



*Parc éolien de Cuq-Serviès (81)*

# Suivi post-implantation de la mortalité sur les oiseaux et les chauves-souris

## Bilan de campagne 2013

Mars 2014



**EXEN**

Mairie, bourg, 12310 VIMENET  
0960366951 / 0683091239  
[www.sarlexen.fr](http://www.sarlexen.fr)

**LPO Délégation Tarn**

Place de la Mairie, Aile du  
château - BP 27 -  
81290 LABRUGUIERE

**ECOTONE**

Résidence des Coteaux, Bâtiment  
Esterel, Appart. 417  
31520 RAMONVILLE ST AGNE

**EKO LOGIK**

12 Rue de l'Université Catalane  
66500 Prades  
[www.ekologik.fr](http://www.ekologik.fr)

## Parc éolien de Cuq-Serviès (81)

# Suivi post-implantation de la mortalité sur les oiseaux et les chauves-souris Bilan de campagne 2013

Programme de suivi concerté entre 4 bureaux d'étude et associations naturalistes ;

**Rédaction** : F. Albespy, Y. Beucher (EXEN)

**Organisation, méthodes, recueil et analyses des données** : F. Albespy, Y. Beucher (EXEN)

**Recherches de mortalité sur site et relecture du rapport** :

- EXEN (Albespy F., Beucher Y., Geyelin M., Mougnot J., Nazon L., Petitjean P.)
- LPO Tarn (Calvet A., Garnier L.)
- ECOTONE (Chasle P., Jammes A., Loiret F., Niols P., Berthet F.)
- EKO LOGIK (Lecoq V., Pujol A., Pouclet AG.)

## SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| <b>SOMMAIRE</b> .....  | 3  |
| <b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....   | 4  |
| <b>1 OBJET</b> .....   | 5  |
| 1.1 CONTEXTE.....  | 5  |
| 1.2 CONFIGURATION DU PARC EOLIEN ET CONTEXTE PAYSAGER.....   | 5  |
| 1.2.1 Situation.....   | 5  |
| 1.2.2 Contexte environnemental.....  | 5  |
| 1.2.3 Le parc éolien.....  | 7  |
| 1.3 OBJECTIFS DU SUIVI.....  | 8  |
| 1.3.1 Objectifs généraux d'un suivi écologique post-implantation.....                              | 8  |
| 1.3.2 Objectifs spécifiques du suivi de la mortalité sur le parc éolien de Cuq-Serviès.....        | 8  |
| <b>2 METHODOLOGIE</b> .....  | 9  |
| 2.1 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX.....                                   | 9  |
| 2.1.1 Choix d'une méthode standardisée.....  | 9  |
| 2.1.2 Choix des périodes de suivis.....  | 9  |
| 2.1.3 Pression et fréquence des visites.....   | 9  |
| 2.1.4 Choix des éoliennes suivies.....   | 10 |
| 2.1.5 Organisation des parcours de prospection.....  | 10 |
| 2.1.6 Recueil des données et destination des cadavres.....   | 11 |
| 2.2 DETERMINATION DES COEFFICIENTS CORRECTEURS.....  | 12 |
| 2.2.1 Organisation générale.....   | 12 |
| 2.2.2 Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »).....                            | 12 |
| 2.2.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »).....                                       | 13 |
| 2.2.4 Calculs.....   | 13 |
| <b>3 BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS</b> .....  | 14 |
| 3.1 RESULTATS.....   | 14 |
| 3.1.1 Bilan des mortalités par éoliennes.....  | 14 |
| 3.1.2 Répartition des mortalités de chauves-souris en fonction des ouvertures de boiselements..... | 14 |
| 3.1.3 Répartition des mortalités de chauves-souris par distance de la listère.....                 | 15 |
| 3.1.4 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris.....                   | 15 |
| 3.1.5 Chronologies des mortalités de chauves-souris et types de milieux.....                       | 18 |
| 3.1.6 Typologie des cadavres découverts.....   | 19 |
| 3.1.7 Proportion des mortalités estimées par espèces.....  | 19 |
| 3.1.8 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne.....                                    | 19 |
| 3.1.9 Chronologie des mortalités, phénomènes des espèces et tentatives d'interprétations.....      | 20 |
| 3.1.10 Type de blessures constatées.....   | 21 |
| 3.1.11 Dispersion des cadavres sous les éoliennes.....   | 22 |
| 3.2 TAUX DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS.....  | 23 |
| 3.2.1 Les formules utilisées.....  | 23 |
| Winkelmann (LPO 2005).....   | 23 |
| Erickson (2000).....   | 23 |
| Jones (2009).....  | 23 |
| Huso (2010).....   | 24 |
| 3.2.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....                           | 24 |
| Taux de détection.....   | 24 |
| Taux de persistance.....   | 25 |
| Coefficient de correction surfacique.....  | 25 |
| Planning du suivi et type de végétation en 2013.....   | 26 |
| Les 2 méthodes de calcul.....  | 27 |
| 3.2.3 Calcul de mortalité avec la première méthode.....  | 28 |
| 3.2.4 Calcul de mortalité avec la seconde méthode.....   | 29 |
| 3.2.5 Analyses.....  | 29 |

|   |    |
|---|----|
| <b>4 BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX</b> .....                    | 32 |
| 4.1.1 Bilan des mortalités par éoliennes.....                       | 32 |
| 4.1.2 Espèces, chronologies et caractéristiques des mortalités..... | 32 |
| 4.1.3 Taux de mortalité des oiseaux.....                            | 34 |
| > Calcul de mortalité avec la première méthode.....                 | 34 |
| > Calcul de mortalité avec la seconde méthode.....                  | 35 |
| > Analyses.....   | 36 |
| <b>5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b> .....                          | 37 |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....  | 38 |
| <b>ANNEXES</b> .....  | 39 |
| 5.1 ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN.....                      | 40 |
| 5.2 ANNEXE 2 : DONNÉES BRUTES DE MORTALITÉS DÉCOUVERTES.....        | 41 |
| 5.2.1 Suivi 2013.....   | 41 |

Tous les clichés présentés dans ce rapport ont été pris sur le site d'étude.  
Ils sont protégés par le droit d'auteur (art. L. 112-2 du Code de la Propriété Intellectuelle).  
Leur utilisation est limitée à la mission d'étude d'impact sur l'environnement.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1</b> : Carte de présentation du parc éolien de Cuq-Serviès .....   | 6  |
| <b>Figure 2</b> : Cliché panoramique de la coupe franche réalisée au Nord du parc éolien .....  | 6  |
| <b>Figure 3</b> : Cliché panoramique du parc éolien et de la vallée Nord depuis le secteur du Récanatou .....   | 7  |
| <b>Figure 4</b> : Cliché du Parc éolien depuis le Nord Est (secteur de la Fargarie) .....   | 7  |
| <b>Figure 5</b> : Planning de répartition des visites par organisme et par semaine (2013) .....   | 9  |
| <b>Figure 6</b> : Graphique de répartition du nombre de visites par organisme .....   | 9  |
| <b>Figure 7</b> : Schéma représentatif du transect de prospection théorique .....   | 10 |
| <b>Figure 8</b> : Clichés explicatifs de l'organisation du transect par la méthode des piquets (sur un autre parc éolien) .....   | 11 |
| <b>Figure 9</b> : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris .....   | 12 |
| <b>Figure 10</b> : Clichés du matériel de terrain, et de la prospection sous les éoliennes .....  | 12 |
| <b>Figure 11</b> : Clichés d'un échantillon des « cadavres tests » .....  | 13 |
| <b>Figure 12</b> : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées lors de la campagne de suivi 2013 sur l'ensemble du parc éolien .....  | 14 |
| <b>Figure 13</b> : Bilan des mortalités de chauves-souris selon la typologie des structures arborées autour des éoliennes .....   | 14 |
| <b>Figure 14</b> : Graphique des moyennes de mortalités constatées selon la typologie des structures arborées autour des éoliennes (pondéré par la surface prospectée) .....                | 15 |
| <b>Figure 15</b> : Bilan des mortalités de chauves-souris selon la distance à la lisière des éoliennes .....  | 15 |
| <b>Figure 16</b> : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Thanatophilus sinuatus), sous un autre parc ..... | 16 |
| <b>Figure 17</b> : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) selon le mois de l'année .....   | 16 |
| <b>Figure 18</b> : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) pour le suivi 2013 .....  | 17 |
| <b>Figure 19</b> : Chronologie des mortalités selon la typologie des milieux arborés autour des éoliennes selon le mois de l'année .....  | 18 |
| <b>Figure 20</b> : Chronologie des mortalités selon la typologie des milieux arborés autour des éoliennes pour le suivi 2013 .....  | 18 |
| <b>Figure 21</b> : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèces (effectifs constatés) en 2013 .....   | 19 |
| <b>Figure 22</b> : Tableau des mortalités d'espèce selon l'éolienne (effectifs constatés) en 2013 .....   | 19 |
| <b>Figure 23</b> : Graphique des mortalités selon les éoliennes (effectifs constatés) et le type de vol des espèces impactées pour le suivi 2013 .....                                      | 19 |
| <b>Figure 24</b> : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèces (effectifs constatés) pour le suivi 2013 .....  | 20 |
| <b>Figure 25</b> : Répartition des types de blessures constatées sur les cadavres .....   | 22 |
| <b>Figure 26</b> : Histogramme de la répartition des cadavres autour des mats d'éoliennes .....   | 22 |
| <b>Figure 27</b> : Tableau des résultats du test de découverte du 18 juillet 2013 et calcul du coefficient de détection d .....   | 24 |
| <b>Figure 28</b> : Tableau des résultats du test de persistance du 18 juillet 2013 ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance .....            | 25 |
| <b>Figure 29</b> : Tableau des surfaces prospectées par éoliennes et totale .....   | 25 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 30</b> : Tableau récapitulatif des proportions de chaque type de végétation et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau = moyenne des proportions de chaque type de végétation) ..... | 26 |
| <b>Figure 31</b> : Paramètres pour le calcul des équations selon la première méthode de calcul .....   | 28 |
| <b>Figure 32</b> : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2013 (première méthode de calculs) .....   | 28 |
| <b>Figure 33</b> : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul .....   | 29 |
| <b>Figure 34</b> : Résultats des calculs du taux de mortalité 2013 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul .....   | 29 |
| <b>Figure 35</b> : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en France (Source ALEPE et EXEN) .....   | 30 |
| <b>Figure 36</b> : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE) .....   | 31 |
| <b>Figure 37</b> : Bilan des mortalités d'oiseaux constatées sur 7 mois de suivi en 2013 .....   | 32 |
| <b>Figure 38</b> : Chronologie des mortalités d'oiseaux (constatées) pour le suivi 2013 .....  | 33 |
| <b>Figure 39</b> : Chronologie des mortalités d'oiseaux (dates estimées) pour le suivi 2013 (à noter 2 plumées dont la mort est estimée en 2012 ne sont représentées) .....  | 33 |
| <b>Figure 40</b> : Paramètres pour le calcul des équations selon la première méthode de calcul .....   | 34 |
| <b>Figure 41</b> : Résultat des calculs par la première méthode de calculs pour le suivi 2013 .....  | 35 |
| <b>Figure 42</b> : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul .....   | 35 |
| <b>Figure 43</b> : Résultat des calculs par la seconde méthode de calcul pour le suivi 2013 .....  | 35 |



# 1 OBJET

## 1.1 Contexte

Le bureau d'étude EXEN a été missionné en 2009 pour accompagner le porteur de projet Abo-wind au niveau de la phase de chantier pour l'implantation du parc éolien de Cuq Servies. Dans une perspective de demande de dérogation pour avancer les travaux pendant une phase de restriction initialement imposée par la DREAL, il s'agissait principalement de rechercher les zones de reproduction, de quantifier les sensibilités compte tenu des distances vis-à-vis du chantier, et de proposer des mesures d'accompagnement pour rendre compatibles les travaux et le maintien des nichées de rapaces. Cette opération a pu être menée avec succès, en adaptant notamment les plannings d'interventions aux phénomologies les plus sensibles des espèces les plus exposées.

Aujourd'hui le parc éolien est en phase de fonctionnement et cela depuis 2009.

Après avoir effectué un suivi post-implantation ciblé sur les espèces d'oiseaux nicheuses à proximité du parc éolien, Abo-wind a missionné le bureau d'étude EXEN pour un suivi sur la mortalité durant l'année 2013. Ce suivi de la mortalité cible donc les oiseaux ainsi que les chauves-souris.

Devant l'importante mobilisation nécessaire à ce type de suivis, le bureau d'étude EXEN a alors effectué un partenariat avec un groupement d'organismes régionaux spécialisés dans l'étude de la faune sauvage et de ses rapports avec le développement éolien. Les bureaux d'étude EXEN, EKOLOGIK, ECOTONE et l'association LPO délégation Tarn ont ainsi collaborés pour organiser cette année de suivi post-implantation.

Le présent document fait le bilan des résultats de suivi de la mortalité sous les éoliennes pour cette campagne de suivi de 2013.

## 1.2 Configuration du parc éolien et contexte paysager

### 1.2.1 Situation

Le site éolien se situe sur les communes tarnaise de Cuq et de Servies, dans la partie Sud Est du département, au nord-ouest de la ville de Castres, sur les collines au nord de la rivière de l'Agout.

Plus précisément, le parc éolien de Cuq-Servies s'étend au nord de Servies dans les Bois de Rousieux et proche du lieu-dit les Bouscous. Ce bois se trouve sur une colline à une altitude qui varie entre 304 et 315 m.

### 1.2.2 Contexte environnemental

Le relief local est orienté dans un axe nord-est / sud-ouest. Il est entouré par deux vallées sillonnées respectivement par le ruisseau du Rau (au nord et entourant la zone par l'est) et par la rivière de l'Agout (au sud).

Le site du parc éolien est principalement composé de parcelles boisées. Mais quelques prairies et petit vergers sont notés à proximité de la zone d'étude.

Figure 1 : Carte de présentation du parc éolien de Cuq-Serviès





### 1.2.3 Le parc éolien

La configuration du parc éolien résulte principalement de la prise en compte des contraintes écologiques, foncières et paysagères (cf. étude d'impact, ABO-WIND).

Le parc éolien est composé de 6 éoliennes disposées en deux demi-cercles orientés vers le nord-ouest pour le premier et l'ouest pour le second. Le premier se trouve dans le Bois de Rousieux et le second se trouve au niveau des lieux dit Les Bouscoux St Cyr. Les éoliennes sont numérotées de 1 à 6 depuis le sud-est jusque vers l'ouest.

Toutes les éoliennes sont installées dans un contexte boisé plus ou moins dense. La départementale D47 sépare les trois premières éoliennes des trois suivantes. L'éolienne 3 se distingue des autres par un contexte environnant plus ouvert, au sein d'une parcelle agropastorale cultivée en 2013. L'éolienne 2 se trouve à proximité d'une petite vigne. Toutes les autres sont entourées par les structures arborées plus proches, de sorte que la rotation des pales d'éoliennes survole parfois la canopée.

La Figure 1 permet une représentation de l'emplacement des éoliennes sur fond de photo aérienne. Les Figure 2, Figure 3 et Figure 4 proposent les clichés des éoliennes installées.

Figure 2 : Cliché panoramique de la coupe franche réalisée au Nord du parc éolien



Figure 3 : Cliché panoramique du parc éolien et de la vallée Nord depuis le secteur du Récanatou



Figure 4 : Cliché du Parc éolien depuis le Nord Est (secteur de la Fargarié)



### 1.3 Objectifs du suivi

#### 1.3.1 Objectifs généraux d'un suivi écologique post-implantation

De façon générale, un suivi faunistique post implantation vise à :

- évaluer concrètement (*in situ*) les impacts réels des éoliennes sur la faune sauvage,
- apprécier l'importance de ces impacts par comparaison avec d'autres parcs éoliens, ou au regard des enjeux de conservation des populations locales

Parfois, ces résultats de suivis peuvent permettre de fournir des éléments fiables permettant de réduire les impacts à postériori et de façon proportionnée si ceux-ci sont avérés. Les mesures d'intégration envisagées avant implantation peuvent ainsi être revues, et d'autres peuvent éventuellement être proposées.

Le suivi vise également à apporter des informations précieuses aux connaissances actuelles encore peu nombreuses dans ce domaine, et faciliter ainsi à l'avenir l'interprétation des états initiaux en termes de sensibilités.

#### 1.3.2 Objectifs spécifiques du suivi de la mortalité sur le parc éolien de Cuq-Serviès

Nous avons vu que le suivi de la mortalité sous les éoliennes du parc de Cuq-Serviès rentrait dans le cadre d'un ensemble de suivis thématiques ciblés sur les effets du parc éolien (notamment sur les oiseaux).

D'après les éléments fournis par Abo-wind et notre propre expérience en la matière, nous retenons plus précisément comme principaux objectifs de suivi de la mortalité du parc de Cuq-Serviès de **mesurer l'impact du parc éolien sur les oiseaux et les chauves-souris à travers l'importance de la mortalité générée par les pales en rotation (collision directe, ou barotrauma)**.

La **mortalité des chauves-souris** générée par les éoliennes dans les secteurs boisés fait en effet aujourd'hui l'objet d'une attention toute particulière, dans une perspective de développement éolien de plus en plus important dans ces milieux, et devant les retours récents de plusieurs cas de surmortalités mal expliquées par rapport aux situations des parcs éoliens en milieux plus ouverts. Dans ce type de milieu, les interrogations portent notamment sur les risques de mortalités liés aux différentes modalités de fréquentation de l'espace, notamment entre des espèces qui utilisent les structures arborées comme supports d'écholocation dans

leurs déplacements, et d'autres de plus hauts vols, qui s'en écartent plus facilement.

**En ce qui concerne les oiseaux**, le suivi vise particulièrement à vérifier que le parc éolien ne génère pas une surmortalité qui aurait été potentiellement liée à ;

- **L'influence de l'ouverture des milieux boisés** et l'attraction d'espèces de milieux ouverts potentiellement sensibles et patrimoniales (circaète, busards...)
- **L'influence de conditions climatiques défavorables**, et notamment une mauvaise visibilité en phase de migrations diurnes et nocturnes
- Le **choix d'une configuration du parc trop dense**, limitant les possibilités de franchissement inter éoliennes.



## 2 METHODOLOGIE

En comparaison des autres suivis thématiques, le suivi de la mortalité sous les éoliennes est l'option de suivi la plus consommatrice de temps pour obtenir des résultats pertinents. Elle reste pour autant un des thèmes d'étude prépondérants du suivi post-implantation, sans quoi l'interprétation des données des autres thèmes reste limitée.

Le suivi de la mortalité des chauves-souris prend de fait en compte le suivi de la mortalité des oiseaux puisque ceux-ci sont généralement plus facile à détecter (plus grosse taille) et que les méthodes de recherche restent les mêmes.

### 2.1 Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux

#### 2.1.1 Choix d'une méthode standardisée

Le choix d'une méthodologie standardisée est particulièrement important pour réaliser le suivi mortalité. Ce choix apporte le triple avantage :

- de faire l'économie de biais méthodologiques déjà expérimentés ailleurs, et d'aboutir sur des résultats pertinents et parfaitement exploitables dès le début de l'étude,
- d'éviter une modification trop importante du protocole d'une année sur l'autre pour permettre une analyse efficace de l'évolution des résultats dans le temps.
- d'être en mesure de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres suivis réalisés sous d'autres parcs éoliens et sur d'autres types de milieux (regards croisés).

La méthode standardisée développée par WINKELMAN (1989) est adaptée au suivi de la mortalité des chauves-souris et oiseaux. Cette méthode a été reprise et adaptée dans le cadre d'autres suivis (ERICKSON et al. 2002, ERICKSON 2003, KERNS et KERLINGER 2004, COSSON et DULAC 2004, ARNETT 2005, BEUCHER et KELM 2010...) et représente notre cadre de travail. A partir de cette base méthodologique, la configuration du site éolien, l'asselement et notre recul vis à vis de ce protocole nous permettent de cibler et d'ajuster plus spécifiquement le suivi du parc de Cuq-Serviès (choix des périodes de suivi, choix des cadavres test, délimitation des transects de recherche...).

Globalement, la méthode consiste en la recherche d'animaux morts (oiseaux et chauves-souris) autour des éoliennes comme première évaluation du nombre de mortalités entraînées par le fonctionnement des éoliennes. En tenant compte de plusieurs coefficients correcteurs dont principalement **l'efficacité des chercheurs** (« taux de détection ») et la **vitesse du retrait des carcasses** par les charognards (« taux de persistance »), le dénombrement des carcasses permet d'estimer un **taux de mortalité moyen** à l'échelle du parc éolien pour la période qui aura été suivie.

#### 2.1.2 Choix des périodes de suivis

Le choix des périodes de suivi doit se faire en fonction des thèmes d'étude à cibler prioritairement en fonction des résultats de l'étude d'impact, des préconisations administratives et globalement des sensibilités supposées ou mal maîtrisées initialement. D'après les éléments de cadrage présentés au niveau du chapitre précédent, la période de suivi fut retenue entre début mars et fin-octobre. Dans le contexte biogéographique vallonné du site, cette plage de suivi doit pouvoir permettre de prendre en compte :

- la majeure partie de la phase d'activité du cycle biologique des chauves-souris, qu'ils s'agissent des différents mouvements migratoires ou de transits inter-gîtes, de la phase de mise bas ou des comportements sociaux précédant les accouplements.
- La phase de reproduction des oiseaux
- et la majorité de la période d'activité migratoire des oiseaux, notamment les passages prénuptiaux, et la quasi-totalité des passages d'automne (hormis les plus tardifs).

#### 2.1.3 Pression et fréquence des visites

Da façon générale, [...] le suivi doit idéalement être basé sur un nombre représentatif de visites, et sur un intervalle de temps réduit entre chaque visite afin de limiter les biais liés à la disparition progressive des cadavres. L'intervalle de temps entre chaque visite doit idéalement être proportionnée à la vitesse de disparition des cadavres, qui doit idéalement être évalué préalablement sur chaque site car elle lui est spécifique et varie selon les saisons et le type de cadavres. Par expérience, au-delà de trois jours de délais entre l'impact et la découverte du cadavre, les résultats deviennent plus difficiles à interpréter. [...] (MEEDDM, 2010).

Dans notre cas précis, en l'absence d'état zéro de la mortalité, nous avons retenu un intervalle de une ou deux visites par semaine selon les périodes, avec un espacement de deux à sept jours entre chaque visite. Entre début mars et fin octobre (33 semaines) 53 visites de recherches de cadavres au pied des éoliennes ont ainsi été réalisées pour la campagne de suivi. Devant l'importance de cette pression de recherche, les 4 organismes ont été mobilisés à tour de rôle suivant le planning suivant (en nombre de visites par semaine).

Figure 5 : Planning de répartition des visites par organisme et par semaine (2013)

|            | Mars  | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. |
|------------|---|-------|-----|------|---------|------|-------|------|
| n° semaine | 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 |       |     |      |         |      |       |      |
| EXEN       | 1 1   |       |     |      |         |      |       |      |
| ECOTONE    |   |       |     |      |         |      |       |      |
| EKO-LOGIK  |   |       |     |      |         |      |       |      |
| LPO        |   |       |     |      |         |      |       |      |

Finalement, cette pression de suivi fut répartie dans les proportions synthétisées par le graphique suivant.

Figure 6 : Graphique de répartition du nombre de visites par organisme



#### 2.1.4 Choix des éoliennes suivies

Par expérience, devant le caractère très hétérogène d'une éolienne à l'autre sur les chauves-souris et les oiseaux, et dans le cadre d'une modification très importante des milieux entre la situation avant implantation et post-implantation, le choix de suivre toutes les éoliennes du parc avec une même pression de suivi était pertinent. C'est ce qui fut retenu, avec, nous le verrons, cependant, quelques particularités à prendre en compte selon les éoliennes et les différentes contraintes qui peuvent y être liées (présence de boisement, milieux défavorables à la recherche...).

#### 2.1.5 Organisation des parcours de prospection

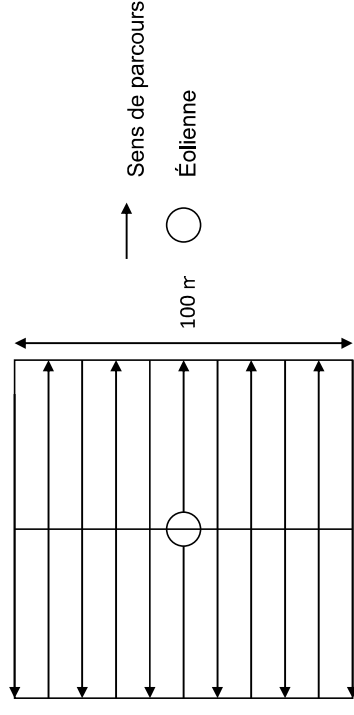
Le parcours de prospection (transect) sous chaque éolienne a été préétabli afin d'avoir une pression de prospection égale pour chaque zone de prospection (en temps et en linéaire parcouru), et pour pouvoir faire des comparaisons pertinentes au sein du parc éolien.

La surface de recherche est de forme carrée. Les études de Kerns, Erickson et Arnett (2005) montrent que près de 80 % des carcasses pouvaient être trouvées à l'intérieur de la moitié de la distance mesurée du bout de pale jusqu'au sol. De façon plus générale, les différents suivis de la mortalité montrent logiquement l'existence d'un gradient croissant de la densité des cadavres en s'approchant du mat de l'éolienne. La surface prospectée fut de 10000 m<sup>2</sup> (un hectare), représenté par un carré de 100 m de côtés autour du mat, et une distance minimum

de 50 m par rapport au mat de l'éolienne (supérieure à la projection au sol du champ de rotation des pales d'éoliennes).

La prospection s'est faite le long d'un transect de lignes virtuelles espacées de 5 à 10 m chacune selon la typologie des milieux au sein des carrés.

Figure 7 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique



En début de campagne de suivi, nous avons d'abord balisé les limites des carrés de prospection par des piquets repères et marquages de couleurs sur les structures existantes (haies, arbres, piquets de clôtures). Les angles de chaque carré ont également été préenregistrés au niveau du GPS de terrain. Sous les quelques éoliennes proches des lisières, les parties de carrés placées sous couvert de boisement ne sont pas prospectées. La surface non prospectée sera alors évaluée pour prendre en compte ce biais au niveau des calculs.

Au moment des phases de prospection, plusieurs techniques sont utilisées à tour de rôle pour permettre une recherche méthodique. Lorsque nous disposons du GPS de terrain et que les conditions de réception sont bonnes (absence de couverture nuageuse), la carte, le GPS et les repères de terrain permettent de se positionner constamment au sein du carré préenregistré et orienter les parcours en fonction. Lorsque nous ne disposons pas de GPS ou que les conditions sont défavorables, nous utilisons deux piquets métalliques que nous déplaçons régulièrement en bout de chaque ligne de parcours (d'une distance de 10m par rapport à la ligne précédente), permettant de donner l'axe à suivre pour la nouvelle ligne. Cette méthode est apparue plus efficace que le GPS de façon générale, et notamment dans les secteurs proches des zones boisées.

Figure 8 : Clichés explicatifs de l'organisation du transect par la méthode des piquets (sur un autre parc éolien)



Point de départ de la première ligne de transect

Déplacement le long de la limite du carré de prospection vers le départ de la deuxième ligne

Plantation du piquet repère de la deuxième ligne

Retour sur le point de départ de la première ligne, pour utilisation du deuxième piquet repère

### 2.1.6 Recueil des données et destination des cadavres

De façon générale, chaque visite nécessite de renseigner une fiche de terrain prévue à cet effet comprenant la date de la visite, les heures de début et de fin de recherche, les conditions climatiques, la direction du vent, l'activité des éoliennes, l'état de la végétation, les conditions de visibilité. En fin de campagne de suivi, toutes les fiches de terrain sont saisies sur tableur et rassemblées pour analyse.

Chaque fois qu'un cadavre est découvert, il est localisé par GPS. La position est reportée sur une carte IGN de terrain. La distance et l'azimut sont mesurés vis à vis du mat de l'éolienne. Le cadavre est photographié et identifié autant que possible par l'utilisation de différents critères morphologiques plus ou moins disponibles selon l'état du cadavre (forme du tragus, taille de l'avant-bras, cellules alaires, pénis...). La clef de détermination des chauves-souris de Midi Pyrénées (DEJEAN 2007) est la principale utilisée sur le terrain. Dans la mesure du possible, au-delà de l'espèce, d'autres données sont relevées concernant l'âge, le sexe, l'état de décomposition ou de prédation, l'heure de découverte, l'estimation de la date de mortalité... Il est alors généralement prélevé pour procéder aux analyses à posteriori.

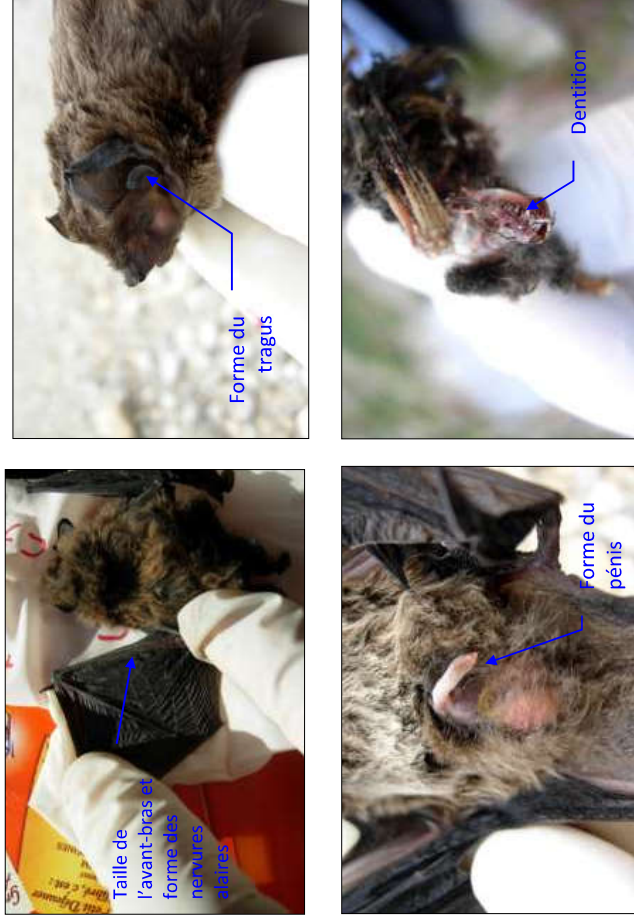
Pour éviter les risques de confusion renforcés par la collaboration entre les 4 organismes, chaque cadavre est répertorié avec un code permettant son identification à posteriori et la précision du découvreur. Une photo du cadavre est également prise à proximité du sac de congélation préalablement codifié.

Tous les cadavres prélevés sont conservés dans les différents congélateurs disponibles pour chaque organisme. En fin de campagne annuelle, l'ensemble des cadavres est rassemblé dans celui du bureau d'étude EXEN. Chacun d'entre eux à fait alors l'objet d'une deuxième analyse à l'aide de clefs de détermination plus détaillées et pour préciser certains détails pas toujours aisées à déterminer sur le terrain selon les conditions climatiques (critères d'âges, de sexe, indices de reproduction...).

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 1 de la page 40.



Figure 9 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris



## 2.2 Détermination des coefficients correcteurs

### 2.2.1 Organisation générale

Le nombre total de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes est égal au nombre de chauves-souris et d'oiseaux trouvés morts au cours de la phase de recherche, plus ceux qui ont été tués et qui n'ont pas été retrouvés (cadavres non découverts dans la végétation ou prélevés par la faune nécrophage locale). Le calcul du taux de mortalité nécessite donc la prise en compte de coefficients d'erreur déterminés au préalable et liés à :

- l'efficacité de la découverte des cadavres d'une part (« taux de détection »),
- et au temps que la faune nécrophage met à faire disparaître le cadavre d'autre part. En réalité, (« taux de persistance »).

Les suivis de mortalité réalisés montrent que ces coefficients correcteurs varient considérablement en fonction de nombreux paramètres extérieurs (nombre de charognards sur le site, proximité de villages, accoutumance des prédateurs, évolution de la couverture végétale, fréquentation touristique, période de chasse, météo, type et taille des cadavres...).

Une session de détermination de ces coefficients correcteurs a été réalisée le 18 juillet 2013.

### 2.2.2 Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »)

En pratique, un échantillon de cadavres d'oiseaux (gibier d'élevage) a été dispersé la veille d'une journée de recherche de cadavres sous les éoliennes. Ces cadavres sont de 2 tailles différentes (moyen, petit) pour permettre d'affiner l'analyse, qu'il s'agisse de l'efficacité du chercheur ou de la vitesse de disparition des cadavres en fonction de ce paramètre de taille. Pour favoriser un échantillon important de cadavres de petite taille, les têtes de perdrix sont coupées et utilisées à la place de petits oiseaux et de chauves-souris. Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

Il faut être 2 personnes pour réaliser les tests, c'est-à-dire une personne qui disperse les cadavres (« disperseur ») et une autre qui les recherche par la suite (« chercheur »). Après avoir préparé les cadavres, le disperseur va les positionner sur la zone test en les lançant (pour essayer de représenter au mieux les conditions d'une chute post-collision). Les limites de la zone test correspondent aux carrés de prospection. Les cadavres sont dispersés de manière aléatoire dans les limites du carré, y compris sur des zones de pierriers ou de buissons. Le disperseur enregistre alors sur GPS et sur carte de terrain les positions de chaque cadavre en précisant le code affecté au cadavre (« M1 », pour premier cadavre de taille moyenne, « P2 » pour deuxième cadavre de petite taille (tête de perdrix ici)...).

Figure 10 : Clichés du matériel de terrain, et de la prospection sous les éoliennes





Une fois la dispersion effectuée, la recherche destinée à identifier le taux de découverte peut commencer. Le chercheur parcourt donc la parcelle de façon méthodique, suivi par le disperseur qui consulte en même temps le GPS ou les relevés de position sur carte. Il ne donne aucune information au chercheur sur le positionnement des cadavres, mais veille à l'efficacité de la recherche en informant le chercheur sur la régularité de son parcours (parallélisme des lignes virtuelles, limites de la zone test, régularité de la vitesse de prospection...). Chaque fois que le chercheur découvre un cadavre, le disperseur enregistre cette découverte pendant que le chercheur fixe un morceau de ficelle de couleur au cadavre. En fin de session, les résultats permettent d'apprécier l'efficacité du chercheur, caractérisée par le 'taux de détection' (Nb de cadavres découverts / nb de cadavres déposés).

Figure 11 : Clichés d'un échantillon des « cadavres tests »



### 2.2.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »)

Pour apprécier la vitesse de disparition des cadavres, il suffit de revenir sur chaque parcelle après un délai variable, la parcourir de façon méthodique (comme lors du test de découverte) et de s'aider du GPS et/ou des piquets repères, de la carte de terrain et des marquages à la ficelle pour remarquer la disparition ou le déplacement des cadavres par rapport aux points préenregistrés. En effectuant ce travail à plusieurs reprises, on peut alors apprécier l'action des nécrophages par unité de temps.

### 2.2.4 Calculs

Nous verrons que 5 formules sont proposées par la littérature spécialisée pour permettre d'estimer, au regard des découvertes de cadavres et des résultats de coefficients correcteurs, la mortalité que le parc aura peu générer par éolienne et par an. Nous développerons un peu plus les particularités de chacune des formules par la suite (cf. chapitre 3.2.1 page 23). Mais devant les nombreux biais à prendre en compte dans le cadre d'un exercice d'estimation d'une mortalité annuelle, sans vouloir préjuger de la pertinence mathématique de chaque formule, et

pour faciliter des comparaisons pertinentes et objectives entre les résultats avec d'autres résultats de suivi mortalités menés sur d'autres parcs éoliens, nous présenterons les résultats obtenus avec chacune des formules. Mais nous proposerons également une moyenne entre ces formules qui sera la base de la comparaison interannuelle sur le parc de Cuq-Serviès.

## 3 BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS

### 3.1 Résultats

#### 3.1.1 Bilan des mortalités par éoliennes

**6 chauves-souris** furent retrouvées sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi du 7 mars au 17 octobre 2013. Pour 52 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 0.86 chauves-souris découvertes par mois pour l'ensemble du parc éolien.

Figure 12 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées lors de la campagne de suivi 2013 sur l'ensemble du parc éolien

| Eolienne | 2013 |
|----------|------|
| E1       | 1    |
| E2       | 0    |
| E3       | 2    |
| E4       | 1    |
| E5       | 1    |
| E6       | 1    |

On note que seule une éolienne n'a pas été à l'origine de mortalités (E2). Une seule éolienne a été à l'origine de 2 mortalités constatées (l'éolienne E3 située au centre d'une parcelle cultivé). Les quatre autres à l'origine de 1 mortalité (E1 et E4 à E6)

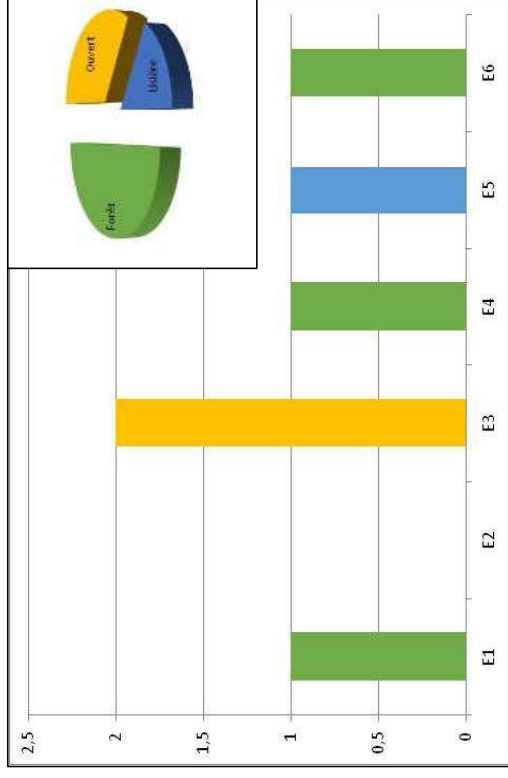
#### 3.1.2 Répartition des mortalités de chauves-souris en fonction des ouvertures de boisements

La répartition des mortalités constatées est également étudiée en fonction des 3 types de milieux différenciés autour des éoliennes.

- Le **milieu ouvert** est défini par une absence de boisement dans l'entourage proche de l'éolienne (50m) (E3).
- Le **milieu boisé** est défini par une présence de boisement tout autour de l'éolienne (à moins de 50m) (éoliennes E1, E2, E4 et E6)

- Le **milieu de lisière** est défini par une zone boisée à moins de 50m de l'éolienne mais qui n'entoure pas complètement l'éolienne. (E5).

Figure 13 : Bilan des mortalités de chauves-souris selon la typologie des structures arborées autour des éoliennes

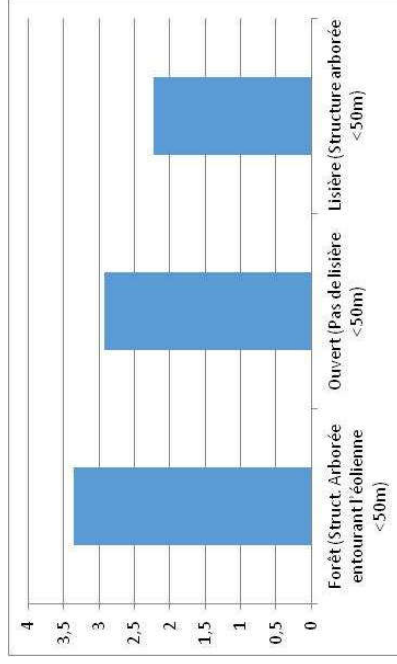


À première vue, peu de différences semblent perceptibles, les cadavres étant presque équitablement retrouvés sous des éoliennes situées en milieux ouverts, à proximité de lisières ou entourées de boisements.

Si on pondère ces résultats sous formes de moyennes, on note que :

- sur 1 éolienne en milieu ouvert, on a observé 2 mortalités, soit une moyenne de 2 mortalités par éolienne pour ce type de milieu. Et si on pondère par la surface prospectée, on a donc une moyenne de 2.9 mortalités par éolienne et par hectare prospecté.
- sur 4 éoliennes en milieu boisé, on a observé 3 mortalités, soit une moyenne de 0.75 mortalités par éolienne pour ce type de milieu. Et si on pondère par la surface prospectée, on a donc une moyenne de 3.4 mortalité par éolienne et par hectare prospecté.
- sur 1 éolienne en milieu de lisière, on a observé 1 mortalité, soit une moyenne de 1 mortalité par éolienne pour ce type de milieu. Et si on pondère par la surface prospectée, on a donc une moyenne de 2.2 mortalités par éolienne et par hectare prospecté.

Figure 14 : Graphique des moyennes de mortalités constatées selon la typologie des structures arborées autour des éoliennes (pondéré par la surface prospectée)



La mortalité constatée sous chaque typologie de structure arborée est sensiblement identique et en aucun cas significativement différente d'une typologie à une autre au vu du peu de données disponibles.

### 3.1.3 Répartition des mortalités de chauves-souris par distance de la lisière

On tente ici d'analyser la répartition de la mortalité en fonction de la distance de chaque éolienne à la structure arborée la plus proche.

Pour cela, on a estimé pour chaque éolienne la distance de la lisière la plus proche. Le graphique de la figure suivante synthétise le nombre de mortalités constatées par éolienne selon cette distance à la lisière (un point représente une éolienne).

Figure 15 : Bilan des mortalités de chauves-souris selon la distance à la lisière des éoliennes

| Eolienne | Distance lisière | 2013 |
|----------|------------------|------|
| E1       | 30               | 1    |
| E2       | 25               | 0    |
| E3       | 50               | 2    |
| E4       | 15               | 1    |
| E5       | 15               | 1    |
| E6       | 20               | 1    |

Il est difficile de conclure concernant ce tableau, la mortalité semble augmenter si la distance à l'éolienne la plus proche augmente, mais le nombre de données disponibles (6 cas de mortalité) n'est pas suffisant et cette tendance pourrait très bien être due au hasard.

### 3.1.4 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris

Le premier graphique de la Figure 18 page 17 représente la chronologie des découvertes de cadavres de chauves-souris sur l'ensemble du parc éolien au cours de la campagne de suivi.

Le délai qui s'écoule entre la mort des chiroptères et la date des découvertes des cadavres dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l'efficacité du chercheur. Comme le protocole d'étude était basé en 2013 sur une ou deux visites de terrain par semaine selon la période, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier ;

- entre 0 (cas d'une chauve-souris tombée la nuit précédant la visite) et 2 à 3 jours (dans une période à deux visites par semaine) ou 6-7 jours (dans une période à une seule visite par semaine)
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

Si on veut tenter d'analyser même grossièrement cette chronologie des mortalités avec différents facteurs d'influence, nous cherchons à estimer la date de la mortalité de chaque cadavre en fonction de son état au moment de la découverte. Quand il est trouvé, chaque cadavre fait en effet l'objet d'une description de son état de décomposition, avec estimation approximative de la date de la mort.

Plusieurs critères d'appréciation peuvent être utilisés en parallèle comme ;

- L'aspect général du cadavre (raideur cadavérique, état de déshydratation des chairs, yeux vitreux, décomposition, putréfaction des chairs,...)
- La fréquentation d'insectes nécrophages et nécrophiles. Sans aller à une datation précise, nous distinguons grossièrement sur les cadavres les phases de ;
- Colonisation par les diptères les plus précoces, et les premières pontes quelques minutes après la mort ; pupes non écloses -> la mort date de moins de 8-20h, c'est-à-dire la nuit précédant la découverte pour un suivi matinal.
- L'évolution des pontes des diptères ; présence d'asticots -> mort antérieure à 8-20h, c'est-à-dire que la mort a pu se produire deux ou trois nuits en arrière.
- Les phases plus tardives, de l'ordre du jour ou quelques jours après la mort, de colonisation des coléoptères et hyménoptères, avec notamment la présence de Silphes non fouisseurs tels que le Bouclier sinué (*Thanatophilus sinuatus*) intervenant au stade de putréfaction (digestion extra orale des cadavres).

- Ou du Nécropore chasseur (*Necrophorus investigator*) qui creuse des galeries sous les cadavres et les entere progressivement. L'état d'avancement de l'enfouissement précise aussi un délai de plusieurs heures (ou jours).
- Et l'analyse comparative que nous pouvons faire du processus de décomposition des cadavres tests dispersés sur le site et suivis au cours des deux sessions de test de la campagne de suivi.

Cette estimation reste approximative en ce qui concerne la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités. Le deuxième graphique de la page 17 synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités. La différence est peu significative sur une si large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d'éventuelles confrontations à postériori entre ces mortalités et les conditions climatiques par exemple, pour préciser notamment les conditions liées à la sensibilité des espèces.

Précisons que, comparativement à d'autres parcs éoliens suivis dans la région avec la même méthodologie, les mortalités constatées sous celui d Cuq-Serviès ont apparemment été peu concernées par les effets de cette entomofaune nécrophage. Nous verrons que la plupart a en effet logiquement été découverte sur les secteurs gravillonnés, c'est-à-dire à l'écart des milieux classiques fréquentés par cette entomofaune, et ne favorisant pas l'enfouissement.

Figure 16 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une *Pipistrelle* de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) par un couple de *Nécropore* chasseur (*Thanatophilus sinuatus*), sous un autre parc

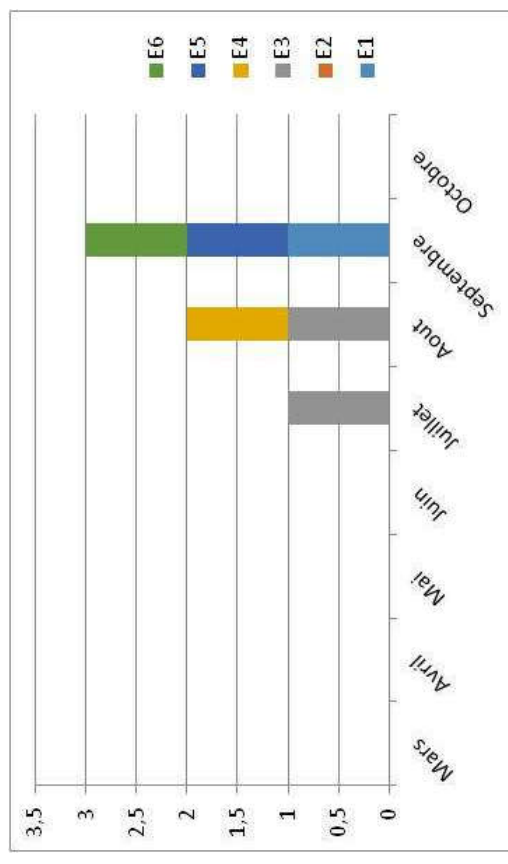


Les profils généraux des graphiques de la page suivante montrent une succession de cas de mortalités, aucun cas de début mars (début du suivi) à mi-juillet, puis 1 cas fin juillet, et par la

suite, 5 autres cas de mortalité entre mi-août et fin septembre et enfin aucun nouveau cas au mois d'octobre.

En ce qui concerne les rapports entre chronologie des mortalités et les éoliennes, nous ne relevons pas de concentration marquée des mortalités sur certaines éoliennes précises à des périodes données. Autrement dit, **les mortalités se répartissent assez uniformément dans le temps pour chaque éolienne** au cours des principales périodes de mortalités évoquées précédemment.

Figure 17 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) selon le mois de l'année







### 3.1.5 Chronologies des mortalités de chauves-souris et types de milieux

Le graphique suivant distingue la chronologie de la mortalité des chauves-souris en prenant en compte la typologie des milieux arborés autour des éoliennes. Il aboutit sur un constat d'absence de concentration particulière pour chacun des trois types de milieux.

Cependant, on peut d'ores et déjà penser que les mortalités sous les éoliennes de milieux ouverts ont eu lieu durant les mois de juillet et août alors que les éoliennes plus proches de structures arborées ont relevé des cas de mortalité de mi-août à fin septembre. Cette période peut correspondre à des comportements migratoires ou de swarming.

Figure 19 : Chronologie des mortalités selon la typologie des milieux arborés autour des éoliennes selon le mois de l'année

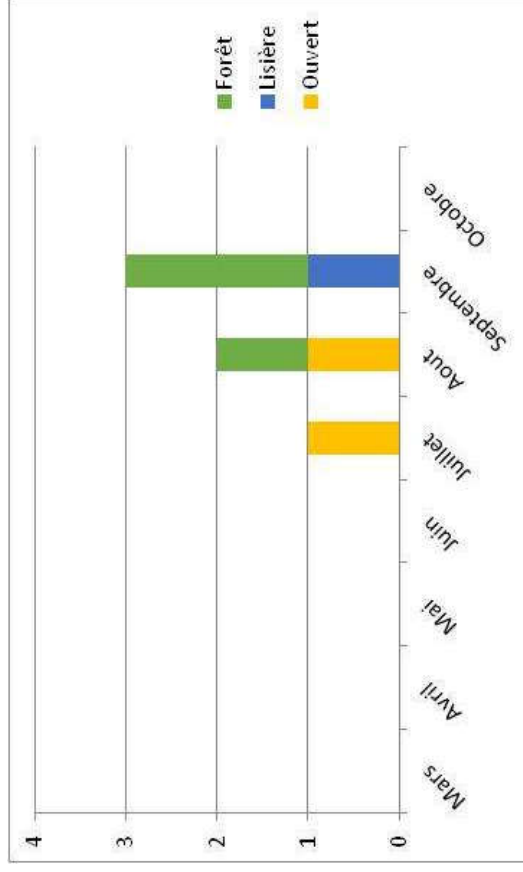
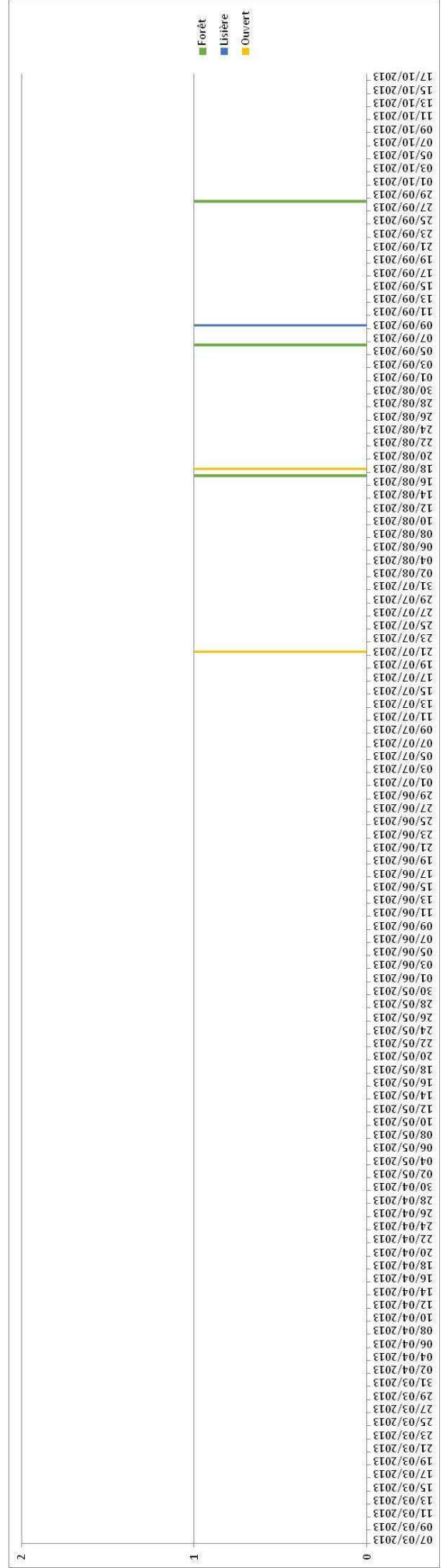


Figure 20 : Chronologie des mortalités selon la typologie des milieux arborés autour des éoliennes pour le suivi 2013



### 3.1.6 Typologie des cadavres découverts

#### ➤ Proportion des mortalités estimées par espèces

Sur les 6 cadavres de chauves-souris découverts en 2013, 2 n'ont pas pu être identifiées jusqu'au niveau de l'espèce compte tenu des niveaux de décomposition des cadavres ou des blessures trop importantes. Ces 2 cadavres semblaient néanmoins relever du genre *Pipistrellus*.

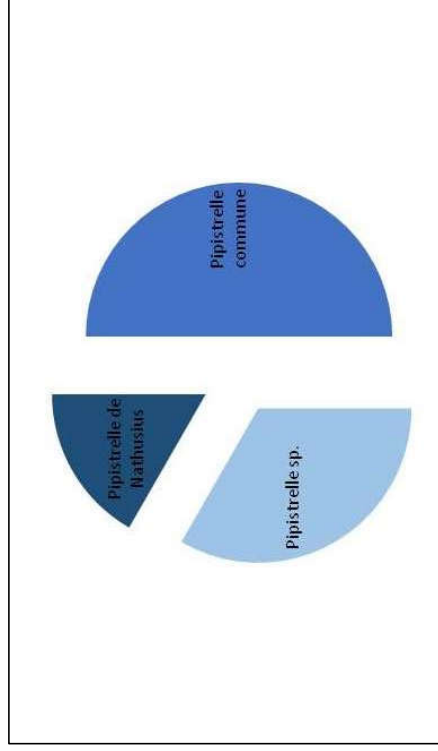
Pour les autres cadavres, la détermination peut encore présenter quelques risques d'erreur, mais les caractéristiques anatomiques typiques permettent une appréciation très probable du niveau de l'espèce. Le graphique suivant synthétise les différentes espèces touchées, les genres concernés (nuances des couleurs), et la proportion des effectifs touchés par espèces.

Le cortège est **exclusivement représenté par le genre *Pipistrellus***.

Parmi ces espèces on distingue :

- 3 *Pipistrelle* commune,
- 2 *Pipistrelle* sp.
- 1 *Pipistrelle* de *Nathusius*.

Figure 21 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèces (effectifs constatés) en 2013



#### ➤ Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne

Le tableau suivant représente les cas de mortalité par espèce relevés par éolienne sur toute la période de suivi 2013. Le graphique qui en découle est distinguées par type de vol, de manière à y rechercher l'expression de certaines explications phénoménologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse en groupe, comportements sociaux...) par éolienne.

Figure 22 : Tableau des mortalités d'espèce selon l'éolienne (effectifs constatés) en 2013

| Espèce                   | Type de vol | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 |
|--------------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|
| Pipistrelle commune      | Lisière     | 1  |    |    | 1  |    | 1  |
| Pipistrelle sp.          | Lisière     |    |    |    | 1  | 1  |    |
| Pipistrelle de Nathusius | Haut vol    |    |    |    |    |    | 1  |

Figure 23 : Graphique des mortalités selon les éoliennes (effectifs constatés) et le type de vol des espèces impactées pour le suivi 2013



On peut constater sur ces deux figures que sur les 6 individus découverts sous les éoliennes, aucune éolienne ne regroupe un nombre important d'individus d'une même espèce. Il semblerait que ces cas de mortalité ne soient pas liés à une éolienne en particulier pour une même espèce.

➤ Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations

La figure suivante représente les dates estimées de mortalités par espèces. Les analyses qui en découlent sont distinguées par espèces, de manière à y rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse en groupe, comportements sociaux...).

Concernant les espèces avec plusieurs cas de mortalités, on s'aperçoit que ces cas ne sont pas regroupés sur de courte période mais plutôt étalés le long de la période de suivi. Même si

on peut constater une mortalité regroupée globalement durant les mois d'août à mi-octobre.

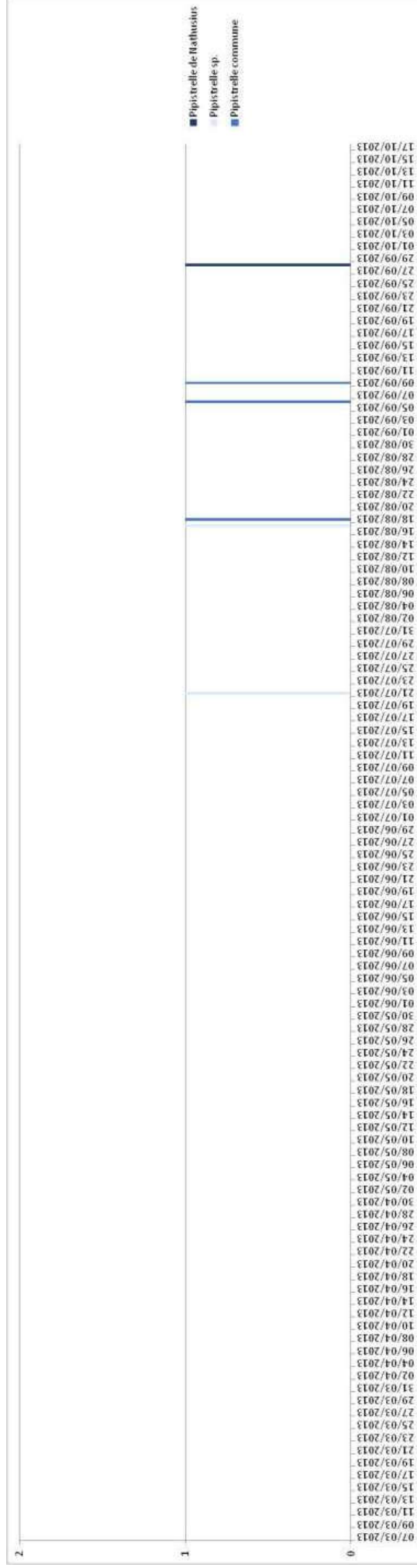
Cette période correspond soit :

- À une période de migration ou de déplacement des colonies (pipistrelles et notamment la Pipistrelle de Nathusius)
- À une période de reproduction pour la plupart des espèces.

Ces deux activités sont aussi propices à des déplacements à une altitude plus élevée que lors des déplacements habituels (chasse, transit) pour des « petites espèces » comme les pipistrelles.

Pendant, une interprétation certaine du comportement de l'individu trouvé mort reste très difficile car il existe toujours des exceptions (chasse en hauteur pour des « petites » espèces...).

Figure 24 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèces (effectifs constatés) pour le suivi 2013





➤ Pipistrelle commune

En ce qui concerne la **pipistrelle commune**, les trois cadavres identifiés précisément en 2013 sont notés entre la mi-août et la mi-septembre, période pouvant correspondre à une phase de migration des colonies des gîtes de mise-bas vers les secteurs de reproductions ou d'hivernage. Parmi ces 3 individus, on note la présence d'une femelle adulte, d'un autre individu adulte mais dont le sexage n'a pu être réalisé car le cadavre était trop abîmé et d'un troisième individu sec dont on n'a pas pu déterminer ni l'âge ni le sexe.

La Pipistrelle commune est l'espèce qui est généralement la plus contactée sur un site, elle n'est pas notée comme patrimoniale ni en régions Midi-Pyrénées ni en France.

Ces 3 cadavres ont été découverts sous les éoliennes E3, E1 et E5 respectivement le 23 août (date de mort estimée au 18 août), et le 6 et 10 septembre (date de mort estimée le 6 et le 9 septembre). Ces individus ont donc été retrouvés sous des éoliennes différentes, il ne s'agit donc pas d'une problématique localisée dans l'espace.

Concernant cette espèce la période allant de mi-août à fin septembre peut correspondre :

- soit à du transit entre les gîtes de mise bas et les zones de regroupement pour l'accouplement
- soit à une zone de regroupement pour l'accouplement
- soit au transit entre les zones de regroupement pour l'accouplement et les gîtes hivernaux.

On ne peut cependant pas exclure des individus en chasse au niveau de secteurs favorables durant cette même période.

Les cas de mortalité relevés le 18 août et le 6 septembre correspondent avec une période de plus forte chaleur qui est souvent synonyme de plus forte activité chez les chauves-souris et notamment une activité de chasse plus intense. Il pourrait donc s'agir de cas de mortalité liés à des phases de chasse et de poursuite d'insectes plus en hauteur notamment si des ascendances thermiques ont pu se former proche des éoliennes.

Le cas de mortalité découvert le 9 septembre correspond quant à lui à une période où des conditions météo étaient plus défavorables avec des averses et des températures fraîches. Les conditions n'étaient donc pas favorable à de la chasse, il pourrait donc s'agir d'un individu en transit au niveau de l'éolienne E5.

Les deux **Pipistrelle sp.** découvertes au mois de juillet (E3) et d'août (E4) n'ont pu ni être sexé ni âgé. La date estimée de mort pour ces deux individus correspond elle aussi avec des conditions météo plutôt favorable et notamment des températures élevées et des conditions orageuses pour le cas de fin juillet. Il pourrait donc s'agir, ici aussi, de cas de mortalité liés à des phases de chasse et de poursuite d'insectes plus en hauteur.

En ce qui concerne la **Pipistrelle de Nathusius**, elle a été trouvée sous l'éolienne E6 le 1 octobre (date de mort estimée le 28 septembre). La Pipistrelle de Nathusius est très peu documentée en Midi Pyrénées, seule quelques observation ou contacts sont connus. Il s'agit d'une espèce patrimoniale notée comme « quasi-menacée » sur la liste rouge en France et comme une espèce déterminante ZNIEFF en Midi Pyrénées dès qu'un gîte de plus de 10 individus est découvert en période hivernale ou de plus de 50 individus toutes périodes confondues.

Au mois de septembre, cette espèce peu fréquente en Midi Pyrénées pourrait être en migration. La Pipistrelle de Nathusius est bien connue pour effectuer de long déplacement migratoire du Nord-Est de l'Europe vers le Sud-Ouest avec plusieurs centaines de kilomètres parcourus. Ces déplacements se font essentiellement à une hauteur de vol plus élevée et qui peut correspondre avec le champ de rotation des pales d'éoliennes. Ce cas de mortalité pourrait correspondre à un individu en migration, même si on ne peut être certain de cette interprétation, c'est celle qui semble la plus probable.

➤ Type de blessures constatées

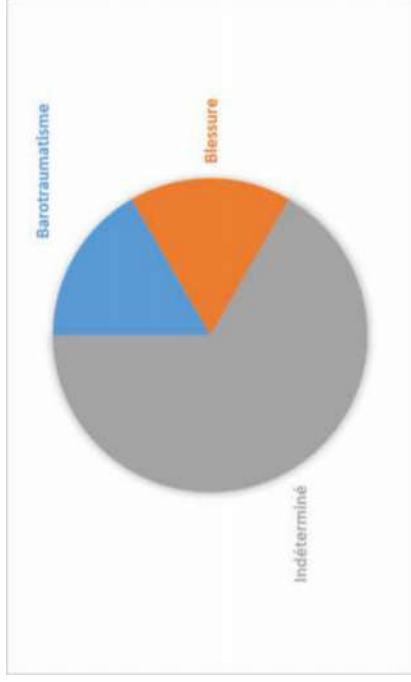
Pour apprécier si les causes de mortalités sont plutôt liées aux collisions directes avec les pales d'éoliennes ou bien aux effets barotraumatiques mis en évidence depuis 2008 sur les chauves-souris (BAERWARD, 2008), nous avons distingué 3 possibilités :

- Chauves-souris blessées (fractures ouvertes, de déchirures du patagium) ; nous considérons que la mort est due à une collision directe
- Chauves-souris sans blessures apparente, hormis éventuellement présence de sang au niveau du museau ou des oreilles ; nous considérons que la mort est due au barotraumatisme
- Chauves-souris très abîmées, prédatées, ou trop sèches : nous considérons qu'il est impossible de préciser la cause de la mort.

Au-delà de ces 3 cas, il faut aussi préciser que quelques chauves-souris peuvent aussi présenter à la fois des indices de collision et de barotraumatisme (fractures + sang au niveau du museau).

Sur l'échantillon de 6 mortalités constatées, aucun cas d'un barotraumatisme n'a été avéré (absence de blessure, et du sang au niveau du museau). Mais 2 cas de mortalité correspondent certainement à du barotraumatisme car aucune blessure n'a été détectée extérieurement.

Figure 25 : Répartition des types de blessures constatées sur les cadavres

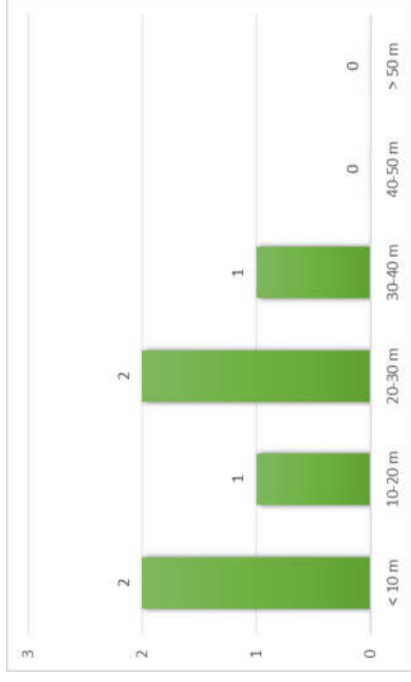


### 3. 1. 7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

L'expérience montre que la précision de la distance de dispersion des cadavres vis-à-vis des mâts des éoliennes peut permettre de préciser la nature des causes de mortalité. Sous le parc éolien de Castelneau Pégayrols ce paramètre était apparu caractéristique des mortalités occasionnées dans la partie basse du champ de rotation des pales, mortalités alors dues en partie à l'allumage automatique de lumières au passage des chauves-souris (BEUCHER et KELM 2010).

Lors du suivi du parc éolien de Cuq-Serviès (2013), nous avons découvert (sur un total de 6 cadavres), 2 cas de collisions à moins de 10m du mât, 1 cadavre tombés entre 10 et 20m du mat, 2 entre 20 et 30m et 1 entre 30 et 40 m (aucun à plus de 40m).

Figure 26 : Histogramme de la répartition des cadavres autour des mâts d'éoliennes



On constate logiquement que la proportion de chauves-souris trouvées semble diminuer avec la distance à l'éolienne. Il semble ici que le milieu, et donc le recouvrement de végétation soit en grande partie le facteur qui puisse expliquer ce phénomène. Plus on s'éloigne de l'éolienne et plus la végétation devient haute et difficile à prospector (voire non prospectée). Les zones gravillonnées (où la recherche de cadavres est aisée) sont principalement localisées dans l'entourage proche du mât des éoliennes.

Lors de tests de dispersion depuis la nacelle des éoliennes (centre du champ de rotation de pales), il a été prouvé qu'avec une vitesse de vent de 5 m/s, les chauves-souris légères (types pipistrelles) pouvaient être projetées à une distance moyenne de 42.5 m alors que leurs consœurs plus lourdes (types noctules) étaient emportées à une distance moyenne de 26.3 m (NIERMANN et al. 2009).

Dans notre cas précis, la distance moyenne de dispersion pour les 6 cadavres est de 18,3 m.

Les cadavres découverts sous le parc de Cuq-Serviès sont moins dispersés que les moyennes évoquées par NIERMANN. On peut alors éventuellement supposer que les mortalités aient été occasionnées, soit à des hauteurs de vols correspondant à la partie basse du champ de rotation des pales d'éoliennes, soit par vent faible. Les deux hypothèses sont possibles.

## 3.2 Taux de mortalité des chauves-souris

### 3.2.1 Les formules utilisées

#### ➤ Winkelmann (LPO 2005)

Cette équation est celle conseillée par le protocole LPO (ANDRE, 2005) et c'est la formule la plus simpliste des quatre que nous ayons utilisées :

$$N = \frac{C}{p \times d}$$

Avec N : Le nombre de cadavre estimés total sur la période et les éoliennes considérées.

C : Le nombre de cadavres comptés.

p : Le taux de persistance durant l'intervalle, équivalent à la proportion de cadavres qui restent sur le terrain après x jours (x étant le nombre de jours séparant 2 visites, par exemple si on effectue 2 visites par semaine, x = 3,5).

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection.

L'inconvénient de cette formule, et pas des moindres, est l'impossibilité d'effectuer le calcul si le taux de persistance est égal à 0 (si tous les cadavres disparaissent entre 2 visites). Ce cas peut être assez courant sur des sites où la prédation est très marquée notamment à proximité de fermes où des chiens errants peuvent être présents. L'expérience montre également que cette formule surestime la réalité.

#### ➤ Erickson (2000)

Cette équation ressemble à celle de Winkelmann, mais permet de faire le calcul même lorsque le taux de prédation est très élevé (donc le taux de persistance nul). Pour cela, deux paramètres sont ajoutés, I (Fréquence de passage) et tm (durée de persistance en jours)

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d}$$

Avec N : Le nombre de cadavre estimés total sur la période et les éoliennes considérées.

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)

C : Le nombre de cadavres comptés.

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).  
d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection.

Une équation adaptée de cette dernière est aussi utilisée (Aves & Groupe chiroptère Provence 2010) :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d}$$

Avec N : Le nombre de cadavre estimés total sur la période et les éoliennes considérées.

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)

C : Le nombre de cadavres comptés.

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection.

p : Le taux de persistance durant l'intervalle, équivalent à la proportion de cadavres qui restent sur le terrain après x jours (x étant le nombre de jours séparant 2 visites, par exemple si on effectue 2 visites par semaine, x = 3,5).

#### ➤ Jones (2009)

Cette méthode repose sur plusieurs hypothèses, le taux de mortalité est constant sur l'intervalle. La durée de persistance suit une variable exponentielle négative et la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. Le taux de persistance est alors remplacé par la formule suivante :

$$p = e^{-0.5 \times I / tm}$$

La notion d'intervalle effectif est aussi ajoutée par Jones et al. (2009). Plus l'intervalle I est long et plus le taux de persistance tend vers 0. Un cadavre découvert au bout d'un I très long n'est certainement pas mort au début de cet intervalle. Il est plus vraisemblablement mort dans « l'intervalle effectif » qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%.

L'intervalle effectif I est donc égal à :  $-\log(0.01) \times tm$

D'où :

$$N = \frac{C}{a \times d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I / tm)}}$$

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et I.



Avec N : Le nombre de cadavre estimés total sur la période et les éoliennes considérées.

C : Le nombre de cadavres comptés.

a : Coefficient de correction surfacique

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection.

$\hat{I}$  : Intervalle effectif

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à :  $\frac{\text{Min}(I, \hat{I})}{I}$

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

### ➤ Huso (2010)

Comme Jones, Huso considère une mortalité constante sur l'intervalle et que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle, n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Le coefficient proposé est plus élevé :  $p = \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}$

D'où :

$$N = \frac{C}{a \times d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I} \times \hat{e}}$$

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et  $\hat{I}$ .

Avec N : Le nombre total de cadavres estimé sur la période et les éoliennes considérées.

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts.

a : Coefficient de correction surfacique

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection.

$\hat{I}$  : Intervalle effectif

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à :  $\frac{\text{Min}(I, \hat{I})}{I}$

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours)

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

### 3.2.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

#### ➤ Taux de détection

Figure 27 : Tableau des résultats du test de découverte du 18 juillet 2013 et calcul du coefficient de détection d

| Taux de détection CS |          |            |              |                  |                   |
|----------------------|----------|------------|--------------|------------------|-------------------|
| Type végétation      | Eolienne | Date test  | Nb CS déposé | Nb CS découverte | Taux de détection |
| Total                | E1       | 18/07/2013 | 11           | 5                | 0,45              |
| Type 1               | E1       | 18/07/2013 | 1            | 1                | 1,00              |
| Type 2               | E1       | 18/07/2013 | 4            | 3                | 0,75              |
| Type 3               | E1       | 18/07/2013 | 6            | 1                | 0,17              |

Le taux de détection correspond à la proportion de cadavre découvert par l'observateur :

$$d = \frac{\text{Nombre de cadavres découverts}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

Le taux de détection étant logiquement lié à la hauteur de végétation, nous avons séparé les calculs en fonction de cette hauteur de végétation. 3 types de recouvrement du sol ont été créés :

- Type 1 : Gravier et chemin d'accès (pas ou très peu de végétation)
- Type 2 : Végétation d'une hauteur inférieure à 30cm et peu dense
- Type 3 : Végétation d'une hauteur supérieure à 30cm et dense.

Rappelons qu'au niveau de ces calculs relatifs aux chauves-souris, ne sont utilisés que les résultats obtenus à partir des cadavres test de petite taille. Ceux obtenus à partir des cadavres de plus grande taille seront utilisés pour les calculs relatifs à la mortalité des oiseaux (cf. chapitre 4 page 32).

Les zones boisées ainsi que des zones colonisées par des genêts assez denses n'ont pas été prospectées car elles ne peuvent être prospectées de façon rigoureuse (cadavres dans les branchages, au sol...).

On note logiquement que le taux de détection semble diminuer avec la hauteur de végétation.

➤ **Taux de persistance**

Figure 28 : Tableau des résultats du test de persistance du 18 juillet 2013 ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance.

| Type végétation | Taux de persistance CS |            |        |    |    |    |      |      |
|-----------------|------------------------|------------|--------|----|----|----|------|------|
|                 | Eolienne               | Date test  | Départ | 1j | 2j | 4j | 1m4j | p4j  |
| Total           | E1                     | 18/07/2013 | 8      | 6  | 4  | 2  | 1,75 | 0,25 |
| Type 1          | E1                     | 18/07/2013 | 1      | 1  | 0  | 0  | 1,00 | 0,00 |
| Type 2          | E1                     | 18/07/2013 | 4      | 2  | 2  | 1  | 1,50 | 0,25 |
| Type 3          | E1                     | 18/07/2013 | 3      | 3  | 2  | 1  | 2,33 | 0,33 |

Le taux de persistance correspond à la proportion de cadavre restant au pied des éoliennes après x jours (x étant la durée séparant 2 visites, dans notre cas précis, x = 3,5 ou 7 jours):

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après } x \text{ jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}}$$

La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

$$tm = \frac{\text{Nb cadavre ayant persisté 1 jour} + \text{Nb cadavre ayant persisté } x \text{ jours } \times \dots}{\text{Nb cadavres présent départ}}$$

De plus, une dissociation des types de recouvrement a été effectuée comme pour le taux de détection.

➤ **Coefficient de correction surfacique**

Le coefficient surfacique sert à corriger le fait que certaines zones autour des éoliennes (notamment les forêts) ne soient pas prospectées. Ce coefficient est égale à :

$$a = 1 + \left(1 - \frac{\text{Surface réellement prospectée}}{\text{Surface à prospectée (théorique)}}\right)$$

Dans notre cas précis, sur les 6 éoliennes suivies, le suivi devrait permettre de couvrir une surface de 1ha par éolienne. Cependant, 5 d'entre elles sont situées en lisière de forêt et la forêt ne peut être prospectée. De ce fait, on a calculé la surface qui a réellement été prospectée par SIG. La surface prospectée est ainsi égale à 1.69 ha ou 2.65 ha (selon la période, culture de blé non prospectée) sur les 6ha théoriques.

Figure 29 : Tableau des surfaces prospectées par éoliennes et totale

|                        | E1   | E2  | E3   | E4   | E5   | E6   | Total |
|------------------------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| Surface prospecté (ha) | 0,17 | 0,3 | 1    | 0,25 | 0,45 | 0,28 | 2,45  |
|                        | 0,17 | 0,3 | 0,24 | 0,25 | 0,45 | 0,28 | 1,69  |

Le coefficient de correction surfacique est donc égal à :

$$- 1 + (1 - 2.45 / 6) = 1.59$$

$$- 1 + (1 - 1.69 / 6) = 1.72$$





➤ Les 2 méthodes de calcul

Nous avons utilisé deux méthodes pour effectuer l'estimation du taux de mortalité en 2013 :

- Dans un premier temps les calculs ont été effectués avec des valeurs moyennes pour tous les taux calculés précédemment. C'est-à-dire que nous n'avons pas pris en considération l'évolution du type de végétation lors de la période de suivi.
- Dans un deuxième temps, afin de prendre en compte cette hétérogénéité de végétation au cours de la période et selon les éoliennes, nous avons recalculé les taux de détection, de persistance ainsi que la durée moyenne de persistance afin de se rapprocher au maximum de la réalité du terrain. Pour cela, nous avons calculé en moyenne, pour chaque période, la proportion de chaque type de végétation. Ces valeurs nous ont alors servi à pondérer les différents taux en fonction de ce type de végétation. Ainsi, par exemple, pour la période du 23 mai au 10 juin, nous avons en moyenne 40% de gravier, 47 % de type 2 (Végétation <30cm), et 13% de type 3 (andains et végétation haute). Pour le calcul du taux de détection, on prend donc 40% du taux de détection sur le type 1, 47% sur le type 2 et 13% sur le type 3. On a donc un taux de détection unique, mais qui a été pondéré selon le niveau moyen de végétation prospectée au cours de la période.

### 3.2.3 Calcul de mortalité avec la première méthode

Vu que l'on ne tient pas compte des types de végétation, le calcul est effectué sans séparer la période de suivi en plusieurs périodes. Ci-dessous la valeur des paramètres nécessaire aux différentes équations.

Figure 31 : Paramètres pour le calcul des équations selon la première méthode de calcul

| Paramètres | Valeurs    | Explications  |
|------------|------------|---|
| C          | 6,00       | Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies  |
| d          | 0,77       | Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu  |
| p          | 0,17       | Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu  |
| tm         | 1,42       | Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu |
| l          | 5          | Pas de temps du suivi   |
| î          | 2,85       | $\hat{t} = -\log(0.01) * tm$  |
| ê          | 0,56929487 | $\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{t}) / l$   |
| a          | 1,64       | Coefficient de correction surfacique  |

#### Winkelmann :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a = \frac{6}{0.17 \times 0.77} \times 1.64 = \mathbf{76,39}$$

#### Erickson réelle:

$$N = \frac{l \times C}{tm \times d} \times a = \frac{5 \times 6}{1.42 \times 0.77} \times 1.64 = \mathbf{45,16}$$

#### Erickson adaptée:

$$N = \frac{l \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{5 \times (6 - 6 \times 0.17)}{1.42 \times 0.77} \times 1.64 = \mathbf{45,09}$$

#### Jones :

$$N = \frac{C}{a \times d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times \hat{t} / tm)}} = \frac{6}{1.64 \times 0.77 \times 0.57 \times e^{(-0.5 \times 5 / 1.42)}} = \mathbf{22,74}$$

#### Huso :

$$N = \frac{C}{a \times d \times \frac{tm \times (1 - e^{-l / tm})}{l} \times \hat{e}} = \frac{6}{1.64 \times 0.77 \times \frac{1.42 \times (1 - e^{-5 / 1.42})}{5}} = \mathbf{19,35}$$

Tous ces résultats correspondent au nombre de chauves-souris estimées mortes sur la période allant du 7 mars au 17 octobre et pour les 6 éoliennes du parc suivies (donc pour le parc entier et pour une année d'activité des chauves-souris : 7 mois)

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- on divise ces résultats par 6 → on aura une **mortalité par éolienne pour l'année**
- puis on divise par 7 (7 mois) → on aura **une mortalité par éolienne et par mois**

Figure 32 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2013 (première méthode de calculs)

|   | Winkelmann | Erickson |        | Jones | Huso  | Moyenne |
|---|------------|----------|--------|-------|-------|---------|
|   |            | adaptée  | réelle |       |       |         |
| Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi | 76,39      | 45,09    | 45,16  | 22,74 | 19,35 | 41,75   |
| Mortalité par éolienne pour la période de suivi               | 12,73      | 7,51     | 7,53   | 3,79  | 3,23  | 6,96    |
| Mortalité par éolienne et par mois                            | 1,82       | 1,07     | 1,08   | 0,54  | 0,46  | 0,99    |

### 3.2.4 Calcul de mortalité avec la seconde méthode

Ici on tient compte de l'évolution des types de végétation. Donc on divise la période de suivi en trois périodes. Ci-dessous les valeurs des paramètres nécessaires aux différentes équations selon la période.

Figure 33 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

| Paramètres | Période       | Valeurs | Explications   |
|------------|---------------|---------|--|
| C          | Période 1     | 1,00    | Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies                                 |
|            | Période 2     | 5,00    |  |
| d          | Période 1     | 0,77    | Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période   |
|            | Période 2     | 0,76    |  |
| p          | Période 1     | 0,16    | Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période |
|            | Période 2     | 0,17    |  |
| tm         | Période 1     | 1,41    | Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le |
|            | Période 2     | 1,43    |  |
| l          | Toute période | 3,5     | Pas de temps du suivi  |
| $\hat{t}$  | Période 1     | 2,82    | $\hat{t} = -\log(0.01) * tm$   |
|            | Période 2     | 2,87    |  |
| ê          | Période 1     | 0,80    | $\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{t}) / l$  |
|            | Période 2     | 0,82    |  |
| a          | Période 1     | 1,72    | Coefficient de correction surfacique selon la période                                    |
|            | Période 2     | 1,59    |  |

Pour chaque formule, on effectue le calcul pour chacune des périodes et ensuite on fait la somme de ces deux résultats pour obtenir la mortalité estimée sur la totalité de la période de suivi et pour les 6 éoliennes suivies.

Les résultats pour cette seconde méthode de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Figure 34 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2013 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul

|   | Winkelmann | Erickson |        | Jones | Huso  | Moyenne |
|---|------------|----------|--------|-------|-------|---------|
|   |            | adaptée  | réelle |       |       |         |
| Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi | 74,08      | 30,98    | 31,03  | 16,23 | 13,81 | 33,22   |
| Mortalité par éolienne pour la période de suivi               | 12,35      | 5,16     | 5,17   | 2,70  | 2,30  | 5,54    |
| Mortalité par éolienne et par mois                            | 1,76       | 0,74     | 0,74   | 0,39  | 0,33  | 0,79    |

### 3.2.5 Analyses

La comparaison des résultats des deux méthodes de calculs montre finalement assez peu de différences. Compte tenu des nombreuses marges d'erreur qui s'ajoutent progressivement les unes aux autres dans les différentes étapes d'estimation d'un taux de mortalité, retenons globalement que **le parc de Cuq-Serviès aurait théoriquement généré en 2013 une trentaine de mortalités de chauves-souris sur l'ensemble de la période d'activité**, correspondant à une **fourchette estimée à environ 5.5 à 6.9 mortalités de chauves-souris par éolienne et par an** (entre 2.3 et 12.73 pour les valeurs extrêmes).

Le coefficient surfacique prenant en compte le biais de la non prospection des boisements est de nature linéaire. Or nous avons vu que la répartition des cadavres est plutôt décroissante plus on s'éloigne du mat. De ce fait, il est possible que l'estimation de la mortalité soit surestimée.

D'après les données disponibles actuellement en France (Figure 35 mais aussi à l'étranger, en Europe, Figure 36), cette estimation de la mortalité témoignerait du cas d'un parc éolien plutôt moyennement meurtrier vis-à-vis des chauves-souris. La fourchette de taux de mortalité correspondrait effectivement à des résultats obtenus assez classiquement sous des parcs implantés dans des milieux peut être plus « classiques » que le contexte forestier de Cuq-Serviès (cultures, bocages...). Même si cette analyse comparative reste délicate et soumise à de nombreux facteurs locaux (contraintes techniques de recherche, pression de suivi, tests de prédation et de découverte, équations utilisées...), cette estimation révèle en tout cas pour le parc de Cuq-Serviès l'absence d'un niveau de mortalité jugé hors normes comme cela a pu être récemment observé sur d'autres parcs éoliens Français situés dans des contextes biogéographiques particuliers.



Il s'agit des parcs de Bouin en littoral atlantique (DULAC 2006), Castelnaud Pégayrols en contexte forestier et ligne de crête (BEUCHER & KELM 2009-2011), Mas de Leuze en plaine camarguaise de la Crau (GCP 2010), de La Répara - Auriples en forêt ou de Le Pouzin en bordure de canal (CORNUT et VINCENT 2010). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité dépassent les 20 chauves-souris/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

Il faut garder à l'esprit que les formules utilisées sont tributaires des tests effectués sur le site. Et les résultats de ces tests dépendent aussi beaucoup des modalités de dispersion des cadavres tests, les rendant plus ou moins faciles à détecter par le chercheur selon les types de végétation (la dispersion est réalisée afin de se rapprocher le plus possible de ce qui pourrait se passer en réalité).

Figure 35 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en France (Source ALEPE et EXEN)

| Site                             | Période de l'année | Nombre de victimes / éolienne / an | Référence             |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Lou Paou (France - 48)           | 26/07 - 22/09/2010 | 0                                  | ALEPE 2010            |
| Castelnaud Pégayrols (France 12) | 2011               | 0,95 - 0,99                        | Beucher et al. 2011   |
| Castelnaud Pégayrols (France 12) | 2010               | 1,3 - 2                            | Beucher et al. 2010   |
| Haut Cabardès (France 11)        | 2012               | 1,6 - 1,9                          | Beucher et al. 2012   |
| Lou Paou (France - 48)           | 24/4 - 20/10/2008  | 5,9 - 6,4                          | ALEPE 2009            |
| Bouin (France - 85)              | 2006               | 6,0 - 9,3                          | Dulac 2008            |
| Lou Paou (France - 48)           | 25/08 - 07/10/2009 | 14,1                               | ALEPE 2009            |
| Bouin (France - 85)              | 2007               | 20,3 - 21,6                        | Dulac 2008            |
| Bouin (France - 85)              | 2005               | 21,5 - 26,7                        | Dulac 2008            |
| Castelnaud Pégayrols (France 12) | 2009               | 26,8 - 31,1                        | Beucher et al. 2009   |
| Le Pouzin (France - 07)          | 05/05 - 20/10/2010 | 44 - 76                            | Cornut & Vincent 2010 |
| Mas de Leuze (France - 13)       | 17/3 - 27/11/2009  | 79,3                               | Aves et GCP 2010      |
| La Répara-Auriples (France - 26) | 05/05 - 20/10/2010 | 79 - 87                            | Cornut & Vincent 2010 |

Figure 36 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)

| Site  | Periode de l'année                     | Nombre de victimes / éolienne / an (*ou pour la période d'étude) | Référence   |
|---|--|--|---|
| <b>EUROPE</b>                               |  |  |   |
| Portugal (12 sites)                         | 2005 à 2010                            | 0  | Plusieurs auteurs   |
| Caravelas (Portugal)                        | 2006                                   | 0,22   | Stix, 2008 in Dubourg-Savage et al., 2011                             |
| Pinhal Interior - Fumas (Portugal)          | 2006, 2007                             | 0,8  | Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011             |
| Pinhal Interior - Seladofinho (Portugal)    | 2006                                   | 0,8  | Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011             |
| Pinhal Interior - Proença I e II (Portugal) | 2006                                   | 1,8  | Lopes et al., 2008, Alves et al., 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011 |
| Grèce (Soros)                               | 2010                                   | 2,2  | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| Mosqueiros I (Portugal)                     | 2008                                   | 3,6  | Barreiro et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011                  |
| Gardunha                                    | 2007                                   | 4,2  | Alves et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011                     |
| Stenberg (Autriche)                         | 09/2003 – 09/2004                      | 5,3  | Traxler et al. 2004 in Brinkmann et al. 2006                          |
| Grèce (Dylimos Lofos)                       | 2010                                   | 5,5  | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| Grèce (Monastiri)                           | 2010                                   | 6,5  | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| Candal Coelheira (Portugal)                 | 2006, 2007                             | 7,8  | Alves et al., 2007, Amorim 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011        |
| Prellenkirchten (Autriche)                  | 09/2003 – 09/2004                      | 8,00   | Traxler et al. 2004 in Brinkmann et al. 2006                          |
| Cantons de Berne et de Lucerne (Suisse)     | 06 – 10/2007                           | 8,2  | Leuzinger, 2008   |
| Grèce (Mati)                                | 2010                                   | 10,8   | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| District de Fribourg (Allemagne)            | Début 04 – mi-05 et mi-07 – mi-10/2005 | 11,8*  | Brinkmann et al. 2006   |
| S. Pedro (Portugal)                         | 2006                                   | 12   | Alves et al., 2007 in Dubourg-Savage et al., 2011                     |
| Grèce (Sapka)                               | 2010                                   | 13,2   | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| Navarre (Espagne)                           | 03/2000 – 03/2001                      | 13,3   | Lekuona, 2001   |
| Grèce (Kerberos)                            | 2010                                   | 13,9   | Geogiaklis P., Fapabatou E. et WWF Hellas 2010                        |
| Caramulo (Portugal)                         | 2006, 2007                             | 14,2   | Hortencio et al., 2007, Silva et al., 2008                            |
| District de Fribourg (Allemagne)            | fin 07 – fin 10/2004                   | 20,9   | Brinkmann et al. 2006   |
| Outeiro (Portugal)                          | 2006, 2008                             | 26,3   | In Dubourg-Savage et al., 2011  |

## 4 BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX

### 4.1.1 Bilan des mortalités par éoliennes

4 oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi du 7 mars au 17 octobre 2013. Pour 52 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 0.57 oiseau découvert par mois. On notera que 3 plumées ont aussi été découvertes sous ces éoliennes.

Figure 37 : Bilan des mortalités d'oiseaux constatées sur 7 mois de suivi en 2013

| Eolienne | 2013  |
|----------|-------|
| E1       | 0     |
| E2       | 1     |
| E3       | 1     |
| E4       | 0     |
| E5       | 2 (3) |
| E6       | 0     |

Les 4 cadavres furent assez dispersés sur le parc éolien :

- 1 oiseau retrouvé sous une éolienne de milieu ouvert,
- 1 oiseau retrouvé sous une des 4 éoliennes situées en forêt,
- 2 oiseaux retrouvés sous une éolienne située à proximité d'une lisière.

Les 3 restes de plumées ont également été trouvés sous une éolienne de lisière (E5). Ils ne sont pas pris en compte dans le calcul de mortalité car le corps a disparu et on considérera donc qu'ils ont été prédatés. On notera aussi qu'il s'agit d'individus dont la mortalité estimée remonterait à l'année 2012.

### 4.1.2 Espèces, chronologies et caractéristiques des mortalités

Trois (ou 4 avec la plumée de 2013) espèces différentes ont été impactées, 2 espèces de passereaux, 1 petit rapace (et 1 grand rapace). Comme précédemment pour les chauves-souris, les graphiques de la page 33 représentent la chronologie des dates de mortalités constatées et corrigées en fonction de l'état de décomposition des individus.

- 2 **Martinets noirs** (*Apus apus*) ont été découverts le même jour, le 4 juin 2013 sous deux éoliennes, E2 et E5. La mortalité de l'individu retrouvé sous E2 est plus ancienne

que celle de l'individu découvert sous E5, elle est estimée au 30 mai alors que la seconde mortalité est estimée au 2 juin. Cette espèce est connue comme nicheuse en Midi Pyrénées mais aussi comme migratrice. Elle fait partie des espèces sensibles à l'éolien, on relève 181 cas de mortalité en Europe concernant cette espèce (DURR, 2013). De plus cette espèce n'est pas une espèce patrimoniale. A cette période de l'année, le Martinet noir peut soit être en migration, même si le gros des passages a déjà eu lieu soit être nicheur à proximité du site. Le Martinet noir utilise les ascendances thermiques pour évoluer en plein ciel et tourner tout en chassant de petits insectes. Qu'il s'agisse de vols migratoires ou de vols de chasse, cette espèce évolue à des hauteurs de vols pouvant correspondre avec le champ de rotation des pales d'éoliennes. Précisons que pour l'individu retrouvé sous E5, un impact derrière la tête est observé laissant penser à un choc avec une pale d'éolienne.

- 1 **Faucon hobereau** (*Falco subbuteo*) fut découvert sous l'éolienne E5 le 13 septembre 2013 pour une date de mortalité estimée au 10 septembre 2013. Le Faucon hobereau n'est pas noté comme étant une espèce patrimoniale, ni au niveau national ni au niveau régional. A cette période de l'année, cette espèce effectue sa migration dont le plus gros des passages correspond bien avec la date de mortalité. L'individu retrouvé sous l'éolienne E5 devait donc être un individu migrateur.
- 1 **Martinet à ventre blanc** (*Apus melba*) a été découvert sous l'éolienne 3 le 8 octobre pour une date de mort estimée au 7 octobre 2013. Le Martinet à ventre blanc est une espèce patrimoniale en Midi-Pyrénées puisqu'il figure comme espèce déterminante des ZNIEFF, il ne présente en revanche aucun statut de conservation défavorable au niveau national ou international. A cette période de l'année, même si cette espèce est nicheuse en Midi-Pyrénées, le Martinet à ventre blanc effectue sa migration post-nuptiale vers ses quartiers d'hiver. Son comportement de vol étant similaire au martin noir, cette espèce est aussi sensible au risque de collision lors de vols migratoires mais aussi lors de sa chasse. Comme pour un des individus de Martinet noir, un impact derrière la tête est relevé sur le cadavre découvert et on notera que ce cadavre était un jeune individu.
- En ce qui concerne les 3 plumées découvertes lors du suivi 2013, on notera la présence d'une **Bondrée apivore**, espèce présente au niveau de l'annexe 1 de la Directive oiseau mais dont les statuts de conservation ne sont pas défavorables, d'un **syviidés sp.** et d'un autre **grand rapace** non identifié précisément. On supposera que les cas de mortalité de la Bondrée apivore ainsi que celui du syviidés sp. ont eu lieu en 2012 et certainement durant la phase de migration pour la Bondrée apivore. En ce qui concerne le Grand rapace, il nous est difficile d'interpréter les modalités de collision ainsi que son statut au moment de la collision sans connaître précisément l'espèce concernée.



Figure 38 : Chronologie des mortalités d'oiseaux (constatées) pour le suivi 2013

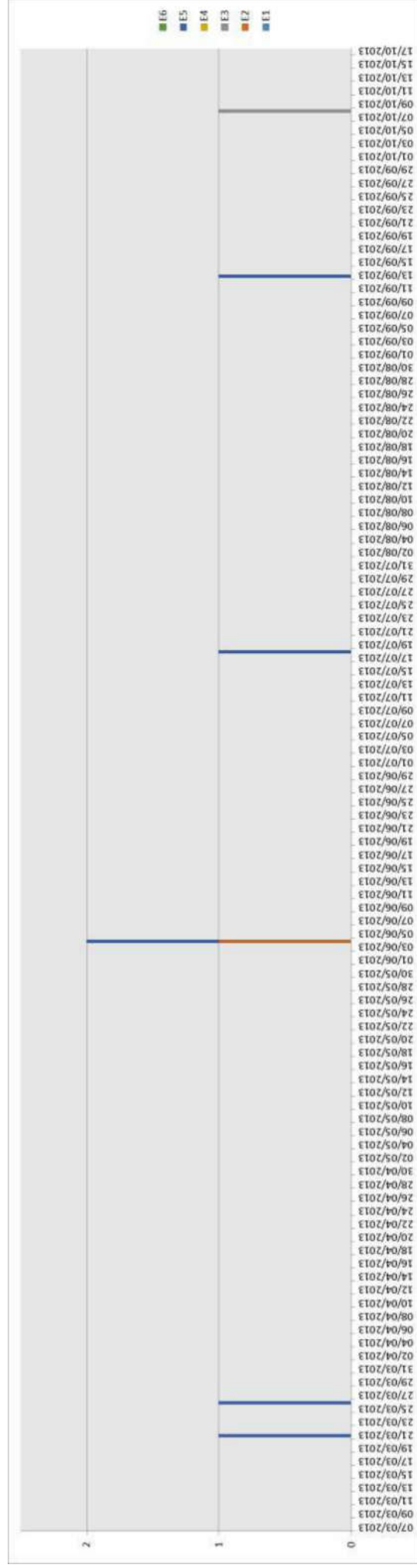
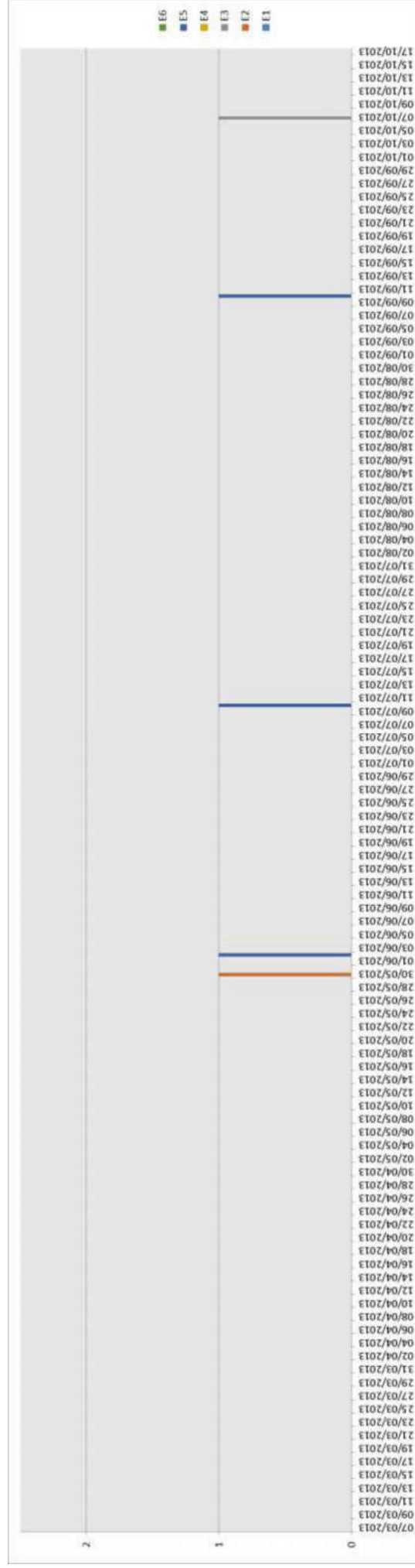


Figure 39 : Chronologie des mortalités d'oiseaux (dates estimées) pour le suivi 2013 (à noter 2 plumées dont la mort est estimée en 2012 ne sont représentées)



### 4.1.3 Taux de mortalité des oiseaux

Le calcul du taux de mortalité chez les oiseaux s'effectue de la même manière que pour les chiroptères, avec les mêmes équations et également avec les 2 méthodes; la première ne prend pas en compte l'influence de la typologie du couvert végétal autour des éoliennes et la seconde prend en compte cette hétérogénéité de milieu.

Le calcul des différents taux est basé sur la dispersion de cadavres test de tailles plus élevées que ceux utilisés pour les chiroptères. On prend ainsi en compte la différence de taille et donc de détection que ce soit par le chercheur ou par les prédateurs.

#### ➤ Calcul de mortalité avec la première méthode

Vu que l'on ne tient pas compte de la typologie du couvert végétal, le calcul est effectué sans séparer la période de suivi en deux périodes. Ci-dessous la valeur des paramètres nécessaire aux différentes équations.

Figure 40 : Paramètres pour le calcul des équations selon la première méthode de calcul

| Paramètres | Valeurs | Explications  |
|------------|---------|---|
| C          | 4,00    | Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies  |
| d          | 0,74    | Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu  |
| p          | 0,20    | Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu  |
| tm         | 1,50    | Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu |
| l          | 5,00    | Pas de temps du suivi   |
| $\hat{l}$  | 2,99    | $\hat{l} = -\log(0.01) * tm$  |
| $\hat{e}$  | 0,60    | $\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$   |
| a          | 1,64    | Coefficient de correction surfacique  |

#### Winkelmann:

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a = \frac{4}{0.2 \times 0.74} \times 1.64 = \mathbf{44.85}$$

#### Erickson réelle:

$$N = \frac{l \times C}{tm \times d} \times a = \frac{5 \times 4}{1.5 \times 0.74} \times 1.64 = \mathbf{29.85}$$

#### Erickson adaptée:

$$N = \frac{l \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{5 \times (4 - 4 \times 0.2)}{1.5 \times 0.74} \times 1.64 = \mathbf{29.79}$$

#### Jones:

$$N = \frac{C}{a \times d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times l / tm)}} = \frac{4}{1.64 \times 0.74 \times 0.6 \times e^{(-0.5 \times 5 / 1.5)}} = \mathbf{15.03}$$

#### Huso:

$$N = \frac{C}{a \times d \times \frac{tm \times (1 - e^{-l / tm})}{l} \times \hat{e}} = \frac{4}{1.64 \times 0.74 \times \frac{1.5 \times (1 - e^{-5 / 1.5})}{5} \times 0.6} = \mathbf{12.79}$$

Tous ces résultats correspondent au nombre d'oiseaux estimés morts sur la période allant du 7 mars au 17 octobre et pour les six éoliennes du parc. Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- on divise ces résultats par 6 → on aura une mortalité par éolienne pour la période de suivi
- puis on divise par 7 (7 mois) → on aura **une mortalité par éolienne et par mois**
- on multiplie par 12 (12 mois d'activité des oiseaux car pas d'hibernation) → On aura une **mortalité par éolienne et pour une année**
- on multiplie par 6 (6 éoliennes sur le parc) → On aura une **mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier**

Figure 41 : Résultat des calculs par la première méthode de calculs pour le suivi 2013

|   | Winkelmann |        | Erickson |        | Jones | Huso  | Moyenne |
|---|------------|--------|----------|--------|-------|-------|---------|
|   | adaptée    | réelle | adaptée  | réelle |       |       |         |
| Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi | 44,85      | 29,79  | 29,85    | 29,85  | 15,03 | 12,79 | 26,46   |
| Mortalité par éolienne pour la période de suivi               | 7,47       | 4,97   | 4,98     | 4,98   | 2,51  | 2,13  | 4,41    |
| Mortalité par éolienne et par mois                            | 1,07       | 0,71   | 0,71     | 0,71   | 0,36  | 0,30  | 0,63    |
| Mortalité par éolienne et pour une année                      | 12,81      | 8,51   | 8,53     | 8,53   | 4,30  | 3,65  | 7,56    |
| Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier          | 76,88      | 51,07  | 51,17    | 51,17  | 25,77 | 21,93 | 45,37   |

➤ Calcul de mortalité avec la seconde méthode

Ici, on tient compte de l'évolution de la typologie du couvert végétal. Donc on distingue cette période de suivi en 2 phases selon le couvert végétal et la fréquence des visites. Ci-contre, les valeurs des paramètres nécessaires aux différentes équations selon la période.

Figure 42 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

| Paramètres | Période   | Valeurs | Explications   |
|------------|-----------|---------|--|
| C          | Période 1 | 2,00    | Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies |
|            | Période 2 | 2,00    |  |
| d          | Période 1 | 0,75    | Valeur du taux de détection pondérée selon le            |
|            | Période 2 | 0,73    |  |
| p          | Période 1 | 0,19    | Valeur du taux de persistance pondérée selon             |
|            | Période 2 | 0,21    |  |
| tm         | Période 1 | 1,48    | Valeur du temps de séjour moyen (en jours)               |
|            | Période 2 | 1,51    |  |
| l          | Toute     | 3,5     | Pas de temps du suivi                                    |
| $\hat{l}$  | Période 1 | 2,95    | $\hat{l} = -\log(0.01) * tm$                             |
|            | Période 2 | 3,02    |  |
| $\hat{e}$  | Période 1 | 0,42    | $\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$                    |
|            | Période 2 | 0,86    |  |
| a          | Période 1 | 1,72    | Coefficient de correction surfacique selon la            |
|            | Période 2 | 1,59    |  |

Pour chaque formule, on effectue le calcul pour chacune des périodes, puis on fait la somme de ces deux résultats pour obtenir la mortalité estimée sur la totalité de la période de suivi et pour les 6 éoliennes suivies.

Les résultats pour cette seconde méthode de calcul sont présentés dans le tableau de la page suivante.

Figure 43 : Résultat des calculs par la seconde méthode de calcul pour le suivi 2013

|   | Winkelmann | Erickson |        | Jones | Huso  | Moyenne |
|---|------------|----------|--------|-------|-------|---------|
|   |            | adaptée  | réelle |       |       |         |
| Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi | 45,57      | 31,92    | 31,98  | 15,49 | 13,18 | 27,63   |
| Mortalité par éolienne pour la période de suivi               | 7,59       | 5,32     | 5,33   | 2,58  | 2,20  | 4,60    |
| Mortalité par éolienne et par mois                            | 1,08       | 0,76     | 0,76   | 0,37  | 0,31  | 0,66    |
| Mortalité par éolienne et pour une année                      | 13,02      | 9,12     | 9,14   | 4,43  | 3,77  | 7,89    |
| Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier          | 78,12      | 54,72    | 54,82  | 26,56 | 22,60 | 47,36   |



Finalement, devant la diversité de marges d'erreurs qui s'accroissent pour ce type de simulation, nous retenons qu'en 2013, le parc éolien de Cuq-Serviès aurait été à l'origine d'une mortalité de l'ordre de 45 à 47 oiseaux/an (selon la méthode de calcul). Cela représenterait un **peu plus de 7 oiseaux/éolienne/an**, dans une fourchette de valeurs extrêmes de 3,65 à 13,02 oiseaux/éolienne/an.

#### ➤ Analyses

Ce taux de mortalité semble à nouveau comparable à ce qui a été observé sur d'autres parcs Français et Européens suivis dans les mêmes conditions. Si les résultats restent encore peu nombreux à l'échelle régionale, les évaluations à l'échelle nationale ou européenne montrent généralement un taux de mortalité variant de 0 à 10 oiseaux/éolienne/an. Les niveaux de mortalité varient considérablement selon les situations locales et notamment selon les milieux. Des taux de mortalité sont en effet bien plus élevés pour des parcs installés sur des sites fréquentés par des espèces sensibles et en forte densité (vautours espagnols, rapaces californiens, laridés de Vendée (parc de Bouin, DULAC 2008...)). Les parcs que nous suivons actuellement dans les départements de l'Aveyron, du Tarn, de l'Aude ou du Cantal montrent des niveaux de mortalité généralement similaires pour les oiseaux, qu'il s'agisse de parcs situés dans des prairies de moyenne montagne (Parc de Talizat-Rézenières (15)), des paysages bocagers de polyculture-élevage (Parc de Canet de Salars (12)), ou des contextes forestiers et crête (Parc de Castelnaud Pegayrols (12), de Cuq Serviès (81) ou du Haut Cabardès (11)). En 2013, le parc de Cuq-Serviès aurait donc généré un niveau d'impacts plutôt faible sur les oiseaux en termes de taux de mortalité. Tant que les espèces impactées sont communes, on suppose que ce type de niveau d'impact n'aura pas d'effet sur l'équilibre des populations impactées. Il aurait pu en être autrement pour des espèces rares et menacées et à faible taux de reproduction.

## 5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La société Abo-wind a développé un parc éolien sur les communes de Cuq et de Serviès, dans un contexte forestier. Un suivi de la mortalité sous les éoliennes des chauves-souris et des oiseaux fut prescrit en 2013. Cette mesure a été envisagée en parallèle du suivi de l'activité des oiseaux nicheurs.

En 2013, ce suivi de la mortalité fut organisé sous la forme d'un partenariat entre quatre organismes spécialisés dans l'étude de la faune sauvage et de ses rapports avec les activités humaines (EXEN, LPO Tam, ECOTONE, EKO-LOGIK). Un protocole d'étude standardisé conséquent a été appliqué pour non seulement couvrir l'ensemble des principales périodes d'activité de la faune volante, mais aussi pour permettre d'élargir les résultats bruts à l'estimation d'un taux de mortalité annuel théorique pour les chiroptères et pour les oiseaux.

**En ce qui concerne les oiseaux**, les estimations de taux de mortalité ne témoignent pas d'un effet particulièrement marqué du parc éolien de Cuq-Serviès en termes de taux de mortalités. Pour les 6 cas de mortalités relevés sous le parc éolien de Cuq-Serviès, on suppose que la plupart est intervenue pour des oiseaux en vol de migration active ou de transit. Les espèces impactées sont toutes potentiellement utilisatrices d'ascendances thermiques ou dynamiques (rapaces et apodidés (martinets)), type de vol qui les expose régulièrement à la hauteur du rotor d'éoliennes. Le type de milieu environnant les éoliennes influence ces possibilités d'utilisation des phénomènes d'aéroglogie (échauffement des sols sans végétation, orientation du relief face aux vents dominants...). Ainsi, nous n'excluons pas que la récente coupe à blanc d'une partie de l'entourage de l'éolienne la plus meurtrière (E5) ait pu favoriser l'exploitation des ascendances dynamiques à ce niveau par les oiseaux impactés.

**En ce qui concerne les chauves-souris**, le taux de mortalité estimé semble modéré et comparable avec ce qui est classiquement observé pour des parcs moyennement ou peu impactant du point de vue de la mortalité. Au niveau de l'approche qualitative des mortalités, les impacts sont également jugés de niveau relativement faible. Seul un cas de mortalité d'une espèce patrimoniale a été relevé ; il s'agit de la Pipistrelle de Nathusius. Cet individu devait certainement être en vol de migration à hauteur des pales d'éoliennes au moment de l'impact. L'absence d'autre cas de mortalité relevant d'espèces migratrices permet toutefois d'écartier une certaine récurrence de risques à ce niveau. Ce cas de mortalité peut donc être considéré

comme « accidentel ». Les autres individus impactés relèvent d'espèces résidentes, de lisières et notamment la Pipistrelle commune.

Les impacts du parc éolien de Cuq-Serviès sur les espèces d'oiseaux et de chauves-souris sont finalement jugés de faible niveau concernant les espèces non patrimoniales comme la Pipistrelle commune, le Martinet noir ou le Faucon hobereau et de niveau faible à modéré concernant les espèces patrimoniales comme la Pipistrelle de Nathusius ou le Martinet à ventre blanc.

De ce fait, au vu des mortalités constatées et les espèces impactées, le parc éolien de Cuq-Serviès peut être considéré comme relativement peu meurtrier par rapport aux autres parcs éoliens Français et Européens (taux de mortalité considéré comme faible à modéré). Et la plupart des espèces impactées ne sont pas patrimoniales (ne relevant pas des protections des directives Européennes ou des listes rouges nationales ou régionales). Les individus relevant d'espèces patrimoniales ont été tués en phase de transits migratoires. L'effet de ces mortalités sur les populations est donc difficile à statuer objectivement.

## BIBLIOGRAPHIE

- **ADOMEIT U., WILLUTZKI F., BRINKMANN R., NIERMANN I., BEHR O.** (2009) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H.** (1997-2001) Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). ABIES, LPO Aude, ADEME, 59 p. + annexes.
- **ANDRE Y.** (2005) – Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. (avril 2005 en cours de validation MEDD) – LPO, 21 p.
- **ARTHUR L., LEMAIRE M.** (2009) – Les chauves-souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- **BAERWALD E.F., D'AMOURS G.H., KLUG B.J., BARCLAY R.** (2008) - Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. University of Calgary, Calgary
- **BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., AND GRUVER, J.C.** (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. Can. J. Zool. 85, 381–387.
- **BEHR, O., NIERMANN, I., MAGES, J., BRINKMANN, R.** (2009): Fachtagung Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen: Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen: 06.09.2009; Hannover
- **BEUCHER Y. ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L.** (2010) - Suivi des impacts du parc éolien de Talizat-Rézentières (15) sur la faune volante. Bilan comparatif pré-implantation (2006/2007) et post-implantation (2009/2010) 41 p.
- **BEUCHER Y. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelhou-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009-2010).
- **BODIN J.** (Coord.), 2011 Les chauves-souris de Midi Pyrénées : Répartition, écologie, conservation. Conservatoire Régional des Espaces Naturels de Midi Pyrénées – Groupe Chiroptère de Midi Pyrénées, Toulouse, 256p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme, 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main-Cren/Gcmp DS. 16 p.

- **DIETZ C., VON HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis, 56 p.
- **DUBOIS P. J., LE MARECHAL P., OLIOSO G., YESOU P.** (2001) - Inventaire des oiseaux de France – Avifaune de la France métropolitaine — Ed° Nathan – Paris, 398 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M.-J.**, (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, Arvicola XVI n°2, SFEPM.
- **DUBOURG-SAVAGE M.-J., BACH ET AL.** (2005): Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats 10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005
- **DULAC, P.** (2008) : Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.
- **DÜRR, T.** (2010). Relevé des cadavres de chiroptères. Statistique du bureau de l'environnement du Land de Brandebourg. Bilan du 06. 05.2010
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.** : (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. Journal of Wildlife Management 72(1):123-132. 2008
- **HÖTKER H., THOMSEN K-M, JEROMIN H.** (2005). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. NABU Michael-Otto-Institut. 65 p.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007). - Les éoliennes et les oiseaux, revue de la littérature pour les évaluations environnementales. Version provisoire du 2 avril 2007. Études d'Oiseaux Canada pour Environnement Canada/ Service Canadien de la Faune. 93 p.
- **KUNZ, T., ARNETT, E.B., WALLACE P, ERICKSON, W.P., HOAR, A.R., JOHNSON G.D., LARKIN, R.P., STRICKLAND, THRESHER, R.W., TUTTLE, M.D.** (2007): Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Front Ecol Environ 2007; 5(6): 315–324.
- **LEKUONA, J.** (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. Informe Técnico. Dirección General de Medio Ambiente. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra.
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **MULLARNEY K., SVENSSON L., ZETTERSTRÖM D., GRANT P. J** (2004) - Le guide ornitho – Delachaux et Niestlé – Paris - 398 p.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, méthodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D.** (1999) - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et priorités. Société d'Etudes ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. Paris. 560p.

---

## ANNEXES



### 5.1 Annexe 1 : fiche de relevé de terrain

| FICHE DE TERRAIN MORTALITE   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
|--|--|----------------------------|--|----------------------------------|--|--------------------|--|---|--|
| Suivi mortalité chauves souris du parc éolien de Cuq Services-Année 2013 |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Chercheur :  |  | Météo (%couvert, pluie...) |  | Orages depuis dernière visites ? |  |                    |  |   |  |
| Date :   |  | Vent (direction, force...) |  | Visibilité                       |  |                    |  |   |  |
| H début recherche  |  | H fin recherche            |  | Eol tourment ? (0, 1/2, 1)       |  | Surf. prospect (%) |  | Rq par éolienne (traces prédat, maintenance...) |  |
| <b>CONTEXTE</b>  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS1  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS2  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS3  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS4  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS5  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| CS6  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| <b>DECOUVERTES IN PROTOCOLE</b>  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Code cadavres (cs x, ois x)  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Code Eolienne  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Distance au mat  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Direction/ mat   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Localisation GPS   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| n° photo + appareil  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Etat (vivant, frais, avancé, sec)  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Mort depuis (nb j)   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Blessure ?   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Espèce (lou ?)   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Taille Avant bras (mm)   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Age (ad, jeune)  |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Sexe (male, fem) ?   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Si fem allaitante? (mamelles pelées)                                     |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |
| Si fem, gestante ?   |  |                            |  |                                  |  |                    |  |   |  |

## 5.2 Annexe 2 : données brutes de mortalités découvertes

### 5.2.1 Suivi 2013

| Espèces                  | Nom latin                 | N° cadavre | Type   | Date trouvé | Date mort estimée | Folienne | Sexe    | Age    | Distance du mat | Direction du mat          | Barotrauma / blessure     | Découvreur               |
|--------------------------|---------------------------|------------|--------|-------------|-------------------|----------|---------|--------|-----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Bondrée apivore          | Pernis apivorus           | OIS 1      | Plumée | 21/03/2013  | 2012 E5           |          |         |        | 12 SSO          | ???                       | ???                       | A. Pujol                 |
| Sylvidé sp.              |                           | OIS 2      | Plumée | 26/03/2013  | juil-05 E5        |          |         |        | 70 SE           | ???                       | ???                       | L. Garnier et A. Calvet  |
| Martinet noir            | Apus apus                 | OIS 3      | OIS    | 04/06/2013  | 30/05/2013 E2     |          |         |        | 20 NNE          | ???                       | ???                       | A. Pujol                 |
| Martinet noir            | Apus apus                 | OIS 4      | OIS    | 04/06/2013  | 02/06/2013 E5     |          |         |        | 12 OSO          | Impact derrière la tête   | ???                       | A. Pujol                 |
| Rapace sp.               |                           | OIS 5      | Plumée | 18/07/2013  | 10/07/2013 E5     |          |         |        | 16 SE           | ???                       | ???                       | L. Nazon et P. Petitjean |
| Pipistrelle sp.          | Pipistrellus sp.          | CS 1       | CS     | 23/07/2013  | 21/07/2013 E3     |          |         |        | 24 O            | RAS                       | RAS                       | L. Garnier               |
| Pipistrelle sp.          | Pipistrellus sp.          | CS 2       | CS     | 20/08/2013  | 17/08/2013 E4     |          |         |        | 20 NE           | RAS                       | RAS                       | L. Garnier               |
| Pipistrelle commune      | Pipistrellus pipistrellus | CS 3       | CS     | 23/08/2013  | 18/08/2013 E3     |          |         |        | 25 OSO          | ???                       | ???                       | A. Pujol                 |
| Pipistrelle commune      | Pipistrellus pipistrellus | CS 4       | CS     | 06/09/2013  | 06/09/2013 E1     |          |         | adulte | 30 N            | Au ventre                 | ???                       | L. Nazon                 |
| Pipistrelle commune      | Pipistrellus pipistrellus | CS 5       | CS     | 10/09/2013  | 09/09/2013 E5     |          | femelle | adulte | 7 SO            | ???                       | ???                       | F. Loiret                |
| Faucon hobereau          | Falco subbuteo            | OIS 6      | OIS    | 13/09/2013  | 10/09/2013 E5     |          |         |        | 25 SE           | RAS                       | RAS                       | L. Garnier               |
| Pipistrelle de Nathusius | Pipistrellus nathusii     | CS 6       | CS     | 01/10/2013  | 28/09/2013 E6     |          |         |        | 4 NO            | ???                       | ???                       | A. Pujol                 |
| Martinet à ventre blanc  | Apus melba                | OIS 7      | OIS    | 08/10/2013  | 07/10/2013 E3     |          |         | juv    | 30 E            | Fracture ouverte derrière | Fracture ouverte derrière | F. Berthet               |