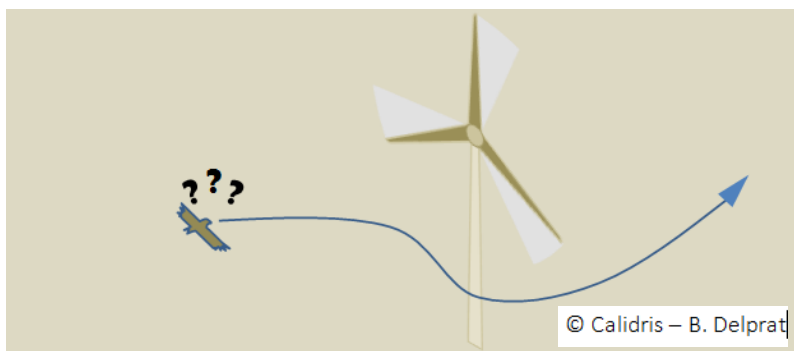
Cette composante est la probabilité qu'un oiseau vole à hauteur de rotor en fonction de la quantité de vol totale sur la zone de référence.

Composante du risque liée au rotor



Cette composante est la probabilité qu'un oiseau volant à travers la zone de battement des pales soit tué sans facteur d'évitement en intégrant la vitesse angulaire du rotor et le temps de fonctionnement de l'éolienne.

Composante biologique du risque



Cette composante est la capacité d'évitement des éoliennes par les Milans royaux (donnée issue de la bibliographie).

Composante liée au projet

Cette composante intègre le nombre d'éoliennes, leurs dimensions, la durée d'exploitation du projet.

2.3. Méthodologie appliquée pour la Cigogne noire

a. Un concept mathématique adapté au cas de la Cigogne noire

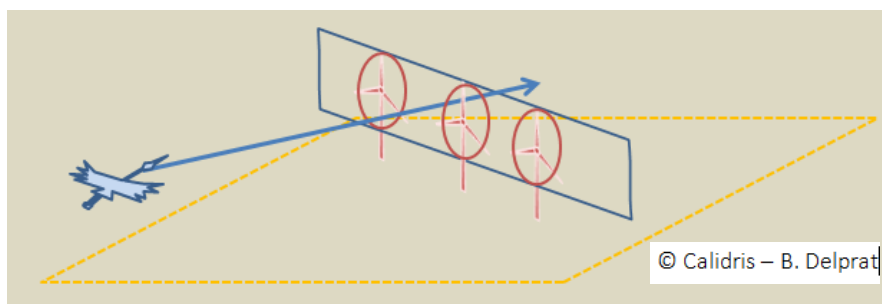
La quantification du risque de collision avec les éoliennes résulte d'un calcul de probabilité incrémenté par des données de terrain. A savoir la probabilité qu'une Cigogne noire croise les lignes d'éoliennes à hauteur de pale **et** qu'elle traverse, avec ou sans encombre, la zone de battement des pales.

Ces calculs de probabilité requièrent donc que soit calculé le nombre de fois où la Cigogne noire croise les lignes d'éolienne, par période, altitude, pour le mettre en rapport avec la période d'estimation du risque de collision souhaité.

Cette valeur correspond au nombre de trajectoire de Cigogne noire croisant chaque ligne d'éolienne.

Ainsi en prenant ce calcul à l'envers il est possible d'estimer le nombre de passage de Cigogne noire à hauteur de rotor pour un risque donné sur une période donnée. L'idée étant dans le cas présent d'évaluer le nombre de vols de Cigogne noire à hauteur de rotor qu'il aurait fallu observer lors des prospections de terrain pour arriver au risque d'1 cas de collision sur 20 ans d'exploitation du parc éolien. C'est cette gymnastique statistique qui est réalisée dans ce document sur la base des considérants précédents.

b. Détail de la spécificité de calcul



La spécificité du calcul de risque réside dans le fait que l'on calcul la probabilité qu'un oiseau volant suivant des trajectoires réputées rectilignes à l'échelle considérée du croisement des éoliennes, traverse la zone de battement des pâles. Il est considéré par défaut que les trajectoires orthogonales aux éoliennes sont le cas générant le plus gros risque.

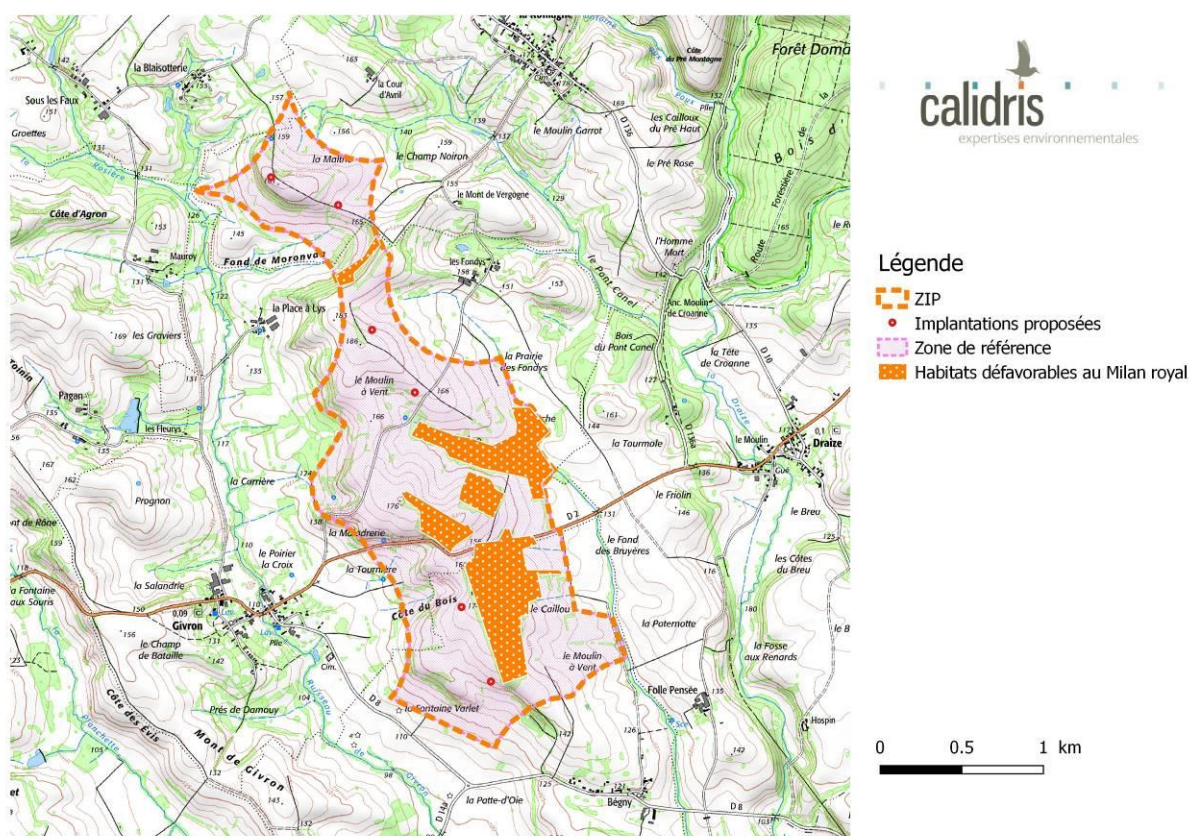
Nota : l'aire de référence est figurée par le polygone bleu et correspond à la longueur de la ou les lignes d'éoliennes traversées par l'oiseau multiplié par le diamètre du rotor.

2.4. Définition de la zone de référence

a. Zone de référence pour le Milan royal

La notion de risque de collision étant liée au niveau d'activité de l'espèce sur la zone du projet, il convient de définir de façon biologiquement cohérente les limites de la zone sur laquelle l'activité sera mesurée ou considérée en cas d'estimation de la quantité de vol pour un risque donné. La définition de cette zone est primordiale car si du point de vue statistique une bande de 10 mx1000 m équivaut à un carré de 100 mx100 m, du point de vue des habitats présents, il est difficile dans les conditions du site de considérer la zone comme biologiquement homogène.

Dans le cadre du projet, la zone de référence pour le calcul du risque Milan royal a été définie suivant les vallées qui cernent la ZIP. Celle-ci correspond à un polygone de **290 ha**.

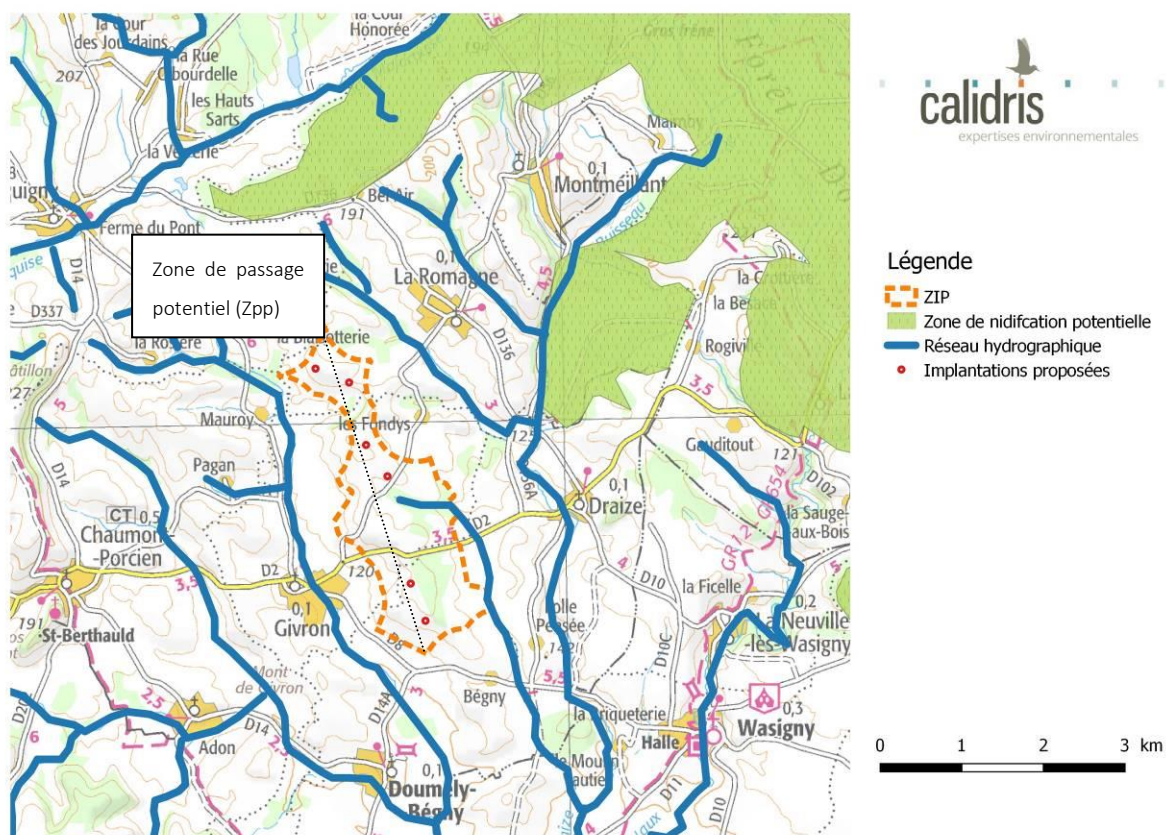


Carte 1 : Figuration de la zone de référence pour le calcul du risque Milan royal

La zone de référence pour le Milan royal correspond à un polygone de 290 ha.

b. Zone de référence pour la Cigogne noire

La zone de référence pour la Cigogne noire correspond au plus grand segment de la ZIP réputé orthogonal aux déplacements de la Cigogne noire dans le plan horizontal, et d'une hauteur de rotor dans le plan vertical. Cette zone est appelée Zpp (Zone de passage potentiel) pour la différencier de celle du Milan royal.



Carte 2 : Zone de passage potentiel pour le calcul du risque Cigogne noire



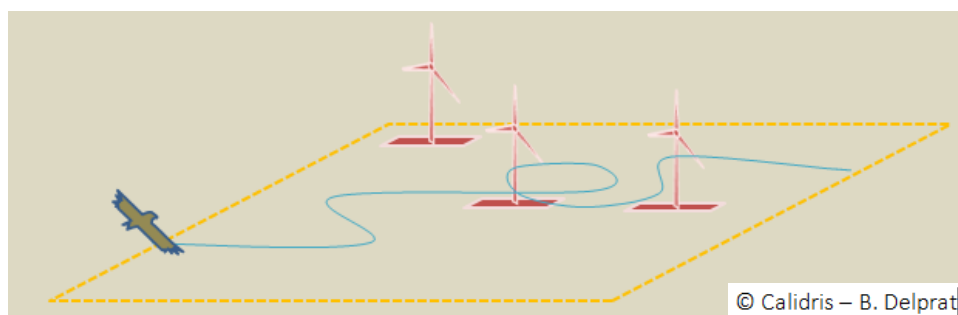
3. Calcul du risque de collision Milan royal

Le risque de collision du Milan royal dépend de l'addition de différents risques :

-  risque qu'un oiseau traverse la zone de battement des pales,
-  risque qu'un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision avec une pale d'éolienne.

Ces éléments de risque étant ramenés à la superficie de l'aire de référence, au nombre d'éolienne et à la durée d'exploitation. Pour ce qui concerne la hauteur de vol des oiseaux et la probabilité qu'ils entrent dans la zone de battement des pales, il a été considéré que seul le vol à hauteur de rotor était générateur de risque de collision.

3.1. Risque qu'un oiseau traverse la zone de battement des pales d'une éolienne



L'indice de risque de base (P_1) est calculé sur la base de la superficie de la zone de référence sur laquelle le projet est proposé $S_{ref} = 2\,902\,530\text{ m}^2$, de la surface de battement des pales $S_p = L_p \times l_p \times 2$ où L_p est la longueur de la pale et l_p sa largeur, et de la quantité de vol $Q_v = T_v \times V_m \times E_{vm}$ où V_m est sa vitesse de vol tangentielle, E_{vm} l'envergure d'un Milan et T_v est le temps de vol du Milan ramené à un individu. De cette manière on intègre que sur le site, plusieurs individus peuvent être présents

ensemble. Pratiquement la Q_v est égale à la somme de la Q_v de chaque milan. D'un point de vue statistique 2 Milans qui volent 10 minutes équivalent à 1 Milan qui volerait 20 minutes.

Les variables sont exprimées selon les unités suivantes :

T_v temps de vol en seconde	S_{ref} surface en m^2
V_m vitesse de déplacement en $m.s^{-1}$	S_p surface en m^2
E_{vm} envergure en m	

S'agissant d'une valeur journalière instantanée pour un nombre de N_e éoliennes, il convient de la rapporter à la durée de présence de l'espèce en jour sur le site n_j et à la durée d'exploitation envisagée n_a .

Cette correction permet de calculer ($R_{a.e(i)}$) le risque annuel pour « N_e » éoliennes en intégrant une pondération de l'indice de base P_1 de la manière suivante, avec n_j = nombre de jour où le Milan est supposé être présent (période de reproduction, hivernage ...).

Le risque total R_t du projet étant la somme des $R_{a.e(i)}$ soit $R_t = \sum R_{a.e(i)}$ ou $R_{a.e(i)} \times n_a$ où n_a est le nombre d'année d'exploitation.

Ce qui équivaut à dire que le risque total sur 20 ans d'exploitation du parc = quantité de vol du Milan royal par jour rapporté au nombre de jours de présence, rapporté à la surface de référence, le tout couplé à la surface des pales, le nombre d'éolienne et le nombre d'années d'exploitation (20 ans).

3.2. Risque qu'un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision

Ce risque correspond à la probabilité qu'un oiseau volant à une vitesse donnée dans un volume soit percuté par les pales en rotation. Ce risque dépend de la vitesse angulaire des pales et du temps mis par l'oiseau pour sortir de la zone mortifère (zone battue par les pales pendant le temps mis par l'oiseau pour en sortir), soit le temps mis pour traverser la largeur de la pale.

Le calcul s'opère avec les variables suivantes :

V_a , vitesse angulaire moyenne de l'éolienne en $^{\circ}.s^{-1} = 120^{\circ}.s^{-1}$

V_m , vitesse tangentielle moyenne du Milan en $mètres.s^{-1} = 5.55 m.s^{-1}$ (environ $20 km.h^{-1}$)

L_p , longueur d'une pale utilisée dans le cadre du projet en $m = 65 m$

l_p , largeur maximale de la pale en $m = 2m$

L_m , longueur moyenne du Milan en $m = 0.5 m$

E_{vm} , envergure moyenne du Milan en $m = 1.65 m$

Selon la table de Band et al. (2007) le facteur correctif moyen du risque de collision est de 21.5%

3.3. Taux d'évitement

A ce stade du calcul il convient d'intégrer le taux d'évitement. Concernant cette valeur il est impératif d'utiliser la valeur la plus approchante ou à défaut celle qui serait considérée la plus conservatrice. En effet, ainsi que Chamberlain et al (2006) le mentionnent, la progression du risque est linéaire en fonction de l'évolution de la quantité de vol ou du nombre d'éolienne. En revanche, 10% de correction du taux d'évitement engendre un effet de +/- 2 610% sur le risque calculé.

Afin d'intégrer ce paramètre à nos calculs nous avons pris le parti d'intégrer le taux d'évitement documenté le plus récent et de réaliser des simulations en ajoutant une erreur marginale de - 1% et - 2% au taux d'évitement retenu.

En l'occurrence dans le cadre de ce travail nous avons retenu le taux d'évitement d'Urquhart et Whitfield (2016) de 99,2%. Ce taux vient en correction des premières estimations de Whitfield & Madders (2006), qui indiquent un taux de 98%.

On notera que l'ordre de grandeur de ce taux est corroboré par la LPO 51 (Theveny, 2010) suite aux suivis post implantation réalisés sur le parc éolien d'Is en Bassigny, et où il apparaît que les oiseaux évitent les éoliennes avec un taux maximum d'évitement de 98% du parc ($n_{observations} = 47$).

Taux d'évitement retenu = 99.2% avec erreur marginale de 1 et 2%

3.4. Présence du Milan royal

Le temps de présence du Milan royal est considéré comme nul ou quasi nul sur les mois de Novembre à Février inclus du fait qu'il s'agit d'une espèce migratrice dont on ne connaît pas d'hivernant sur le site (aucune observation lors de 2 saisons de prospection en hiver).

Ainsi le nombre de jour de présence potentielle du Milan royal est de $365 - 120 = 246$ jours potentiels de présence.

3.5. Temps de fonctionnement des éoliennes

Le temps estimé pendant lequel les éoliennes seront en production est de l'ordre de $2\,222 \text{ h.an}^{-1}$ selon les estimations fournies par le pétitionnaire. Cette estimation est conservatrice dans le sens où la période d'automne hiver est la plus productive et que celle-ci correspond au moment où les Milans royaux ne sont pas présents.

Temps de fonctionnement retenu : $2\,222 \text{ h.an}^{-1}$.

3.6. Résultats

Attention pour qu'il n'y ait pas d'incompréhension il convient de lire les résultats de la manière suivante :

Un risque « R » correspond au nombre de Milan royal susceptible d'entrer potentiellement en collision avec une éolienne du projet dans les conditions d'évaluations (trajectoires des oiseaux aléatoires à l'échelle de la zone de référence, gabarit des éoliennes, quantité de vol évaluée, taux d'évitement donnés). Cet indice ne constitue pas une valeur absolue mais il offre une image cohérente et objective

du risque au regard des variables intégrées au calcul et dans les conditions des hypothèses mathématiques énoncées.

3.7. Quantité de vol attendue pour un risque donné

a. Pour des oiseaux en chasse

Afin de faire tourner le modèle de calcul, il a été pris le parti de considérer un risque « R » de 1 oiseau tué sur 20 ans et de définir sur cette base la quantité de vol (temps de présence de l'espèce en vol) qui serait nécessaire pour le générer théoriquement.

Ainsi, pour un risque de collision donné de 1 oiseau mort sur la durée d'exploitation du projet (20 ans), dans l'hypothèse où le projet comporterait 6 éoliennes, **il apparaît que la quantité de vol attendue sur la zone de référence devrait être de 9 mn 48 s⁻¹ équivalent Milan par jour à hauteur de rotor sur 246 jours par an pendant 20 ans pour un taux d'évitement de 99,2%.**

- Pour un taux d'évitement de 98% il apparaît que la quantité de vol attendue sur la zone de référence serait de 4 mn équivalent Milan par jour sur 246 jours pendant 20 ans.
- Pour un taux d'évitement de 97% il apparaît que la quantité de vol attendue sur la zone de référence serait de 2 mn 48 s⁻¹ équivalent Milan par jour sur 246 jours pendant 20 ans.

b. Pour des oiseaux en migration

Le risque pour des oiseaux en migration s'apparente au mode de calcul de risque lié à la Cigogne noire. En effet le risque est lié au nombre de trajectoires traversant la ligne d'éoliennes au printemps et à l'automne étant considéré qu'une fois la ligne d'éolienne franchie le risque est nul.

Ainsi, pour un risque de collision donné de 1 oiseau mort sur la durée d'exploitation du projet (20 ans), dans l'hypothèse où le projet comporterait 6 éoliennes, **il apparaît que la quantité de trajectoires attendue à travers la ligne d'éolienne à hauteur de rotor devrait être de 43 000 sur 20 ans soit 2 150 trajectoires à hauteur de rotor sur 90 jours (durée cumulée des migrations pré et post nuptiales) par an pour un taux d'évitement de 99,2%.**

- Pour un taux d'évitement de 0,98% il apparaît que la quantité de vols nécessaires pour générer un risque d'une collision serait de 17 200 vols à travers la ligne d'éoliennes à hauteur de rotor sur 90 jours de migration par an sur 20 ans (soit 860 trajectoires par an).

- Pour un taux d'évitement de 0,97% il apparaît que la quantité de vols nécessaires pour générer un risque d'une collision serait de 11 400 vols à travers la ligne d'éoliennes à hauteur de rotor sur 90 jours de migration par an sur 20 ans (soit 570 trajectoires par an).

3.8. Discussion

Les données collectées lors de l'état initial de l'étude d'impact (pièce 5a) montrent que la fréquentation du site par le Milan royal est des plus limitée. En effet **seuls deux oiseaux en migration active ont été observés à l'automne**. Aucune activité de chasse ou de transit de Milan royal n'a en outre été notée en période nuptiale, ce qui marque bien que le site se situe hors des zones d'activité de l'espèce.

Par conséquent il semble bien que le niveau d'activité du Milan royal est bien inférieur au seuil nécessaire pour espérer un taux de mortalité de l'ordre d'un oiseau sur 20 ans d'exploitation du projet, qu'il s'agisse d'oiseaux en migration ou en période nuptiale.

Par conséquent, quoique non nul, le risque apparaît biologiquement non significatif et ne nécessite pas de dérogation à l'application de l'article R-411.1 du code de l'environnement.



4. Calcul du risque de collision Cigogne noire

Le risque de collision de la Cigogne noire dépend de l'addition de différents risques :

-  risque qu'un oiseau traverse la zone de battement des pales,
-  risque qu'un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision avec une pale d'éolienne.

Ces éléments de risque étant ramenés à la superficie de la zone de référence, au nombre d'éolienne et à la durée d'exploitation. Pour ce qui concerne la hauteur de vol des oiseaux et la probabilité qu'ils entrent dans la zone de battement des pales, il a été considéré que seul le vol à hauteur du rotor était générateur de risque.

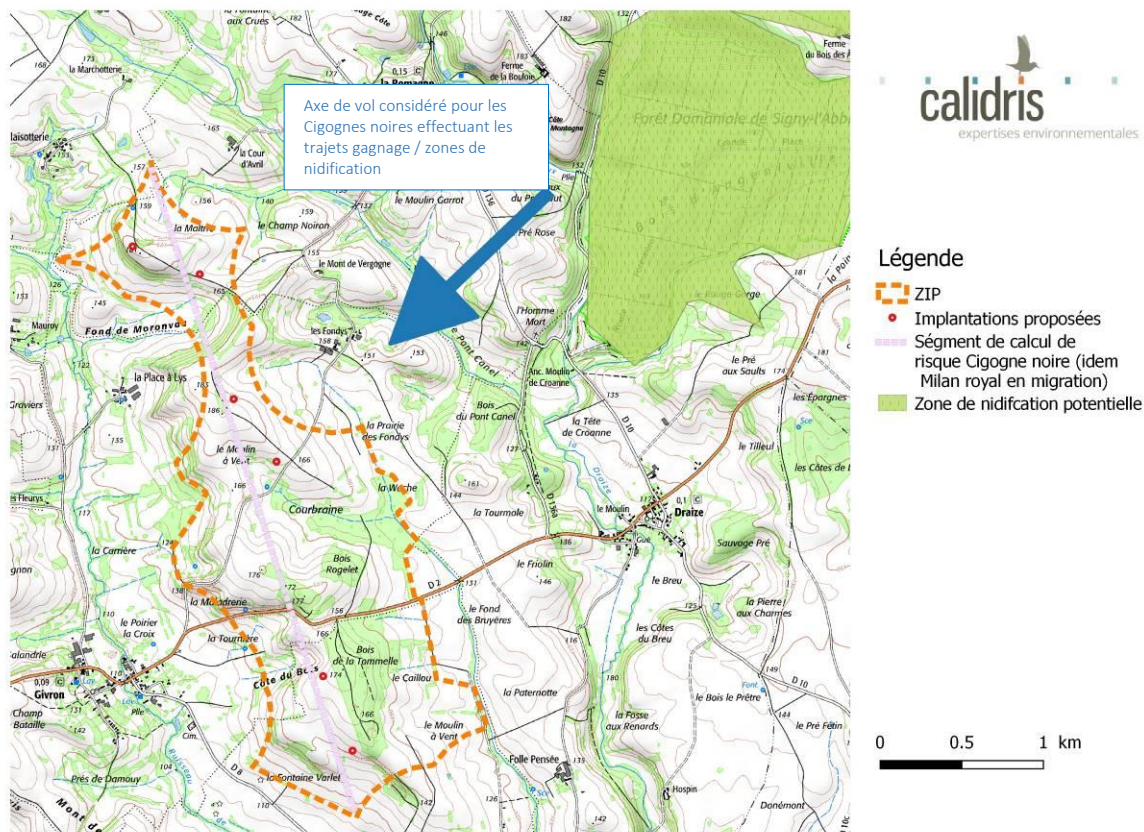
4.1. Risque qu'un oiseau traverse la zone de battement des pales d'une éolienne

Le risque qu'une Cigogne noire entre en collision avec une éolienne du projet correspond à la probabilité qu'un oiseau volant aléatoirement au-dessus de la ZIP entre dans la zone de balayage du rotor et n'évite pas les pales.

4.2. Zone de passage potentiel Z_{pp} :

Soit L_t = plus grand segment sur l'aire d'étude rapprochée, parallèle à la ligne d'éoliennes et supposé orthogonal aux trajectoires des éoliennes, en l'occurrence $L_t = 4,144$ m ; et $l_t = 117$ m hauteur de la zone à risque, égale au diamètre du rotor des éoliennes ; la Z_{pp} est égale à :

$$Z_{pp} = L_t \times l_t$$



Carte 3 : schéma de la Zpp

La Zone de passage potentiel pour la Cigogne Noire est égale à 4,144 km.

4.3. Risque qu'un oiseau qui traverse la zone de battement des pales entre en collision

Ce risque correspond à la probabilité qu'un oiseau volant à une vitesse donnée dans un volume soit tué par les pales en rotation. Ce risque dépend de la vitesse angulaire des pales et du temps mis par l'oiseau pour sortir de la zone mortifère (zone battue par les pales pendant le temps mis par l'oiseau pour en sortir), soit le temps mis pour traverser la largeur de la pale.

Le calcul s'opère en intégrant les variables suivantes :

V_a , vitesse angulaire moyenne de l'éolienne en $^{\circ}.s^{-1}$ = $120^{\circ}.s^{-1}$

V_m , vitesse tangentielle moyenne de la Cigogne noire en mètres $.s^{-1}$ = $11,5 m.s^{-1}$ (environ $40 km.h^{-1}$)

L_p , longueur d'une pale utilisée dans le cadre du projet en m = 58.5 m

l_p , largeur maximale de la pale en m = 2m

L_m , longueur moyenne de la Cigogne noire en m = 1 m

E_{vm} , envergure moyenne de la Cigogne noire en m = 1.7 m

Selon la table de Band et al. (2007), le facteur correctif moyen du risque de collision est de 15.4%.

4.4. Présence de la Cigogne noire sur le site

Le temps de présence potentiel de la Cigogne noire lié à des niches potentiels est envisagé entre le 15 avril et le 15 août, soit 121 jours de présence potentielle.

Ainsi le nombre de jour de présence potentielle de la Cigogne noire est de 121 jours par an.

4.1. Temps de fonctionnement des éoliennes

Le temps estimé pendant lequel les éoliennes seront en production est de l'ordre de 2 222 h.an⁻¹ selon les estimations fournies par le pétitionnaire. Cette estimation est conservatrice dans le sens où la période d'automne hiver est la plus productive et que celle-ci correspond au moment où les Cigognes noires ne sont pas présentes.

Temps de fonctionnement retenu : 2 222 h.an⁻¹.

4.2. Taux d'évitement

Le **comportement d'évitement** est un élément important à prendre en compte dans ce calcul de risque de collision. Cela correspond à la probabilité qu'un oiseau a d'adapter naturellement son vol pour éviter une ou plusieurs éoliennes. En effet, ce taux d'évitement peut varier en fonction des espèces (Cook *et al.*, 2012). Pour les oiseaux marins tels que les sternes, plongeurs, cormorans ou encore goélands, les taux d'évitements varient entre 99 et 99.9% (Maclean *et al.*, 2009 in Rapport de FAME, 2013). Pour les différentes espèces d'oies en Ecosse, le taux d'évitement avoisine les 99,93% (Fernley *et al.*, 2006). Pour le Busard Saint-Martin, un taux de 99% a été jugé réaliste (Whitfield & Madders, 2006). Le taux d'évitement attribué pour le Milan royal (*Milvus milvus*) qui est connu pour être l'un des oiseaux les plus fortement impacté par l'éolien est de 98%. Certaines études relèveraient même plutôt ce taux à 99% environ (Whitfield & Madders, 2006). Une étude sur le taux d'évitement de l'Aigle royal, autre oiseau particulièrement vulnérable aux collisions, donnent des résultats compris entre 98,64 et 99,89% en fonction des parcs et une valeur de précaution de 99% est préconisée pour les évaluations de risque (Whitfield, 2009). Plus généralement, pour les rapaces diurnes, les taux d'évitement varient de 98 à 100% (Whitfield & Madders, 2006).

Ces espèces à envergure plus ou moins grande peuvent être mises en comparaison avec la Cigogne noire. Il apparaît assez probable que la Cigogne noire possède un taux d'évitement similaire. En l'absence de donnée publiée pour une espèce donnée (ce qui est le cas pour la Cigogne noire), une valeur de 98% a été recommandée par le Scottish Natural Heritage (organisme public écossais en charge de la protection et la gestion des patrimoines naturels) en 2010, correspondant à celui du Milan royal. On peut néanmoins penser que ce taux est largement sous-estimé, cet oiseau utilisant le

plus souvent (lorsque les conditions le permettent) les courants thermiques. Ce vol à l'économie peut la faire monter jusqu'à 400 mètres d'altitude et lui permettre de planer sur de longues distances puis, une fois au niveau de la zone de pêche, de la faire descendre en cercles concentriques (Jadoul, comm. pers.). En cas de conditions défavorables, la Cigogne vole souvent à une hauteur inférieure à 100 mètres, régulièrement à une trentaine de mètres (Rohde, 2009). L'altitude de vol est fortement dépendante des conditions météorologiques. Les facteurs comme la direction et la vitesse du vent, la température et les précipitations peuvent modifier le comportement de vol des oiseaux. En conditions optimales, l'oiseau pourra voler en économie d'énergie avec les ascendances et aller beaucoup plus vite et beaucoup plus haut alors que dans le sens contraire, il volera plus bas et en vol direct (Rohde, 2009). De plus, les oiseaux résidant et nichant à proximité d'un parc s'habituent rapidement aux éoliennes, en apprenant leur localisation et en les intégrant dans leur environnement et de ce fait, ont la capacité de les éviter (Jadoul, comm. pers. ; James, 2003 ; Kingsley & Whittam, 2005).

On sait que la vulnérabilité des oiseaux pour les collisions est due à leurs facultés biomécaniques c'est-à-dire à leur manœuvrabilité et leur agilité. Plus concrètement, elle dépend du potentiel de virage en vol ainsi que de la vitesse à laquelle un oiseau peut changer sa trajectoire de vol (May *et al.*, 2014). Les vautours, notamment sur le parc éolien de Tarifa en Espagne, sont particulièrement sensibles et impactés par les éoliennes. En effet, ils utilisent essentiellement les ascendances pour voler, dans des environnements ouverts et ne possèdent donc pas une manœuvrabilité suffisante pour éviter efficacement les collisions (Barrios & Rodriguez, 2004). Au contraire, la Cigogne noire, de par ses mœurs exclusivement forestières, se doit de pouvoir virevolter à travers les arbres et les branches avec agilité. Elle semble donc totalement adaptée à la détection d'obstacles en vol car cela suggère une forte capacité d'évitement. La valeur de 98% prise pour le modèle semble donc être une valeur basse qui tendra à surestimer le risque réel.

A ce stade du calcul il convient d'intégrer le taux d'évitement. Concernant cette valeur il est impératif d'utiliser la valeur la plus approchante ou à défaut celle qui serait considérée la plus conservatrice. En effet ainsi que Chamberlain et al (2006) le mentionnent, la progression du risque est linéaire en fonction de l'évolution de la quantité de vol ou du nombre d'éolienne. En revanche 10% de correction du taux d'évitement engendre un effet de +/- 2610% sur le risque calculé.

Afin d'intégrer ce paramètre à nos calculs et en l'absence de taux d'évitement publié pour cette espèce, nous avons pris le parti d'intégrer le taux d'évitement documenté le plus pénalisant (celui du

Milan royal) et de réaliser des simulations en ajoutant une erreur marginale de +/- 1% au taux d'évitement retenu.

En l'occurrence dans le cadre de ce travail nous avons retenu le taux d'évitement de Whitfield & Madders (2006), qui indiquent un taux de 98% qui semble être un taux assez adapté à la Cigogne et en tout permettant de caller l'échelle de risque.

Taux d'évitement retenu = 98% avec erreur marginale de + / - 1.

4.3. Résultats

Le risque pour la Cigogne noire est exprimé en nombre de trajectoire à hauteur de rotor. En effet le risque est lié au nombre de trajectoires traversant la ligne d'éoliennes en période de reproduction. Il est considéré qu'une fois la ligne d'éolienne franchie le risque est nul.

Ainsi, selon le modèle de Band et al. (2007), pour un risque de collision donné de 1 oiseau mort sur la durée d'exploitation du projet (20 ans), dans l'hypothèse où le projet comporterait 6 éoliennes, **il apparait que la quantité de trajectoires attendue à travers la ligne d'éolienne à hauteur de rotor devrait être de 12 100 sur 121 jours de présence des nicheurs par an sur 20 ans, soit 605 trajectoires à hauteur de rotor par an pour un taux d'évitement de 0,98.**

- Pour un taux d'évitement de 0,97% il apparait que la quantité de vols nécessaires pour générer un risque d'une collision serait de 8 100 vols à travers la ligne d'éoliennes à hauteur de rotor sur 121 jours de présence des nicheurs par an sur 20 ans (soit 405 trajectoires par an).
- Pour un taux d'évitement de 0,99% il apparait que la quantité de vols nécessaires pour générer un risque d'une collision serait de 24 200 vols à travers la ligne d'éoliennes à hauteur de rotor sur 121 jours de présence des nicheurs par an sur 20 ans (soit 1 210 trajectoires par an).

4.4. Discussion

Dans les conditions de calculs énoncées, il apparaît relativement au projet de 6 éoliennes que le nombre de vols de Cigogne noire par an à travers la zone du projet devrait être de 605 vols à hauteur de rotor par an, soit 12 100 vols sur les 20 ans d'exploitation envisagés, pour « espérer » avoir un risque de collision d'1 oiseau sur la durée d'exploitation (considérant un taux d'évitement de 98%).

Si l'on intègre une erreur marginale de +/- 1%, on constate alors que ce nombre de passage pour 1 mort sur la durée d'exploitation du parc varie de 8 100 passages à hauteur de rotor avec un taux d'évitement de 97% à 24 200 passages à hauteur de rotor pour un mort avec un taux d'évitement de 99%.

Qu'il s'agisse de 8 100, 12 100 ou 24 200 passages, cela apparaît bien supérieur au nombre d'observations réalisées sur site. Pour mémoire, lors des inventaires détaillés en pièce 5a, 1 individu a été observé posé en halte migratoire et 1 individu a été observé en vol hors ZIP, entre celle-ci et la forêt de Signy l'Abbaye.

Dès lors, le risque quoique non nul apparaît des plus réduit et peut être qualifié de biologiquement non significatif. Il ne nécessite pas de dérogation à l'application de l'article R-411.1 du code de l'environnement.

5. Conclusions

Au regard de cette étude, la fréquentation minimum calculée engendrant un risque de collision d'un Milan royal ou d'une Cigogne noire avec une pale d'éolienne durant les 20 ans d'exploitation de ce parc est bien supérieur au niveau d'activité observé sur le terrain pour ces deux espèces lors des deux années d'inventaires.

De fait, même si le risque « 0 » n'existe pas, il apparaît que le développement et l'exploitation du projet éolien proposé sur la ZIP génèrerait un risque biologiquement des plus limité et que l'on peut sans barguigner qualifier de biologiquement négligeable. Compte tenu de ce résultat et des mesures ERC mises en œuvre, force est de constater que le projet se situe dans le cas d'effets négatifs « évités ou suffisamment réduits » suivant les termes de l'article R122.5 du code de l'environnement.

Par conséquent en conformité avec le guide méthodologique d'application de la réglementation espèces protégées appliquée à l'éolien terrestre (qui a une portée normative), force est de constater que le projet ne nécessite pas de dérogation à l'application de l'article R411.1 du code de l'environnement.



Bibliographie

BAND W., MADDERS M., WHITFIELD D.P., 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms, in LUCAS M., JANSSEN G.F.E., FERRIER M., 2007 Birds and wind farms : Risk assessment and mitigation. Quercus, Madrid pp 259-275

BARRIOS L. & RODRIGUEZ A., 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41, 72-81.

CEZILLY F., BENHAMOU S., 1996. Les stratégies optimales d'approvisionnement. *Rev. Ecol. (Terre et vie)*, vol 51, 43-86

FERNLEY J., LOWTHER S. & WHITFIELD P., 2006. A review of goose collisions at operating wind farms and estimation of the goose avoidance rate. Natural Research Ltd. 18p.

FAME (Future of the Atlantic Marine Environment), 2013. Interactions entre oiseaux marins et parcs éoliens en mer : connaissances, contexte et solutions sur les côtes françaises. 56p

JAMES R. D., 2003. Birds Observations at the Pickering Wind Turbine. *Ontario Birds* 21, 84-97.

KINGSLEY A. & WHITTAM B., 2005. Wind turbine and birds: A background review for environmental assessment. Canadian Wildlife Service. 81p.

MAY R., REITAN O., BEVANGER K., LORENTSEN S.-H. & NYGARD T., 2015. Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42, 170-181.

NEW L., BJERRER E., MILLSAP B., OTTO M., RUNGE M., 2015. a collision risk model to predict avian fatalities at wind facilities : an example using Golden eagles. *Plos One* 10(7)

THEVENY B., 2010. Suivi du Milan royal sur le parc éolien d'Is-en-Bassigny. Seconde année d'étude : migration postnuptiale 2009 et prénuptiale 2010. *Poweo* 23p

URQUHART B., WHITHFIELD D.P., 2016. Derivation of an avoidance rate for Red kite *Milvus milvus* suitable for onshore wind farm collision risk modelling. Natural Research Information Note 7. Natural research, Banchory .20p

WHITFIELD D.P. & MADDERS M., 2006. Deriving collision avoidance rates for Red kites *Milvus milvus*. Natural Research Ltd. 14p.

WHITFIELD D.P., 2009. Collision Avoidance of Golden Eagles at Wind Farms under the 'Band' Collision Risk Model. Natural Research Ltd. 35p.