

Figure 108 : Chronologie de l'activité enregistrée par famille d'espèce

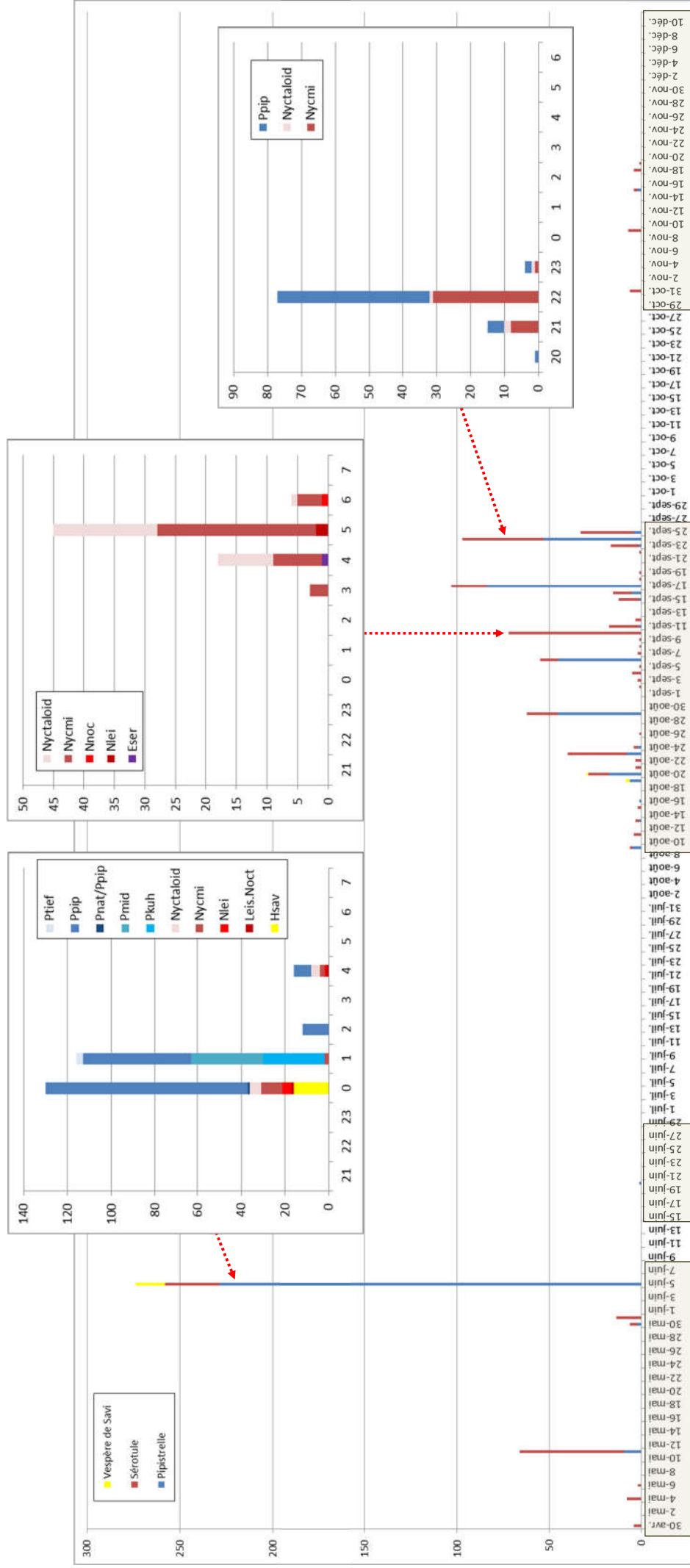
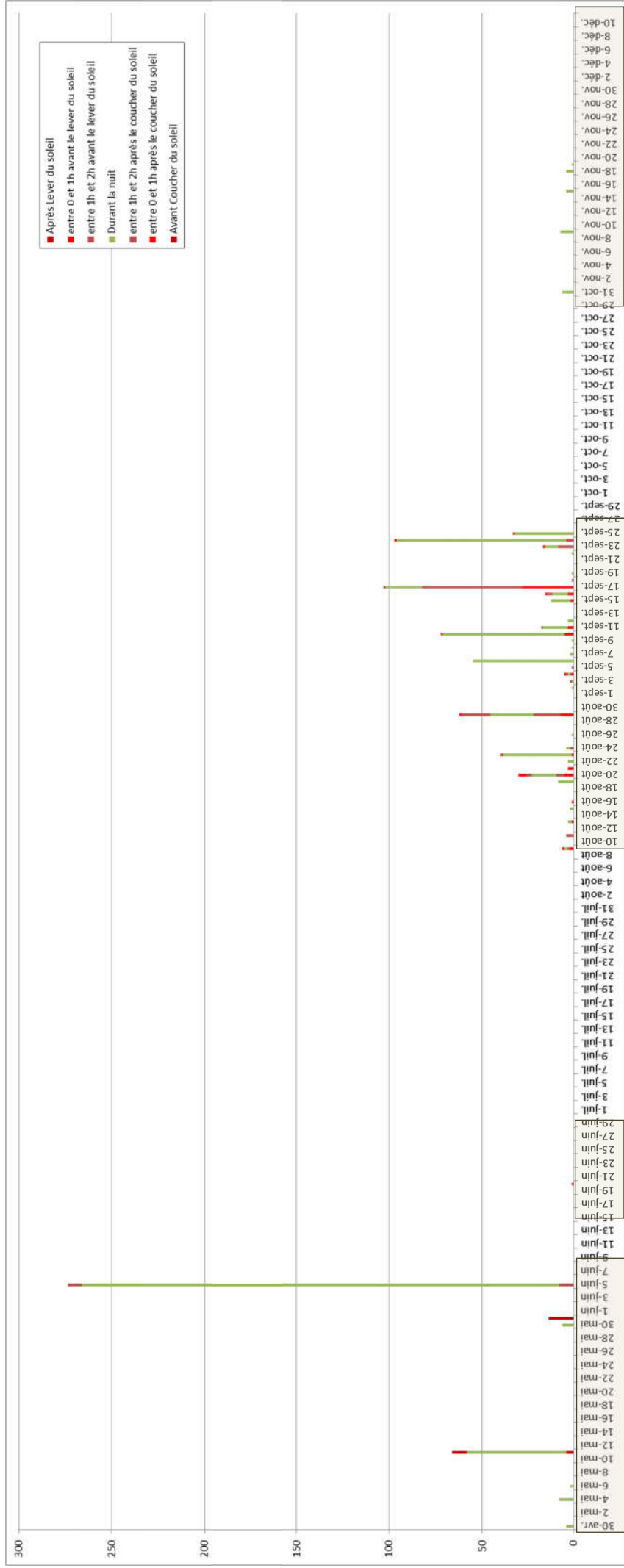


Figure 109 : Chronologie de l'activité enregistrée en 2012 selon l'heure d'enregistrement



### 5.3.3 Conclusion sur l'activité en hauteur

Finalement, les résultats témoignent d'une activité chiroptérologique en hauteur (70-80 m) à la fois faible et très hétérogène sur la période de suivi. Une petite dizaine d'espèces serait concernée, dont certaines présentent des niveaux importants de patrimonialité ou de sensibilités vis-à-vis des éoliennes (noctules, vespères de Savi, pipistrelles...).

Le manque de données sur certaines périodes de suivi (problème de parasite) limite l'appréciation des modalités de fréquentation du site par les chauves-souris. Mais les suivis des 2 années (2011 et 2012) se complètent afin d'appréhender de façon plus pertinente l'utilisation du site par les chiroptères.

La fonctionnalité du site comme zone de chasse est évidente, mais aussi comme zone de transit. Elle pourrait notamment se caractériser par une utilisation originale des ascendances thermiques dont la situation du site en crête paraît favorable. La présence assez marquée du Vespère de Savi au cours des périodes de fortes chaleurs en est assez significative. L'essaimage ponctuel d'insectes portés par ces ascendances pourrait alors se traduire par une activité en hauteur assez concentrée et relativement courte, et finalement toujours relativement faible au cours d'une nuit. La pipistrelle commune semble utiliser le site comme secteur de chasse durant toute la durée du suivi mais de façon ponctuelle lorsque les conditions météo sont favorables (vent faible, température élevée notamment).

L'utilisation du site comme voie de transit migratoire est de plus en plus marquée à l'automne, caractérisée à la fois par une fréquentation plus régulière d'espèces migratrices (noctules, pipistrelle de Nathusius, Minoptère de Schreibers) et par des signaux isolés en basse fréquences témoignant de passages ponctuels à distance. Les niveaux d'activité restent toutefois encore faibles pour en déduire qu'il s'agit d'une véritable voie de passages. Pour ces espèces en phase de transits, on suppose également une utilisation du site comme zone de chasse. Les phénomènes d'ascendances thermiques liés à la configuration du site peuvent aussi très bien être exploités par ces espèces de haut vol.

Le rythme d'activité des enregistrements effectués ne témoignent toutefois pas de la proximité possible de gîtes (Noctule de Leisler, Pipistrelle commune) sauf peut-être ponctuellement en période de migration concernant les Noctules.

## 6 BILAN DU SUIVI ACOUSTIQUE

Figure 110 : Bilan et statut local des espèces contactées au cours des trois années de suivi

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation		Fréquence de détection			Statut local
		DHFF	Prot Nat.	LR Nat.	Statut de Rareté (MP)	Suivi ponctuel sur le parc éolien	Suivi automatisé au sol (mât de mesure)	Suivi automatisé en altitude (mât/nacelle)	
<b>Barbastelle d'Europe</b>	<i>Barbastella barbastellus</i>	An.II et IV	2	LC	AC	++	++	0	Espèce commune sur le site au niveau des lisières de fin mai à fin octobre ; détectée uniquement à proximité du sol
<b>Petit Murin/Grand murin</b>	<i>Myotis blythii/Myotis myotis</i>	An.II et IV	2	NT-LC	AR	+	++	0	La fréquentation du site par les « grands myotis » a été avérée par les points d'écoute ponctuels ; les résultats du suivi automatisé au sol soulignent une fréquentation possiblement assez marquée du site par le Grand/Petit murin mais la discrimination demeure difficile en division de fréquences dans la majorité des cas avec les autres espèces du genre <i>myotis</i> ; la détection répétée de ce complexe doit être envisagée avec la proximité de la Grotte du Castellat ; pas de donnée en altitude
<b>Grand rhinolophe</b>	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	An.II et IV	2	NT	AR	+	+	0	Espèce résidente ; détection ponctuelle répétée au niveau des lisières de début avril à début octobre ; statut assez commun localement si l'on tient compte des faibles capacités de détection pour cette espèce uniquement contactée à proximité du sol
<b>Grande noctule</b>	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	An.IV	2	DD	R	0	+	+	Espèce vraisemblablement moins rare (avec une forte propension à évoluer en plein ciel) que ne le laisse supposer les données très éparpillées recueillies sur le site principalement en période de transit ; les deux cas de mortalité laïeste
<b>Minioptère de Schreibers</b>	<i>Miniopterus schreibersii</i>	An.II et IV	2	VU	AR	+	++	+	Détectée fréquemment au niveau des lisières et très ponctuellement en altitude ; activité de chasse ponctuelle élevée constatée sur le site en été mais globalement contacts plus fréquents en période migratoire (avril /mai ; fin août/fin octobre) à associer à des déplacements inter gîtes avec des variations interannuelles marquées
<b>Molosse de Cestoni</b>	<i>Tadarida teniotis</i>	An.IV	2	LC	R	+	+	?	Espèce d'affinité méridionale plutôt rare sur le site (gîtes rupestres en périphérie éloignée) ; détection ponctuelle avérée depuis le sol et suspectée en altitude sur la base de signaux peu discriminants avec les « grandes noctules ».
<b>Murin à oreilles échanquées</b>	<i>Myotis emarginatus</i>	An.II et IV	2	LC	AR	+	?	0	Détectée ponctuellement au niveau des lisières (SM2) ; discrimination impossible au sein des enregistrements réalisés en division de fréquence
<b>Murin à moustaches/M. d'Alcathoe</b>	<i>Myotis mystacinus / M. alcathoe</i>	An.II et IV	2	LC	AR/R	(+)	?	0	Au sein du groupe des murins « à museau sombre », le murin d'Alcathoe est suspecté sur une séquence recueillie en fin d'été au cours du suivi ponctuel (SM2) ; le Murin à moustaches (attendu localement) n'a pas été identifié sur le site, suivi automatisé (anabat) : pas de discrimination possible au sein du genre <i>myotis</i> en division de fréquence
<b>Murin de Daubenton</b>	<i>Myotis daubentonii</i>	An.IV	2	LC	C	0	?	0	Espèce attendue localement au niveau des lisières ; pas avérée sur la base des données acoustiques recueillies ; discrimination impossible en division de fréquence (anabat)
<b>Murin de Natterer</b>	<i>Myotis nattereri</i>	An.IV	2	LC	AC	0	?	0	Espèce attendue localement au niveau des lisières ; pas avérée sur la base des données acoustiques recueillies et probablement peu commune



Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation		Fréquence de détection			Statut local	Commentaires
		DHFF	Prot Nat.	LR Nat.	Statut de Rareté (MP)	Suivi ponctuel sur le parc éolien	Suivi automatisé au sol (mât de mesure)	Suivi automatisé en altitude (mât/nacelle)		
<b>Noctule commune</b>	<i>Nyctalus noctula</i>	An, IV	2	NT	R	0	+	+	Esèce peu commune localement ; les contacts plus fréquents recueillis en altitude témoignent de la propension de l'espèce à évoluer le plus souvent en plein ciel.	
<b>Noctule de Leisler</b>	<i>Nyctalus leisleri</i>	An, IV	2	LC	AC	+	++	++	L'interprétation des modalités de fréquentation du site par la Noctule de Leisler est limitée par le fort recouvrement acoustique avec la Sérotine commune voire la Sérotine bicoloré limitant les possibilités d'identification ; les résultats des parcours au sol et du suivi automatisé attestent toutefois du statut localement assez commun de cette espèce évoluant fréquemment en plein ciel ; l'accroissement de l'activité constaté en fin d'été et l'automne est à relier à la fréquentation du site par des individus appartenant probablement à des populations migratrices	
<b>Oreillard roux/gris</b>	<i>Plecotus auritus / austriacus</i>	An, IV	2	LC	AC	+	++	0	Discrimination difficile voire impossible (en division de fréquence) entre ces deux espèces attendues sur le site ; contacts assez fréquents au niveau du sol de mai à début octobre ; aucune donnée recueillie en altitude	
<b>Petit rhinolophe</b>	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	An, II et IV	2	LC	AC	0	+	0	Espèce de faible niveau de détectabilité qui apparaît toutefois peu commune localement avec 1 seule donnée recueillie en 2011 au niveau du mât	
<b>Pipistrelle commune</b>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An, IV	2	LC	TC	+++	+++	++	Abondante localement ; très fréquemment contactée au niveau du sol (en particulier le long des lisières) et un peu plus occasionnellement en altitude ; niveau d'activité marquée de fin mai à fin août et ponctuellement en octobre (données de 2010)	
<b>Pipistrelle de Kuhl</b>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	An, IV	2	LC	C	++	++	+	Fréquentation irrégulière du site, ponctuellement plus marquée en période estivale ; rarement contactée en altitude	
<b>Pipistrelle de Nathusius</b>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	An, IV	2	NT	R	?	(+)	+	L'interprétation des modalités de fréquentation du site est limitée par le recouvrement important des caractéristiques des signaux émis par la Pipistrelle de Nathusius avec ceux de la Pipistrelle de Kuhl limitant les possibilités d'identification ; les résultats des suivis automatisés attestent toutefois du statut local plutôt rare de cette espèce migratrice en région Midi-Pyrénées	
<b>Pipistrelle pygmée</b>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	An, IV	2	LC	R	+	+	+	Peu commune localement et rarement détectée en altitude ; la répartition temporelle des données souligne un statut plutôt « migrateur » de l'espèce à associer à des déplacements en période de transit automnal	
<b>Rhinolophe euryale</b>	<i>Rhinolophus euryale</i>	An, II et IV	2	NT	R	0	+	0	Espèce d'affinité méridionale marquée plutôt rare localement avec 1 seule donnée recueillie en 2012 au niveau du mât	
<b>Sérotine bicoloré</b>	<i>Vesperugo murinus</i>	An, IV	2	DD	TR	0	?	?	Présence sur le site avérée par le suivi de la mortalité ; recouvrement élevé des caractéristiques acoustiques avec la Noctule de Leisler limitant les possibilités d'identification	
<b>Sérotine commune</b>	<i>Eptesicus serotinus</i>	An, IV	2	LC	AC	+	++	+	Assez commune localement en période estivale, plutôt rare en altitude (discrimination difficile avec la Noctule de Leisler voire la Sérotine bicoloré)	
<b>Vespère de Savi</b>	<i>Hypsugo savii</i>	An, IV	2	LC	R	+	+	+	Espèce d'affinité méridionale peu commune sur le site (ghes rupestres en périphérie éloignée), détectée aussi bien au niveau du sol qu'en altitude ; les données recueillies au niveau du sol témoignent d'une plus forte fréquentation au mois d'août	

## 7 EVALUATION DES RISQUES ET IMPACTS

### 7.1 Niveaux d'intensité des risques

L'appréciation des risques de l'exploitation du parc éolien se concentrent sur ceux liés au fonctionnement des machines, c'est-à-dire la mortalité dans le voisinage des pâles.

Pour chaque espèce contactée dans la zone d'étude, on peut évaluer l'intensité de son exposition au risque de mortalité sur le site à partir :

- ✓ des résultats du suivi de la mortalité ;
- ✓ des résultats des suivis automatisés (permettant de préciser le statut local de l'espèce et les modalités de fréquentation du site) ;
- ✓ des données bibliographiques (base de données mortalité, éléments d'écologie liés aux comportements de vol) renseignant sur la sensibilité des espèces ;

L'intensité du risque peut varier en fonction de la localisation des éoliennes en rapport avec la proximité de listères ou des éléments topographiques.

Trois niveaux de sensibilité à l'éolien sont définis sur la base des connaissances actuelles :

- + = faible (pour les espèces pas ou très rarement impactées et pas ou très rarement contactées en altitude) ;
- ++ = modérée (pour les espèces impactées à un faible niveau, mais grégaires et effectuant des déplacements de type migratoire) ;
- +++ = forte (espèces de haut vol ou fréquemment retrouvées lors des suivis de mortalité) ;

Quatre modalités ont été retenues pour renseigner le niveau de fréquentation (risque local) des espèces recensées dans la zone d'étude :

? = suspectée au vu des données acoustiques recueillies ;

+ = peu commune ;

++ = assez fréquente ou ponctuellement élevée ;

+++ = très fréquente.

La mortalité avérée sur le site est évaluée à deux niveaux :

- + = découverte ponctuelle;
- ++ = découverte répétée (n>2);

#### ➤ L'exposition au risque de mortalité est finalement évaluée comme :

- fort pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune;
- Modéré pour la Séroline bicoloré, la Grande noctule, le Minioptère de Schreibers, le Vespère de Savi et la Pipistrelle de Kuhl ;
- faible pour le Grand/Petit murin, la Noctule commune, le Molosse de Cestoni, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle pygmée, la Séroline commune
- très faible pour les autres espèces.

Figure 111 : Niveau d'intensité des risques de mortalité

Espèces contactées sur le site	Sensibilité connue aux éoliennes	Niveau de fréquentation (risque local)	Mortalité avérée sur le site	Risque de mortalité sur le parc d'Arfons
Petit rhinolophe	+	+		Très faible
Rhinolophe euryale	+	+		Très faible
Grand rhinolophe	+	+		Très faible
Murin à moustaches/M. d'Alcañho	+	?		Très faible
Murin de Daubenton	+	?		Très faible
Murin de Natterer	+	?		Très faible
Murin à oreilles échanquées	+	+		Très faible
Batastelle d'Europe	+	++		Très faible
Oreillard gris / Oreillard roux	+	++		Très faible
Petit/Grand murin	++	++		Faible
Pipistrelle pygmée	+++	+		Faible
Molosse de Cestoni	+++	+		Faible
Noctule commune	+++	+		Faible
Pipistrelle de Nathusius	+++	+		Faible
Séroline bicoloré	+++	?	+	Moyen
Séroline commune	+++	++		Moyen
Minioptère de Schreibers	++	++	+	Moyen
Vespère de Savi	+++	+	+	Moyen
Grande noctule	+++	+	+	Moyen
Pipistrelle de Kuhl	+++	++	+	Moyen à Assez Fort
Noctule de Leisler	+++	++	++	Fort
Pipistrelle commune	+++	+++	++	Fort

## 7.2 Évaluation des Impacts du parc éolien d'Arfons sur les chauves-souris

Les niveaux d'impact attendus sont évalués proportionnellement à leur intensité et aux niveaux d'enjeux. Au final, cinq niveaux d'impact (Très Fort, Fort, Moyen, Faible, Négligeable) ont été définis comme indiqué dans le tableau suivant en croisant le niveau d'intensité de l'impact avec le niveau d'enjeu écologique

Niveau d'intensité du risque	Niveau d'enjeu				
	Très fort	Fort	Assez fort	Moyen	Faible
<b>Fort</b>	Très fort	Fort	Assez fort	Moyen	Faible
<b>Moyen</b>	Fort	Assez fort	Moyen	Faible	Négligeable
<b>Faible</b>	Assez fort	Moyen	Faible	Négligeable	Négligeable
<b>Très faible</b>	Moyen	Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable

Figure 112 : Évaluation des impacts du parc éolien d'Arfons sur les chauves-souris

Espaces contactées sur le site	Niveau d'enjeu écologique	Risque de mortalité sur le parc d'Arfons	Niveau d'Impact
Petit rhinolophe	Assez fort	Très faible	Négligeable
Murin à moustaches/M. d'Alcaïothoe	Assez fort	Très faible	Négligeable
Murin de Daubenton	Faible	Très faible	Négligeable
Murin de Natterer	Assez fort	Très faible	Négligeable
Murin à oreilles échancrées	Assez fort	Très faible	Négligeable
Barbastelle d'Europe	Assez fort	Très faible	Négligeable
Oreillard gris / Oreillard roux	Moyen	Très faible	Négligeable
Pipistrelle de Kuhl	Faible	Moyen	Négligeable
Rhinolophe euryale	Fort	Très faible	Faible
Grand rhinolophe	Fort	Très faible	Faible
Pipistrelle pygmée	Assez fort	Faible	Faible
Molosse de Cestoni	Assez fort	Faible	Faible
Noctule commune	Assez fort	faible	Faible
Pipistrelle de Nathusius	Assez fort	Faible	Faible
Sérotine commune	Moyen	Moyen	Faible
Pipistrelle commune	Faible	Fort	Faible
Vespère de Savi	Assez fort	Moyen	Moyen
Petit/Grand murin	Très fort	Faible	Assez fort
Noctule de Leisler	Assez fort	Fort	Assez fort
Sérotine bicolora	Très fort	Moyen	Fort
Minioptère de Schreibers	Très fort	Moyen	Fort
Grande noctule	Très fort	Moyen	Fort

## 8 ANALYSES COMPLEMENTAIRES

### 8.1.1 Analyse en Composante Principale (ACP)

Puisque l'influence des nombreux facteurs cumulés limite l'interprétation des modalités d'utilisation du site par les espèces, nous avons effectué une Analyse en Composante Principale avec les données environnementales que nous avions à disposition (Vitesse du vent et température). Le résultat de cette Analyse en Composantes Principales (ACP) va nous permettre d'organiser les données en visualisant les facteurs de plus grandes influences.

Concernant le cercle des corrélations, chaque étiquette représente une variable, et chaque flèche l'importance de cette variable. On ne peut interpréter que les variables éloignées du centre du cercle.

- Si 2 flèches sont longues et vont dans la même direction, c'est que les variables sont corrélées fortement et de façon positive. Si elles sont dirigées l'une à l'opposé de l'autre, c'est qu'elles sont fortement corrélées aussi mais de façon négative.
- Si l'angle entre deux variables est proche de 90°, c'est que ces 2 variables sont indépendantes, ou peu liées entre elles.

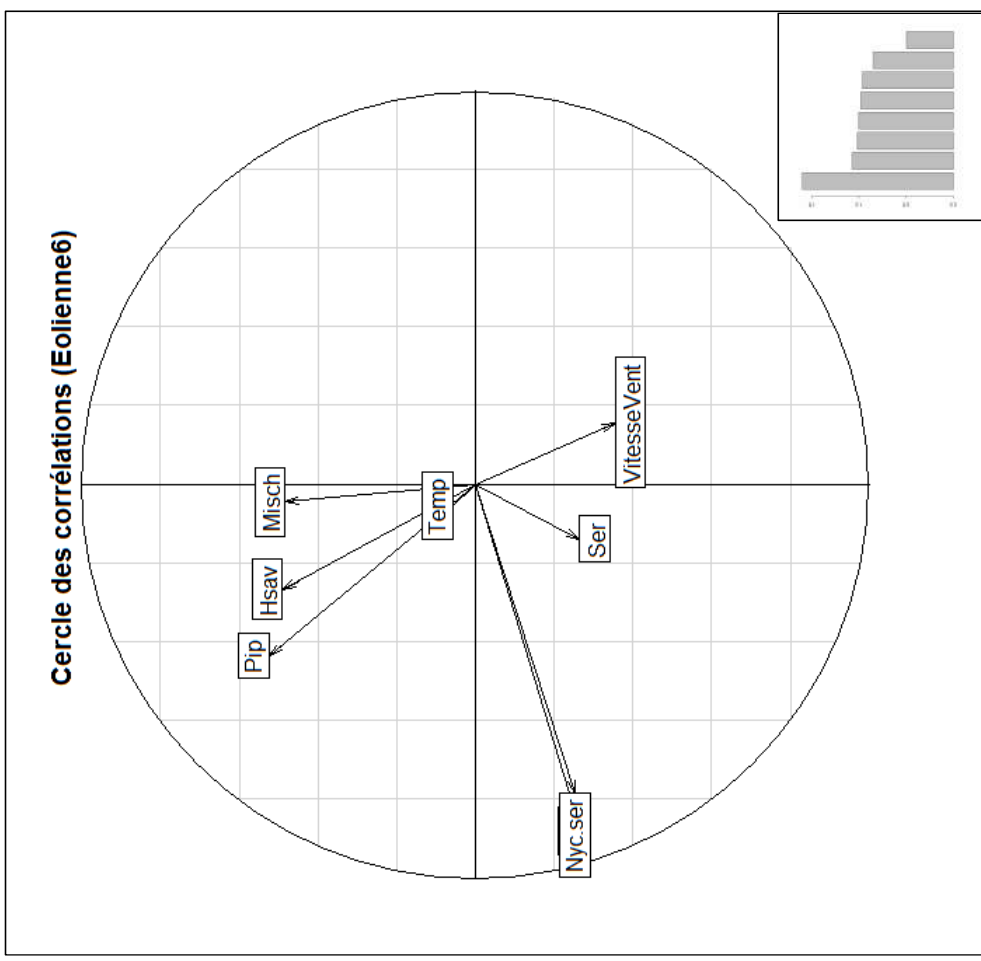
Le cercle des corrélations doit être analysé de façon relative, les variables les unes par rapport aux autres.

L'interprétation de ce graphique reste délicate, mais on retrouve logiquement des **corrélations assez évidentes avec les conditions climatiques de vitesse du vent notamment pour les « petites » espèces**. Mais on retrouve aussi de façon plus ou moins marquée une **distinction entre les différents groupes d'espèces**.

Nous proposons par la suite une interprétation de ce graphique, interprétation ambitieuse qui reste hypothétique. Au niveau de l'éolienne 6, on s'aperçoit que le groupe des pipistrelles (Pip), celui des mioptères (Misch) ainsi que celui des vespères de Savi (Hsav) sont corrélés positivement entre eux. On constate aussi que ces 3 groupes sont corrélés négativement avec la vitesse du vent. Le groupe correspondant à la Séroline commune (Ser) est quant à lui corrélé plutôt négativement avec les 3 groupes précédents et il est difficile d'apprécier une corrélation significative avec la vitesse du vent. Enfin, on notera que les groupes des noctules et sérotines (Nyc et Nyc.ser) (vraisemblablement Noctule de Leisler) sont fortement corrélés entre eux mais pas avec la vitesse du vent (flèche perpendiculaire).

La température étant placée proche du centre du cercle des corrélations, on ne peut pas non plus vraiment relever une influence évidente de ce paramètre. On notera toutefois que les données de température semblent contenir des incohérences, ce qui pourrait expliquer cette absence singulière de corrélation. En effet peu de valeurs négatives sont relevées même en plein hiver alors que des valeurs de plus de 40°C apparaissent en pleine nuit lors du mois de mai 2012 par exemple...

Figure 113 : Analyses en Composantes Principales (ACP) sur les données d'activité par groupe d'espèce et les données climatiques (T° et vitesse du vent au niveau de l'éolienne 6)



### 8.1.2 Corrélation activité / vitesse du vent

Vu que nous avons des valeurs de températures auxquelles nous ne pouvons nous fier et dont la corrélation avec l'activité des espèces n'est pas importante, notre analyse va se concentrer sur la corrélation entre l'activité des chauves-souris et la vitesse du vent.

Il est possible de préciser le niveau d'activité cumulé en fonction de la vitesse du vent sur la base de l'activité cumulée mesurée en 2011 et 2012 au niveau de l'éolienne 6. Les graphiques de corrélation entre activité cumulée et vitesse de vent (voir Figure 114 page 97) permettent ainsi de visualiser les pourcentages de l'activité concernée par des vitesses de vent croissantes au niveau du site d'étude.

Nous avons vu par ailleurs que la mortalité relevée sur le site se situe principalement lors des périodes migratoires pour les chauves-souris et notamment pour les noctules. Il nous est donc apparu intéressant de visualiser l'effet de la période sur le comportement des chauves-souris vis-à-vis de la vitesse du vent.

La Figure 114 montre la corrélation observée entre l'activité cumulée des chauves-souris (toutes espèces confondues en toute période, lors de la période de mise bas et lors des périodes de migration) et la vitesse du vent. On notera que la période de mise bas a été considérée comme débutant à la mi-mai et se terminant à la mi-août alors que les périodes de transits / migrations entourent cette période (avant mi-mai et après mi-août).

Concernant l'activité mesurée autour de l'éolienne 6, on note qu'elle diminue plus vite en période de mise bas qu'en période migratoire lorsque la vitesse de vent augmente (et cela jusqu'à une vitesse d'environ 5,5 m/s).

Ainsi, 80% de l'activité mesurée en période de mise bas est relevée par des vitesses de vent inférieures à 3,5 m/s. Alors qu'en période de migration/accouplement, c'est par des vitesses de vent inférieures à 4,5 m/s. On observe aussi que par des vitesses de vent supérieures à 5 ou 5,5 m/s, le profil d'activité cumulé est similaire quelle que soit la période phénologique. Précisons toutefois que l'activité mesurée en période migratoire est 2 fois supérieure à celle mesurée en période de mise bas. Aussi, même si les pourcentages d'activité par des vitesses de vent supérieures à 5,5 m/s sont comparables pour les deux périodes phénologiques, la période de migration représente en réalité environ 2 fois plus d'activité par vent fort que la période de mise bas.

La Figure 115 témoigne la part d'activité de chaque groupe d'espèces selon la vitesse du vent (par exemple : 18% de l'activité des Pipistrelloïd a lieu par des vitesses de vent allant de 0 à 1 m/s). On observe que les pipistrelles ont une activité « normale » par des vitesses de vent inférieures à environ 5 m/s, lorsque la vitesse du vent augmente au-dessus de 5 m/s, l'activité de ce groupe décroît rapidement.

En ce qui concerne le groupe des Sérotules (composé en grande majorité par des noctules) une activité similaire est relevée jusqu'à des vitesses de vent de 8 m/s. Pour des vitesses supérieures, l'activité de ce groupe diminue fortement.

En ce qui concerne le Vespère de Savi, le nombre de données étant assez faible, il est difficile de faire ressortir des tendances conclusives. Mais il semble que cette espèce ait un comportement « intermédiaire » vis-à-vis du vent vis-à-vis des deux principaux groupes. Ainsi, au-delà d'un seuil de vitesses de vent de 6 m/s, l'activité est quasiment inexistante.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce constat de relation entre l'activité des chauves-souris et la vitesse de vent :

- La vitesse du vent n'est pas régulière tout au long de l'année et on assiste donc à des périodes plus venteuses que d'autres. On a pu constater que les mois de mai, juillet et août ont été moins venteux que les mois d'octobre et novembre notamment (même si la différence n'est pas très marquée). De ce fait, il y a plus de chance d'avoir de l'activité à faible vitesse de vent lors de ces périodes qui correspondent plutôt à la période de mise-bas que lors de la période de migrations d'automne.
- Les espèces contactées lors de chacune des périodes sont différentes, et il apparaît que les pipistrelles sont majoritaires en période de mise-bas alors que les sérotules sont beaucoup plus présentes en période de migration. Or les sérotules sont des espèces de taille plus importante que les pipistrelles et peuvent ainsi voler par des vitesses de vents plus élevées (c'est ce qui est observé sur la Figure 115). La plus grande fréquentation du site par les pipistrelles en période de mise bas a contribué à augmenter le niveau d'activité par des vitesses de vent faibles.
- Enfin, si on s'intéresse aux comportements des chiroptères lors de ces deux périodes, on peut supposer qu'en période estivale (mise-bas), l'activité des chauves-souris correspond principalement à une activité de chasse. Or les insectes-proies ont une activité intimement liée à la température, à la vitesse du vent et à la pluviométrie. Donc durant la période de mise-bas, l'activité de chasse des chiroptères sera logiquement favorisée lors de fortes chaleurs, avec des vitesses de vents faibles et en l'absence de pluie. Lors de conditions peu favorables, la diminution de l'activité (notamment les pipistrelles) permet de limiter les dépenses d'énergie inutiles. Inversement, en période migratoire, qui correspond aussi à la période d'accouplement pour les chauves-souris (globalement de mi-août à fin octobre), d'autres comportements théoriquement moins liés aux insectes et donc aux conditions climatiques entreraient en jeu. Il s'agit pour les individus soit de s'accoupler, soit de transiter vers les quartiers d'hivernages. Ici, les comportements de chasse deviendraient donc une priorité parmi d'autres. Une part de l'activité sera en effet plus liée aux migrations et aux comportements sociaux (pariades). De ce fait, des vols par conditions de vent plus élevées sont plus fréquents durant cette période de migration/accouplement (notamment pour le groupe des sérotules).

Il est fort probable que ces hypothèses d'interprétation interagissent entre elles pour expliquer, au moins en partie, le pattern d'activité relevé par la Figure 114.



Figure 114 : Graphique de corrélation entre la vitesse du vent et l'activité des chauves-souris (selon la période d'activité)

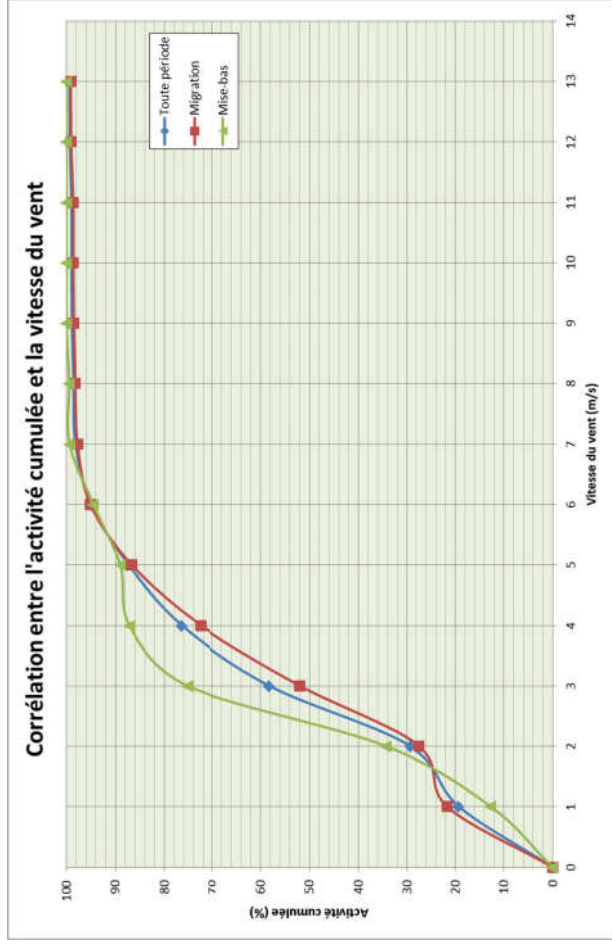
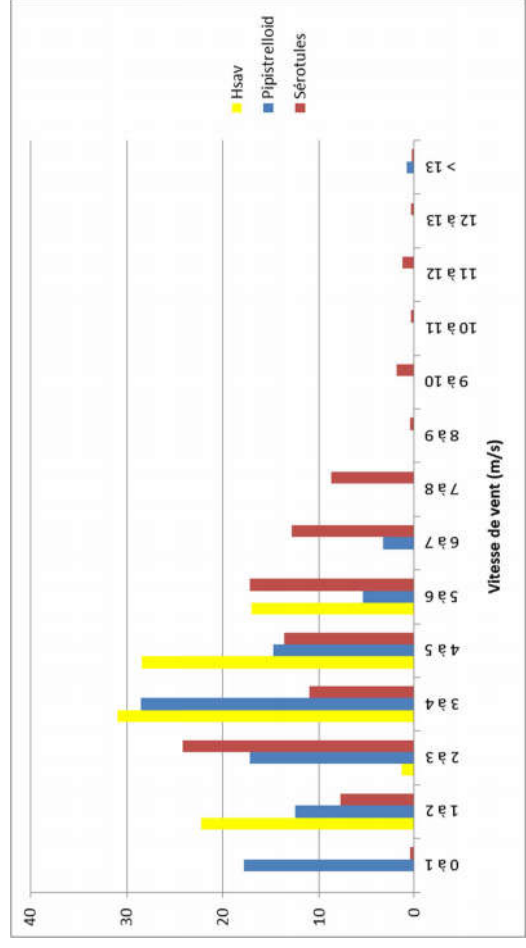


Figure 115 : Graphique de la proportion d'activité (de chaque groupe d'espèce) en fonction de la vitesse du vent selon les groupes d'espèces



### 8.1.3 Propositions de réglementations ciblées

En ce qui concerne la mortalité relevée au niveau du parc éolien d'Arfons, on a constaté que le taux de mortalité général du site correspondait globalement à celui d'un parc faiblement à moyennement impactant comparé aux données recueillies en France et en Europe. La problématique particulière de ce site réside plutôt dans le cortège d'espèces impactées et notamment de quelques espèces patrimoniales migratrices et de haut-vol tuées en période de transits (Sérotine bicolor, Minioptère de Schreibers, Grande noctule...).

Le chapitre précédent précise que les 5 espèces sur lesquelles l'impact est le plus marqué sur le site sont la Grande noctule, le Minioptère de Schreibers, la Sérotine bicolor puis la Noctule de Leisler et le Grand/Petit murin.

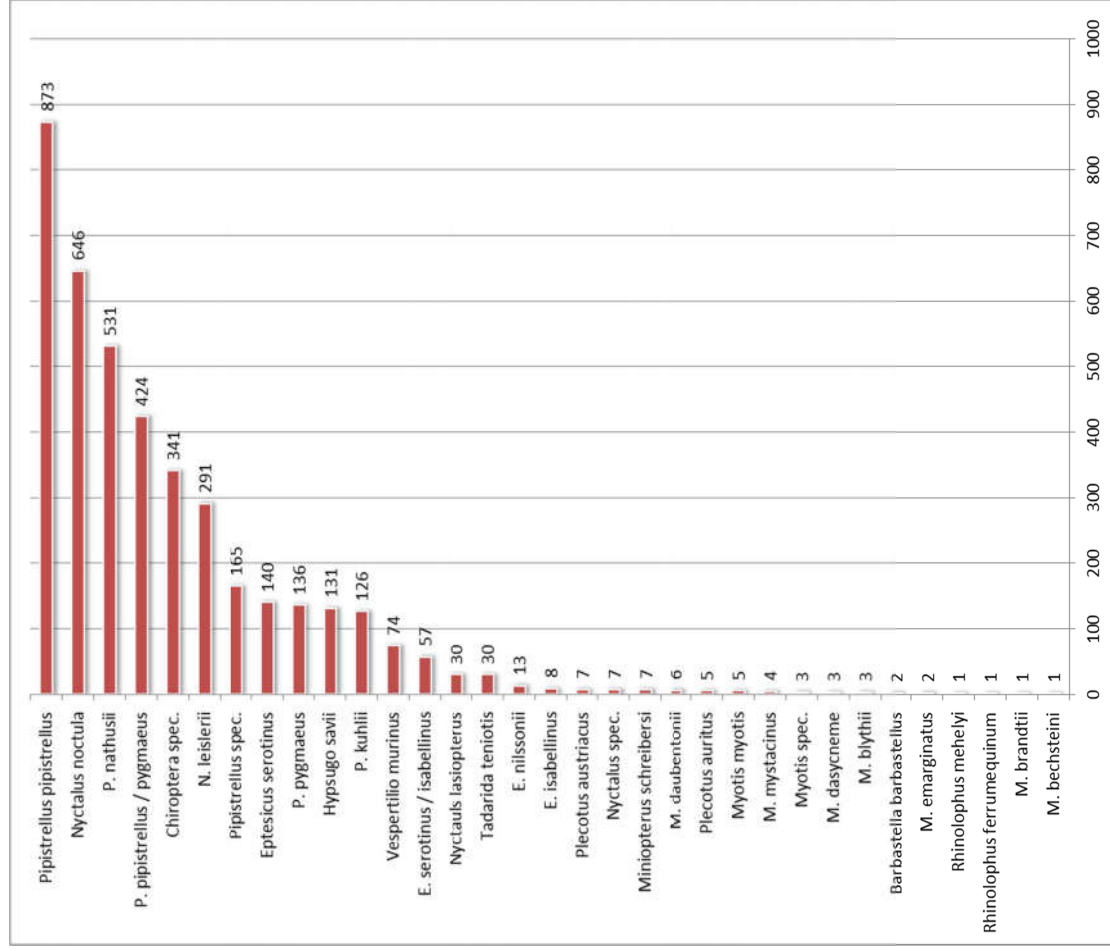
Au niveau de ce site éolien, la mortalité a principalement lieu à l'automne (migrations, parades). C'est donc cette période qui nous intéresse plus particulièrement dans la perspective de mesures de régulation. Les espèces sur lesquelles les impacts sont les plus marquées sont en effet affectées durant cette même période.

On notera aussi que les grandes espèces comme la Grande noctule, la Sérotine bicolor ou la Noctule de Leisler sont des espèces capables de voler à des hauteurs de vols à risque avec des vitesses de vent élevées (notamment en période automnale lors des vols de transit ou de migration).

On remarque aussi que ces 3 espèces sont très sensibles à l'éolien car d'après la synthèse des mortalités relevées en Europe jusqu'en 2012 par T. Durr, ces espèces font partie des 10 espèces les plus touchées par la collision avec les pales d'éoliennes. Cette notion de sensibilité vis-à-vis de ce graphique est relative car elle ne prend pas en compte l'abondance de ces espèces ainsi que leur répartition géographique. Aussi, la Pipistrelle commune bien représentée dans toute l'Europe et généralement très abondante a logiquement plus de risques d'être impactée que la Grande noctule qui a une répartition discontinue et principalement dans le Sud de l'Europe.

On peut remarquer que certaines espèces impactées (ex : Grande noctule...) n'ont été contactées que très ponctuellement dans l'entourage de l'éolienne 6 (Batcorder). Cette activité ponctuelle exposée au risque de collision renforce la perception de niveaux de sensibilité plus marqués pour ces espèces. Le caractère ponctuel de ce type d'activité est d'ailleurs renforcé par l'utilisation d'un seul enregistreur automatique au niveau des nacelles. En phase de transit migratoire, l'activité peut non seulement être ponctuelle dans le temps, mais aussi très localisée dans l'espace (cols, combes...) suggérant des niveaux de risques différents selon la position des éoliennes. Cela se traduit alors peut être aussi par une influence moins marquée des conditions climatiques à cette période de l'année.

Figure 116 : Représentation des cas de mortalité relevés en Europe par espèce (DURR, 2012)



Afin d'apprécier l'intérêt d'éventuelles mesures de réduction de risques d'impacts chiroptérologiques de ce parc éolien, nous proposons de tester ici 6 différentes simulations de bridage de l'activité des éoliennes. L'analyse vise à quantifier l'intérêt des mesures comme facteurs de réduction du risque de collision, en fonction des différents groupes d'espèces, de leurs modalités de fréquentation du site (paramètres phénologiques, statuts biologiques) et des facteurs d'influence de leur activité (paramètres climatiques). Les différents algorithmes proposés doivent aussi être analysés en termes de perte de production énergétique pour permettre d'apprécier la pertinence du rapport entre gain écologique et coût économique.

> **Régulation à 6 m/s tout au long de la période d'activité des chauves-souris (éoliennes à l'arrêt sous ce seuil)**

Il s'agit d'une régulation avec un seuil de vitesse de vent à 6 m/s durant toute la période d'activité des chauves-souris (soit ici globalement de mai à fin novembre), et de façon uniforme pour toutes les éoliennes du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin).

Ce type de régulation est souvent préconisé par défaut par l'administration lorsqu'aucun suivi de l'activité des chiroptères en continu en hauteur ne peut permettre une préconisation de mesure proportionnée à la situation du site en question. Il s'agit alors d'une mesure de prévention « à l'aveugle ». Dans notre cas précis, le graphique de la page précédente montre qu'un bridage limitant l'activité des éoliennes sous ce seuil de 6 m/s **permettrait de réduire le risque pour environ 95 % du niveau d'activité des chauves-souris de la période (2011-2012) de référence.**

Cette réduction du risque (~ 95%) concerne en premier lieu l'activité régulière des chauves-souris résidentes au niveau du parc éolien d'Arfons (groupe des pipistrelles en période estivale, voire de quelques Noctules de Leisler). Mais ce seuil de 6 m/s permettra aussi de réduire une large proportion des risques plus ponctuels identifiés pour des espèces de haut vol en période de transits migratoires / parades automnales. Même si nous avons vu que l'influence des conditions climatiques pouvait être moins marquée pour cette seconde problématique, limiter l'activité des éoliennes au-dessus de ce seuil de 6 m/s de vent limitera aussi significativement le niveau d'exposition des chauves-souris. Autrement dit, même si cette activité automnale d'espèces de haut vol peut théoriquement s'effectuer avec des vents plus forts que 6 m/s, le graphique montre quand même que la grande majorité de cette activité à risque est réalisée sous ce seuil de vent à cette période de l'année. En régulant les éoliennes sous ce seuil de 6 m/s, on réduira donc aussi le niveau de risque de façon significative pour ces espèces patrimoniales de haut vol, même si on ne pourra pas non plus exclure totalement toute mortalité ponctuelle.

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à moins de 1,5 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

> **Régulation à 4.5 m/s tout au long de la période d'activité des chauves-souris (éoliennes à l'arrêt sous ce seuil)**

Il s'agit d'une régulation envisagée avec un seuil de vitesse de vent à 4,5 m/s durant toute la période d'activité des chauves-souris (soit ici globalement de mai à fin novembre), sur toutes les éoliennes du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin).



Ce type de régulation aura approximativement le même effet que la régulation précédente sauf qu'ici, seuls 80% environ de l'activité des chiroptères seraient ainsi « protégés ». **Le seuil de 80% de réduction de risque peut théoriquement être considéré comme acceptable au vu des mortalités constatées sans mesure de bridage au cours du suivi lorsque la problématique du site se concentre sur des espèces résidentes à l'activité régulière** (groupe des pipistrelles notamment).

Par contre, concernant la problématique des espèces patrimoniales de haut vol exposées ponctuellement en période automnale, l'effet de ce bridage pourra être limité au vu des mortalités constatées lors du suivi et d'une corrélation moins marquée de l'activité des chauves-souris avec la vitesse de vent. Il limitera logiquement une partie du risque (période d'activité automnale réalisée par vents faibles). Mais dans la mesure où ces vents faibles sont déjà très peu exploités par les éoliennes à l'état initial, **il est possible que la plupart des mortalités constatées à l'automne puisse se renouveler au moins pour ces espèces de haut vol pour ce type de régulation.**

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à environ 0,15 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

➤ **Régulation à 7 m/s mais uniquement de mi-août à fin octobre (4,5 m/s le reste du temps)**

Il s'agit d'une régulation au-dessous d'un seuil de vitesse de vent de 7 m/s durant la période de migration/période des chauves-souris (soit ici globalement de mi-août à fin octobre), sur toutes les éoliennes du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin). Et en dehors de cette période automnale, une régulation à 4,5 m/s est aussi envisagée sur toutes les éoliennes du parc et durant la nuit.

Ce type de régulation cible à la fois **la problématique de risques pour les espèces patrimoniales de haut vol à activité ponctuelle à l'automne, et celle des espèces résidentes (98%)**. Ce type de régulation sera plus adapté à la problématique automnale du site en essayant de protéger en priorité les espèces de haut vol pour lesquelles les mortalités sont les plus susceptibles d'affecter l'équilibre des populations (le risque est théoriquement moindre pour le groupe des pipistrelles largement plus représenté). Cela n'écarte toutefois pas tout risque de mortalité ponctuelle pour ces espèces. En effet, non seulement certains individus continueront de voler par des vitesses de vent supérieures à 7 m/s. Mais en plus, en ce qui concerne la Noctule de Leisler, présente tout au long de l'année sur le site, les risques demeurent en dehors de la période automnale, même si la plupart des mortalités ont eu lieu dans la période de régulation potentielle (mi-août à fin octobre).

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à environ 1,6 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

➤ **Régulation à 8 m/s mais uniquement d'août à fin octobre (4,5 m/s le reste du temps)**

Il s'agit d'une régulation sous un seuil de vitesse de vent à 8 m/s durant la période de migration/période des chauves-souris (soit ici globalement de mi-août à fin octobre), sur toutes

les éoliennes du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin). Et en dehors de la période automnale, une régulation à 4,5 m/s sur toutes les éoliennes du parc et durant la nuit est envisagée.

Ce type de régulation permettra de **prendre en compte spécifiquement une grande partie de la problématique des espèces patrimoniales à activité ponctuelle, mais aussi des espèces résidentes (99%) lors de la période de régulation**. Ce type de régulation sera adapté à la problématique du site en essayant de protéger en priorité les espèces pour lesquelles les risques de mortalités sont les plus susceptibles d'affecter l'équilibre des populations. Mais des mortalités ponctuelles de ces espèces ne sont à nouveau toutefois pas totalement à exclure car il est possible que certains individus volent par des vitesses de vent plus élevées que 8 m/s. De même, comme évoqué précédemment, en ce qui concerne la Noctule de Leisler présente tout au long de l'année sur le site, il est possible qu'elle soit aussi impactée en dehors de la principale période de régulation (même si la plupart des mortalités ont eu lieu durant cette période de régulation potentielle – mi-août à fin octobre).

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à environ 3,10 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

➤ **Régulation à 8 m/s d'août à fin octobre sur l'éolienne 4)**

Il s'agit d'une régulation avec un seuil de vitesse de vent à 8 m/s durant la période de migration/période des chauves-souris (soit ici globalement de début août à fin octobre), seulement sur l'éolienne 4 du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin). Et parallèlement, il s'agit aussi d'une régulation avec un seuil de vitesse de vent à 4,5 m/s durant toute la période d'activité des chauves-souris (soit ici globalement de mai à fin novembre), sur toute les éoliennes du parc et durant la nuit (soit globalement de 18h à 8h le matin).

Ce type de régulation permettra de prendre en compte le fait que l'éolienne 4 est plus impactante que les autres éoliennes et notamment en ce qui concerne l'activité ponctuelle des espèces patrimoniales de haut vol (hypothèse d'une microvoie de passages migratoires organisée au droit du col).

**Ce type de bridage prendra donc en compte spécifiquement une très grande partie de la problématique d'espèces à activité ponctuelle au niveau de l'éolienne 4, mais aussi des espèces résidentes lors de la période de régulation. L'activité des espèces résidentes sera aussi en partie « protégée » le reste de l'année par la régulation à 4,5 m/s sur l'ensemble des éoliennes tout au long de l'année (Mai à Novembre)**. Ce type de régulation sera adaptée à la problématique du site en ciblant la protection des espèces pour lesquelles les impacts sont les plus forts et au niveau de l'éolienne qui semble être la plus problématique. Là encore, ce type de régulation ne permettra pas de garantir l'absence totale de mortalité, qu'il s'agisse d'individus en activité pour des vitesses de vent supérieures à 8 m/s au niveau de l'éolienne 4, ou pour des vitesses de vent supérieures 4,5 m/s au niveau des autres éoliennes du parc (notamment en période automnale).

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à environ 0,42 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

- Régulation de l'éolienne 4 sous 7 m/s d'août à fin octobre, et régulation des autres éoliennes à 6 m/s d'août à fin octobre

Il s'agit d'une régulation au-dessous d'un seuil de vitesse de vent de 7 m/s durant la période de migration/pariade des chauves-souris (soit ici globalement de mi-août à fin octobre), uniquement pour l'éolienne la plus impactante (E4), et au-dessous d'un seuil de 6 m/s pour les autres éoliennes pour la même période. Et en dehors de cette période automnale, une régulation à 4,5 m/s est aussi envisagée sur toutes les éoliennes du parc et durant la nuit.

Ce bème scenario de bridage différencie également le niveau de protection envisagé en période automnale selon les éoliennes (en ciblant tout particulièrement l'éolienne E4 la plus à risque), mais tout en maintenant une protection significative sur l'ensemble du parc éolien pour cette période. Il est donc bien adapté aux principales conditions de risques témoignant de mortalité constatées à l'état initial. Il faudra alors s'attendre à une réduction significative du niveau de risque de mortalité à cette période de l'année, aussi bien pour les serotines que pour les petites espèces (groupe des pipistrelles), soit de 84 à 94% de l'activité cumulée protégée à cette période de l'année selon les éoliennes. Par contre, les risques moins pris en compte par ce bridage concernent à nouveau des individus susceptibles de voler parc vents forts même en période automnale (migrateurs), mais aussi l'activité printanière et estivale et notamment les conditions de risques de pics d'activité liés aux essaimages d'insectes.

La perte de production approximative de ce type de régulation est estimée à environ 0,6 % de la production annuelle du parc éolien pour la période de référence.

- Conclusion sur les différentes simulations de régulations

Le tableau ci-contre fait la synthèse, pour chaque hypothèse de régulation, des perspectives de gains écologiques (en pourcentage d'activité cumulée des « protégés ») et des pertes de productible énergétique. L'intérêt chiroptérologique est différencié pour les deux problématiques distinctes des espèces résidentes à activité régulière sur le site (groupe des pipistrelles principalement) et des espèces à fréquentation ponctuelle mais plus patrimoniales et sensibles. Le choix d'un pattern de régulation peut être réalisé en fonction des objectifs de protection recherchés. Aussi, si on souhaite agir sur :

- **La problématique d'espèces résidentes**, il s'agirait de privilégier une régulation tout au long de l'année qui pourrait avoir pour conséquence une diminution de la mortalité générale du parc éolien concernant des espèces comme la Pipistrelle commune, la Pipistrelle pygmée, la Pipistrelle de Kuhl voire la Noctule de Leisler.

- **La problématique d'espèce ponctuelle**, il serait plus judicieux de privilégier une régulation ciblée sur la période la plus à risque à savoir l'automne. Il s'agirait donc d'effectuer une régulation très restrictive sur les vitesses de vent car les espèces ciblées pourraient voler même par vent fort. Cette régulation ciblée sur l'automne aurait pour conséquence une diminution de la mortalité des espèces résidentes en automne mais surtout des espèces ponctuelles comme la Grande noctule, la Sérotine bicolor, le Miniopière de Schreibers voire la Noctule de Leisler.

Le tableau propose pour chaque hypothèse, une valeur de gain écologique théorique prenant en compte ces deux problématiques (espèces résidentes et espèces ponctuelles de haut vol). Le calcul du rapport entre cette valeur et le cout économique de la perte de productible montre que les scénarii 5 et 6 seraient à priori les plus pertinents.

Figure 117 : Tableau de synthèse du gain écologique et de la perte de production selon les types de régulation

Scénario	Type de régulation proposée	Perte de production		Gain écologique				Rapport gain écologique / perte économique X 100000	
		Estimation de % de l'année de référence	Estimation pertes économiques (€)	Activité des espèces résidentes (Toute l'année)	Activité des espèces résidentes (Automne)	Activité des espèces résidentes (Printemps et été)	Activité des espèces patrimoniales de haut vol		Valeur de gain écologique
Scénario 1	6 m/s Mai à Novembre De 18h à 8h Toutes éoliennes	< 1,3 %	63 000	≈ 95% de l'activité	≈ 95% de l'activité	≈ 88 % de l'activité	Fort	5.0	7.94
Scénario 2	4,5 m/s Mai à Novembre De 18h à 8h Toutes éoliennes	< 0,2%	8 000	≈ 82% de l'activité	≈ 80 % de l'activité	≈ 88 % de l'activité	Moyen à faible	0.5	6.25
Scénario 3	7 m/s Août à Octobre De 18h à 8h Toutes éoliennes (Et 4,5 m/s sur la période Mai à fin Juillet)	env. 1,6 %	80 000	≈ 93% de l'activité	≈ 98 % de l'activité sur la période	≈ 88 % de l'activité	Fort	5.0	6.25
Scénario 4	8 m/s Août à Octobre De 18h à 8h Toutes éoliennes (Et 4,5 m/s sur la période Mai à fin Juillet)	env. 3,1 %	157 000	≈ 94% de l'activité	≈ 99 % de l'activité sur la période	≈ 88 % de l'activité	Fort	5.0	3.18
Scénario 5	8 m/s Août à Octobre De 18h à 8h Eolienne 4 (Et 4,5 m/s sur les autres éoliennes de Mai à Novembre)	env. 0,4%	21 000	≈ 82% de l'activité	≈ 80 % de l'activité	≈ 88 % de l'activité	Fort (E4) Moyen (Autres éoliennes)	3.0	14.29
Scénario 6	7 m/s d'août à octobre, de 18h à 8h pour l'éolienne 4 et 6 m/s d'août à octobre pour les autres éoliennes (Et 4,5 m/s sur les autres éoliennes de Mai à Novembre)	env. 0,6 %	31 000	≈ 95% de l'activité sur la période automnale, et	≈ 95 % de l'activité sur la période	≈ 88 % de l'activité	Fort (E4) Assez fort (Autres éoliennes)	4.5	14.52

## 9 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La société Valorem a développé un parc éolien sur la commune d'Arfons, dans le contexte forestier de la Montagne Noire. Un suivi de la mortalité sous les éoliennes des chauves-souris et des oiseaux fut prescrit sur une durée de trois ans, comme condition d'obtention du permis de construire. Cette mesure est envisagée en parallèle du suivi de l'activité des oiseaux et des chauves-souris, dans la continuité et par comparaison avec les résultats d'étude de l'état initial (études d'impacts d'avant implantation).

En 2010, 2011 et 2012, 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 Tarn, ECOTONE, EKO-LOGIK). Un protocole d'étude standardisé consécutif 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 d'Arfons. Pour les 8 cas de mortalité relevés, on suppose que la plupart sont intervenues pour des comportements de migrations nocturnes, hypothèse renforcée par une situation du parc éolien sur la crête d'un relief dominant. Les migrants nocturnes volent en effet généralement au-delà du champ de rotation des pales d'éoliennes. Mais pour ce type de configuration de relief dominant, cette distance au sol se réduit au niveau d'une concentration altimétrique des passages.

Ces différentes hypothèses doivent être désormais plus finement confrontées aux résultats de suivis de l'activité des oiseaux (LPO Tarn). Il s'agit d'aller plus loin dans la compréhension des différentes modalités d'impacts générées par le parc éolien, pour élargir ces résultats vers l'estimation des incidences sur l'équilibre des populations locales.

**En ce qui concerne les chauves-souris**, si le taux de mortalité estimé semble modéré et comparable avec ce qui est classiquement observé pour des parcs éoliens moyennement ou peu impactants en termes de mortalités, c'est plutôt au niveau de l'approche qualitative des mortalités que les impacts sont plus problématiques. Nous retiendrons en effet principalement ;

- Deux cas de mortalité de la Grande Noctule, qui révèlent une activité migratoire reliant certainement un site de mise bas à une zone de regroupement automnal pour la reproduction.

- Un cas de mortalité du Miniopère de Schreibers dont la plupart des indices permettent de cibler les sensibilités vers une phase de transit migratoire automnale en plein ciel. La confrontation de ces données avec les résultats de suivi de l'activité des chauves-souris montre qu'une activité à faible hauteur de vol est régulièrement relevée au niveau du site. Seuls quelques contacts ont été enregistrés en hauteur en période automnale. Il semble donc que cette espèce vole assez bas lors de ses activités quotidiennes (chasse, transits estivaux ...) mais peut aussi être amenée à voler plus haut (ponctuellement et plus rarement) et donc plus s'exposer au champ de rotation des pales d'éoliennes lors de vols de transits migratoires notamment.
- Cinq cas de mortalité de la Noctule de Leisler témoignant également probablement d'une activité en plein ciel. Ce constat intervient également en période de transits migratoires automnaux (certainement en provenance des gîtes estivaux vers les secteurs de swarming) mais aussi pour des individus en phase de chasse (activité opportuniste de printemps de mâles solitaires ou petits groupes monosexués potentiellement cantonnés dans les boisements environnants).
- Un cas de mortalité de Vespère de Savi, lors d'une période de forte chaleur de printemps où des ascendances thermiques ont pu se créer au moment de certains essayages d'insectes. Cette espèce utilise en effet ces ascendances pour chasser assez haut en effectuant des vols planés. C'est certainement lors d'une séquence de chasse que cet individu a ainsi été heurté par une pale d'éolienne.
- Un cas de mortalité de Sérotine bicolor, qui révèle là aussi une activité migratoire pour cette espèce généralement très rarement contactée en région Midi-Pyrénées, ce qui en fait une donnée remarquable.
- 20 autres mortalités de chauves-souris relevant du genre *pipistrellus*, probablement liées à des activités de chasse et de transit dans l'entourage de lisières situées à proximité des pales d'éoliennes.
- 1 cas de mortalité dont la détermination spécifique n'a pu être réalisée au vu de l'état de décomposition du cadavre.

En confrontant les données d'activité des chauves-souris et de mortalité relevée sur le terrain, on peut retenir principalement :

- La mortalité de **grands noctules** durant des périodes où l'activité semblait très faible et les conditions climatiques peu favorables (il s'agissait certainement d'individus en transits migratoires). De plus, durant toute la campagne de suivi de l'activité, peu de signaux n'ont pu être attribués de manière certaine à de la Grande Noctule, même si quelques enregistrements peuvent prêter à confusion avec les autres espèces de Noctules (notamment la Noctule commune).



- La mortalité des **noctules de Leisler** s'est produite à 4 reprises en période migratoire. Mais un cas a été relevé en période estivale. En mettant en relation les données d'activité, il semble que des mâles erratiques utilisent régulièrement le site mais à des valeurs d'activités faibles. On observe plutôt des pics d'activité en période automnale correspondant avec une activité de migrations potentielles.
- La mortalité du **Minioptère de Schreibers** a eu lieu durant sa période de transits migratoires. L'animal devait certainement être en transit au niveau du parc. Très peu d'activité en hauteur n'a en effet été relevée au niveau du parc pour le reste de l'année.
- La mortalité de la **Sérotine bicolore** est remarquable par le fait que cette espèce est très rarement contactée en région Midi-Pyrénées. Il s'agissait là très certainement d'un individu erratique également phase de transit migratoire.
- La mortalité du **Vespère de Savi** est intervenue durant une des seules nuits où cette espèce a été contactée par le détecteur à ultrason (le 16 Aout). Cette espèce semble utiliser le site très ponctuellement de façon opportuniste lors de conditions favorables en période printanière ou estivale (combinaison de fortes chaleurs, vent faible et essaisimages d'insectes ...)
- La mortalité des pipistrelles correspond avec une activité régulière de ces espèces résidentes au niveau du site. Les risques peuvent intervenir dans leur activité quotidienne liée au corridors des lisières (selon la proximité entre la partie basse du champ de rotation des pales et le champ d'activité des pipistrelles), ou bien plus ponctuellement lors de phénomènes d'essaimages d'insectes en hauteur où les pipistrelles peuvent aussi être amenées à prendre de la hauteur et s'exposer aux pales d'éoliennes.

Les niveaux d'impacts du parc éolien d'Arfons sur les espèces de chauves-souris sont jugés comme forts concernant trois espèces (Grande noctule, Sérotine bicolore et Minioptère de Schreibers) et assez forts concernant 2 espèces (Noctule de Leisler et Grand/Petit murin). L'impact sur le Vespère de Savi est estimé à un niveau moyen et concernant les autres espèces l'impact est noté comme faible.

De ce fait, vu les mortalités constatées et les espèces impactées, le parc éolien d'Arfons ne peut pas être considéré comme un parc particulièrement meurtrier (taux de mortalité global de niveau faible à modéré par rapport aux autres parcs Français et Européens suivis jusqu'à présent). Mais une partie des espèces impactées y sont à la fois patrimoniales et très faiblement représentées, d'où la perception d'une forte sensibilité et d'un effet potentiel sur les populations plus rapide que pour les pipistrelles.

Nous pouvons alors envisager en connaissance de causes, d'éventuelles mesures correctives pertinentes et proportionnées afin de réduire les effets concernant les espèces les plus impactées.

Vu qu'il s'agit d'espèces impactées plutôt en période migratoire (de mi-août à fin octobre), il semble important de cibler tout particulièrement cette période. De plus, les espèces patrimoniales de haut vol sont caractérisées par une capacité à voler dans des conditions de vitesses de vent élevées, donc, pour prendre en compte cette problématique, une régulation efficace ne peut être envisagée que pour des vents assez forts. La régulation n'aura pas pour but de ramener la mortalité à 0, mais plutôt de diminuer l'effet de cette mortalité notamment sur les espèces les plus impactées afin de préserver l'équilibre des populations de chauves-souris utilisant le site.

Si une régulation devait être envisagée dans les années à venir au niveau de ce parc éolien, et devant la difficulté d'appréhender les effets réels de cette régulation, il serait souhaitable d'envisager un suivi de mortalité en parallèle au moins lors de la période automnale. Un suivi automatisé en hauteur serait aussi judicieux afin d'accompagner la mesure de régulation des éoliennes pour préciser les modalités de fréquentation du site (sur une base interannuelle). Il sera ainsi possible, au besoin, d'ajuster les paramètres de la régulation aux objectifs de réductions des impacts et à la mortalité constatée.

## 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., KLUIG 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 Castelnaud-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.
- **CERA Environnement** (2007) – Projet de parc éolien sur la commune d'Arfons (81). Évaluation des incidences sur les chiroptères. Rapport complémentaire, 15 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-Gren/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., OLIOSSO 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 Groupon 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**



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

FICHE DE TERRAIN MORTALITE OIS/ CS parc éolien de ARFONS - Campagne 2010				
Chercheur :		Météo (%couvert, pluie...)	Orages récents ?	
Date :		Vent (direction, force...)	Visibilité	
H-début recherche	H-fin recherche	Environnement (1/2, 1)	Rq par éolienne (traces prédat, maintenance...)	
		Surface (%), ou milieux non prospectés (B=bois, G=graminées, T=terreneue, P=végétal rase (<10cm), B=végétal basse (>10-50cm), H=végétal haute->50 cm), et pourquoi ?		
E1				
E2				
E3				
E4				
E5				
E6				
E7				
E8				
E9				
E10				
E11				
<b>Contexte</b>				
<b>Description de cadavres</b>				
Code (initiales + C ou O + n°)				
Code Eolienne				
Distance par rapport au mat				
Orientation par rapport au mat				
Localisation GPS				
Etat (vivant, frais, avancé, sec)				
Mort depuis (nb J)				
Blessure, description ?				
Espèce (1 ou ?)				
Taille Avant bras pour CS (m m)				
Age (ad, jeune)				
Sexe (male, fem) ?				
fem allaitante/gestante CS?				
Réserve de graisse, plaque incubatrice oiseau				
<b>Remarques générales</b>				



## 9.2 Annexe 2 : données brutes de mortalités découvertes

### 9.2.1 Suivi 2010

Espèce	Eolienne	Nombre	Date de découverte	Découvreur	Organisation	Distance (m)	Orientation (mat)	Sexe	Fem allaitante ou gestante ?	ab (mm)	Age	Etat	Date mort estimée	Blessures ?	Baro/ collision ?	
plumée sp.	E3	1	14-juin	M. GEVELIN	EXEN	36	SE									
Noctule de Leisler	E9	1	28-juin	A. CALVET	LPO	19	S	Mâle		45	Adulte	Sec		Fracture aux deux ailes + thorax ouvert -> collision ?		collision
Pipistrelle commune	E4	1	2-juil.	A. CALVET	LPO	18	ENE	?		29	Adulte ?	frais mais écrasé par véhicule	02/07/2010	Fractures multiples liées au passage de véhicule		?
Pipistrelle commune	E7	1	12-juil.	M. GEVELIN	EXEN	39	N	Mâle		29	adulte	Sec en décomposition	Plus de 3 jours	orifice sur le dos		collision
Pipistrellus sp.	E11	1	12-août	A. JAMMES	ECOTONE	22	ESE			26		Avancé	max 10/08/2010	Ecrasé, découpé, que le reste du dos		collision
Gobemouche noir	E6	1	2-sept.	F. ALBESPY	EXEN	34	NNE				Adulte	Avancé/sec (plus de globe oculaire)	Plus de 5 jours	une sur le dos		
pp sp. probable commune	E11	1	2-sept.	F. ALBESPY	EXEN	19	SE	?		29,5	?	Avancé	2-3 jours			?
Minioptère de Schreibers	E2	1	28-sept.	A. CALVET	LPO	22	S (SE)	Femelle	non ?	45	immature ? (grosses articulations et ossements bien irrigués)	Frais	nuit précédente	Intact		barotraumatisme
Pigeon domestique	E8	1	1-oct.	F. LOIRET et N. DELAYS	ECOTONE	40	E				adulte	Assez frais	Moins de 5 jours	Trou au niveau du bréchet		
Fauvette à tête noire	E4	1	15-oct.	A. CALVET	LPO	7	WNW	Femelle ou 1ère année			Femelle ou 1ère année	frais	14 ou 15 oct	Rien de visible-> baro ?		

### 9.2.2 Suivi 2011

Espèce	Eolienne	Nombre	Date de découverte	Découvreur	Distance/mat (m)	Sexe	Fem allaitante ou gestante ?	ab (mm)	Age	Date mort estimée	Baro/ collision / ?
Pipistrelle pygmée (probable)	E11	1	26/05/2011	A. James	70	femelle		30,6	ad	25/05/2011	Baro possible
Vespère de Savi	E9	1	18/08/2011	S. Redondo	6	male		33,4	ad	16/08/2011	Baro possible
Chiro sp.	E10	1	26/08/2011	L. Nazon	20	ind		ind	ind	22/08/2011	ind
Pipistrelle commune (Probable)	E8	1	26/08/2011	L. Nazon	10	ind		30,5	ad	22/08/2011	ind
Grande noctule	E4	1	09/09/2011	N. Deleys	16	femelle	post-lactante	64	ad	08/09/2011	blessé
Pipistrelle de Nathusius	E4	1	09/09/2011	N. Deleys	14	femelle		33,7	ad	07/09/2011	Fracture
Pipistrelle commune	E1	1	16/09/2011	L. Nazon	20	femelle ?		31,1	ad	12/09/2011	ind
Pipistrelle commune	E5	1	26/09/2011	Y. Patris	15	?		28,7	ad	22/09/2011	Ind
Pipistrelle commune	E4	1	17/10/2011	M. Geyelin et F. Albespy	11	male		30	ad	16/10/2011	Baro possible
Pipistrelle de Kuhl	E8	1	17/10/2011	M. Geyelin et F. Albespy	22	male		35,5	jeune	16/10/2011	ind
Noctule de Leisler	E1	1	04/10/2011	MO (Ekologic)	10	male		41,5	ind	03/10/2011	Baro possible
Pipistrelle commune	E3	1	04/10/2011	MO (Ekologic)	17	male		31	ad	01/10/2011	ind
Gaïlle des blés	E2	1	12/08/2011	Y. Patris	40	femelle			ad	10/08/2011	Collision

### 9.2.3 Suivi 2012

Espèces	Date trouvé	Date mort estimée	Eolienne	Sexe	Age	Distance du mat	Nombre de cadavres	Barotrauma / blessure	Découvreur
Fauvette grisette	23/04/2012	21-avr-12	E8	femelle	adulte	11	1	Fracture aile gauche	A. CALVET (LPO Tarn)
Gobemouche noir	10/05/2012	09-mai-12	E1	femelle	jeune	48	1	RAS	A. CALVET (LPO Tarn)
Rougegorge familier	20/04/2012	18-avr-12	E6			41	1		M. GEYELIN (EXEN)
Pipistrelle commune probable	21/05/2012	18-mai-12	E2	ind	ind	45	1	Ecrasé	A. CALVET (LPO Tarn)
Pipistrelle commune	25/07/2012	25-juil-12	E2	mâle	adulte	20	1	RAS	L. NAZON (EXEN)
Pipistrelle commune	21/08/2012	18-août-12	E6	ind	jeune	14	1	ind_sec	J. MOUGNOT (EXEN)
Pipistrelle commune	24/08/2012	23-août-12	E1	ind	adulte	7,5	1	Barotrauma	J. MOUGNOT (EXEN)
Pipistrelle commune	24/08/2012	18-août-12	E3	ind	ind	24	1	ind_sec	J. MOUGNOT (EXEN)
Noctule de Leisler	24/08/2012	23-août-12	E6	mâle	jeune	13	1	barotrauma/fracture	J. MOUGNOT (EXEN)
Sérotine bicolore	24/08/2012	23-août-12	E1	mâle	adulte	18	1	ind	J. MOUGNOT (EXEN)
Pipistrelle commune	07/09/2012	07-sept-12	E11	mâle	adulte	40	1	RAS	L. NAZON (EXEN)
Hypolaïs polyglotte?	10/09/2012	08-sept-12	E4	ind	jeune?	39	1		J. MOUGNOT (EXEN)
Noctule de Leisler	10/09/2012	09-sept-12	E4	ind	ind	24	1	indéterminé	J. MOUGNOT (EXEN)
Grande noctule	11/10/2012	10-oct-12	E4	ind	ind	36	1	Plus que la tête	J. MOUGNOT (EXEN)
Pipistrelle sp.	11/10/2012	06-oct-12	E4	ind	adulte	18	1	ind_sec	J. MOUGNOT (EXEN)
Pipistrelle commune	12/09/2012	10-sept-12	E8	ind	ind	15	1	indéterminé	ECOTONE
Noctule de Leisler	12/09/2012	10-sept-12	E4	ind	ind	20	1	indéterminé	ECOTONE

---

#### 10.4.8 Parc éolien de Sauveterre 1 (suivi 2013)

---

<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>METHODOLOGIE</b>	<b>3</b>
1. Le suivi	3
a. Surfaces et parcours de prospection	3
b. Fréquence des visites	4
c. Collecte des données	4
2. Différentes méthodes d'estimation	4
a. Winkelman	4
b. Erickson	5
c. Jones	5
d. Huso	6
e. Coefficients correcteurs	7
<b>RESULTATS</b>	<b>9</b>
1. Surface prospectable sous les éoliennes	9
2. Coefficients	9
a. Efficacité du découvreur	9
b. Taux de prédation	10
c. Coefficient correcteur de surface	11
3. Les cas de mortalité découverts	11
a. Oiseaux	11
b. Chiroptères	12
c. Distribution des découvertes dans le temps	13
d. Distribution des cadavres par éolienne	13
e. Chocs et barotraumatismes	14
4. Bilan des résultats	14
<b>COMMENTAIRES</b>	<b>16</b>
1. Estimation de la mortalité	16
2. Espèces découvertes	16
<b>EN RESUME</b>	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>20</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>21</b>

## **Parc éolien de Sauveterre (81)** ***Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères en 2013***



Amaury CALVET

Janvier 2014

## INTRODUCTION

Pour le compte de SAS NOREOLE représentée par EDF EN France et à la demande de la société EDF EN France, la LPO Tarn a effectué, du 3 avril au 31 octobre 2013, un suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères sur le parc éolien de Sauveterre. Ce parc, composé de 6 aérogénérateurs, est situé au sud-est du département du Tarn, dans la partie orientale de la Montagne noire tarnaise.

Depuis janvier 2012, les parcs éoliens sont soumis à une nouvelle réglementation (ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). L'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif à cette réglementation stipule que les exploitants de parcs éoliens doivent réaliser un « *suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole* ».

## METHODOLOGIE

En l'absence de protocole validé au niveau national en 2013 et comme le suivi « ICPE » du parc devait être effectué cette même année, le choix de la méthodologie du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères est resté à l'appréciation de l'exploitant, en concertation avec le maître d'œuvre. Il a été fait sur la base des connaissances existantes et des retours d'expérience des suivis similaires de parcs existants.

### 1. Suivi

#### a. Surfaces et parcours de prospection

La prospection a été effectuée sous chacune des 6 éoliennes au sein d'un **cercle de 100 mètres de diamètre** (soit 0,785 hectares) dont le centre est le pied de l'éolienne. Les limites du cercle ont été préalablement matérialisées sur le terrain (repères et/ou peinture).

Les zones de forêt ou de lande très fournie ne sont pas prospectées étant donné la très faible probabilité de retrouver un cadavre dans une végétation dense.

La prospection est réalisée sur l'ensemble de la surface réellement prospectable par un parcours en spirale avec un intervalle de 5 mètres entre chaque passage.

Ce schéma de cheminement théorique a toutefois été adapté au sein de chaque cercle afin de tenir compte de la typologie et de la nature des milieux (zones non prospectables, contraintes topographiques...). Dans tous les cas l'intervalle de 5 mètres entre les passages a été conservé afin de couvrir l'intégralité de la surface à prospecter.

Pour optimiser la prospection, l'emploi du GPS, la carte IGN et les repères de terrain permettent de se positionner constamment au sein du cercle défini. Par la suite, avec l'habitude, il est assez simple de suivre un parcours de prospection.

A noter qu'au début du suivi, d'importantes surfaces théoriquement prospectables étaient occupées par des formations denses et hautes de Genêt (principalement) rendant la prospection très difficile, voire impossible. La plupart de ces zones ont été gyrobroyées à notre demande le 24 avril

permettant d'obtenir des conditions propices à la recherche des cadavres, même de taille réduite (passereaux et chiroptères).

La repousse partielle de ces végétaux à la fin de l'été et au début de l'automne est venue limiter quelques peu les capacités de détection de petits cadavres sur certains de ces secteurs (un second gyrobroyage envisagé n'a pu être effectué pour des raisons techniques et matérielles).

#### b. Fréquence des visites

Le suivi a été effectué d'avril à octobre inclus afin d'englober la période de reproduction des oiseaux et d'activité des chauves-souris, ainsi que les périodes de migration prénuptiale (avril-mai) et postnuptiale (septembre-octobre) de l'avifaune.

La fréquence du suivi a été définie de la façon suivante :

- 1 passage par semaine du 3 avril au 14 août, soit 20 semaines
- 2 passages par semaine du 19 août au 31 octobre, soit 11 semaines.

Pour la première période, les passages étaient fixés tous les mercredis. Ces jours ont été décalés à 2 reprises lors d'impossibilité de passer le jour défini (30 avril au lieu du 1<sup>er</sup> mai et 7 mai au lieu du 8).

Pour la seconde période, les jours de visite ont été réalisés les lundis et jeudis.

Au total, 42 jours de suivis ont été effectués (planning en annexe 1).

#### c. Collecte des données

Une fiche de terrain est renseignée pour chaque visite (annexe 2). Entre autres, des informations sur les zones prospectées sont répertoriées afin de pouvoir évaluer l'effort d'échantillonnage (surface non prospectée, surface difficile à prospecter).

Lors de la découverte d'un cadavre, les informations relatives à celui-ci (espèce, distance à l'éolienne, blessure etc.) sont renseignées sur la fiche terrain dans la mesure du possible. En l'absence de blessure visible, nous avons considéré que l'individu avait été victime de barotraumatisme (implosion due à la pression des pales en mouvement). Cependant, pour attester d'un barotraumatisme, il aurait fallu effectuer des autopsies. Le barotraumatisme touche particulièrement les chauves-souris et les petits oiseaux. Les oiseaux plus gros (taille d'un pigeon) ne semblent pas impactés.

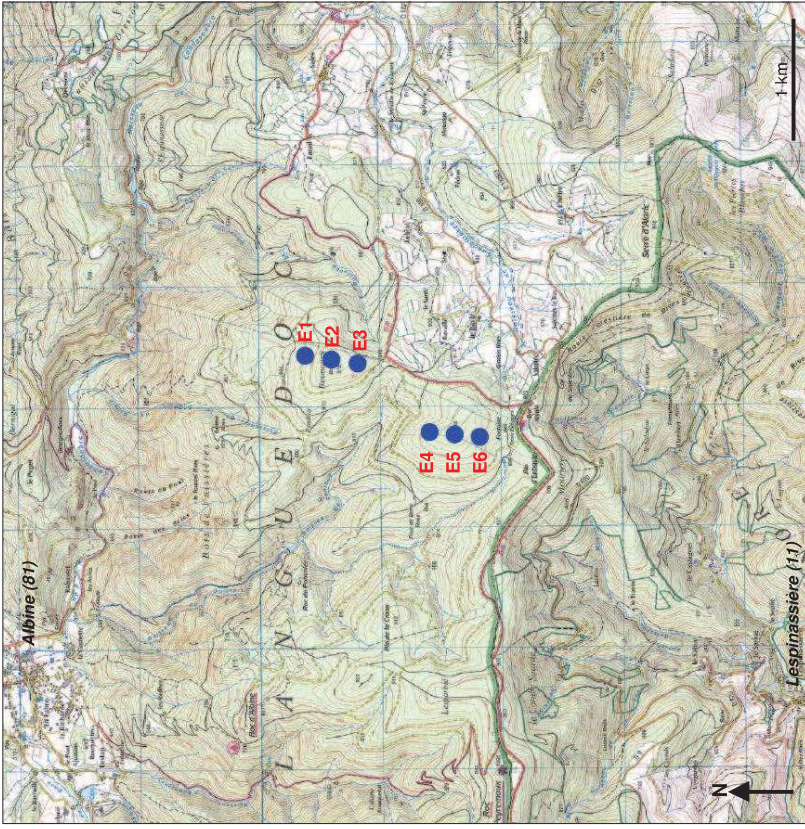
Le cadavre est également photographié, localisé par GPS et positionné sur un Système d'Information Géographique (SIG).

Les cadavres d'oiseaux, une fois identifiés, ont été laissés sur place afin de pouvoir suivre la durée de persistance des cadavres (en complément des tests de prédation).

Pour l'identification des chauves-souris nous avons fait appel aux compétences d'un des spécialistes en la matière en Midi-Pyrénées, Frédéric Néri, administrateur de la LPO Tarn.



Carte 1 : Localisation des éoliennes



Sources : EDF-EN – Scan 25 - IGN

## 2. Différentes méthodes d'estimation

### a. Winkelman

La formule de Winkelman est celle proposée dans le protocole de suivi de la LPO (André, 2004). Cette formule surestime la réalité lorsque le taux de prédation est très important.

$$N_{\text{estimé}} = \frac{N}{d \times p}$$

Avec :

$N_{\text{estimé}}$  : le nombre estimé d'oiseaux ou de chauves-souris tués par les éoliennes.

$N$  : le nombre de cadavres comptés sous les éoliennes.

$d$  : le coefficient de correction lié à l'efficacité de recherche de l'observateur sur le terrain.

$p$  : coefficient de persistance des cadavres, c'est-à-dire la proportion de cadavres restants au bout de  $x$  jours. «  $x$  » correspondant à la durée de l'intervalle entre deux passages. Pour un passage par semaine  $x=7$ . Pour deux passages par semaine  $x = 7/2 = 3,5$ .

### b. Erickson

Contrairement à celle de Winkelman, cette méthode permet de prendre en compte la forte prédation, autrement dit, un taux de persistance égal à zéro. Ceci est possible car Erickson utilise dans sa formule la durée moyenne de persistance d'un cadavre et inclus également la durée de l'intervalle entre deux visites.

$$N_{\text{estimé}} = \frac{I \times N}{t \times d}$$

Avec :

$N_{\text{estimé}}$  : le nombre estimé d'oiseaux ou de chauves-souris tués par les éoliennes.

$N$  : le nombre de cadavres comptés sous les éoliennes.

$d$  : le coefficient de correction lié à l'efficacité de recherche de l'observateur sur le terrain.

$t$  : durée moyenne de persistance d'un cadavre (jours)

$I$  : durée de l'intervalle entre deux visites (jours)

### c. Jones

Jones s'appuie sur plusieurs hypothèses :

- le taux de mortalité est constant sur l'intervalle.
- la durée de persistance suit une variable exponentielle négative.
- la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle.

Soit  $P$ , la probabilité qu'un cadavre persiste dans un intervalle donné :  $P = e^{-0,5 \times d \times t \times p}$

La notion d'intervalle effectif est aussi ajoutée par Jones. 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%.

Ainsi on obtient la formule suivante :

$$N_{\text{estimé}} = \frac{N}{d \times P \times \frac{I}{2} \times p}$$

Avec :

$N$  estimé : le nombre estimé d'oiseaux ou de chauves-souris tués par les éoliennes.

$N$  : le nombre de cadavres comptés sous les éoliennes.

$d$  : le coefficient de correction lié à l'efficacité de recherche de l'observateur sur le terrain.

$t$  : durée moyenne de persistance d'un cadavre (jours).

$l$  : durée de l'intervalle entre deux visites (jours).

$\hat{l}$  : intervalle effectif dont la formule est :  $\hat{l} = -\log(0.01) \times t$

$\hat{e}$  : coefficient correcteur de l'intervalle :  $\hat{e} = \frac{\text{Min}(l, \hat{l})}{l}$  et  $\text{Min}(l, \hat{l}) = \text{valeur minimale entre } l \text{ et } \hat{l}$

$\alpha$  : coefficient correcteur de surface.

A noter que dans la formule, j prend la valeur minimale entre  $l$  et  $\hat{l}$ .

#### d. Huso

Huso utilise la même formule que Jones mais suppose que la mortalité est 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 de persistance des carcasses est donc plus élevé, soit :  $P = \frac{\alpha \times (l - t)^{-1/2}}{l}$

$N$  estimé =  $\frac{N}{d \times P \times \hat{e} \times \alpha}$

Avec

$N$  estimé : le nombre estimé d'oiseaux ou de chauves-souris tués par les éoliennes.

$N$  : le nombre de cadavres comptés sous les éoliennes.

$d$  : le coefficient de correction lié à l'efficacité de recherche de l'observateur sur le terrain.

$t$  : durée moyenne de persistance d'un cadavre (jours).

$l$  : durée de l'intervalle entre deux visites (jours).

$\hat{l}$  : intervalle effectif :  $\hat{l} = -\log(0.01) \times t$

$\hat{e}$  : coefficient correcteur de l'intervalle :  $\hat{e} = \frac{\text{Min}(l, \hat{l})}{l}$  et  $\text{Min}(l, \hat{l}) = \text{valeur minimale entre } l \text{ et } \hat{l}$ .

A noter que dans la formule, j prend la valeur minimale entre  $l$  et  $\hat{l}$ .

#### e. Coefficients correcteurs

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. Ceci peut être dû à deux facteurs : soit parce qu'ils n'ont pas été découverts à cause de problèmes de visibilité dans la végétation, soit parce qu'ils ont été prélevés par la faune nécrophage locale entre deux passages. Le calcul du taux de mortalité nécessite donc la prise en compte de coefficients d'erreur liés à l'efficacité de la découverte des cadavres d'une part, et à la pression de la faune nécrophage d'autre part.

Un troisième coefficient a été utilisé afin de prendre en compte la surface totale prospectée.

#### ➤ Efficacité du découvreur

Pour évaluer l'efficacité du découvreur des tests ont été effectués sous 4 éoliennes différentes (E3 et E5 le 15 mai et E1 et E6 le 26 juin). Un échantillon de cadavres d'oiseaux d'élevages (perdrix et poules faisane) est dispersé quelques heures avant une journée de recherche de cadavres sous les éoliennes. Ces cadavres sont de deux, voire trois tailles différentes : les gros sont des adultes qui correspondent à la taille d'un rapace (buse, milan...); les moyens sont des jeunes de la taille d'une

grive ; les petits sont des têtes de perdrix ou de faisans qui correspondent à la taille des petits passereaux et des chauves-souris. Ceci permet de limiter les biais dus à la taille du cadavre (les gros sont plus faciles à trouver que les petits), autant pour la détection par l'observateur que pour mesurer le taux de prédation.

Les éoliennes choisies sont celles dont les milieux sont variés et représentatifs de l'ensemble des éoliennes suivies. Les cadavres sont dispersés dans les différents types de milieux présents afin de rester fidèle au contexte du parc (les cadavres sont plus faciles à trouver dans les milieux dégagés).

Ce test nécessite la présence de deux personnes, une qui disperse les cadavres (« le disperseur ») et une autre qui les recherche par la suite (« le chercheur »). Après avoir préparé les cadavres, le disperseur va les positionner sur la zone test. Les limites de la zone test correspondent au cercle de prospection. Les cadavres sont dispersés de manière aléatoire dans les limites de celui-ci, 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 par exemple).

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. En fin de session, les résultats permettent d'apprécier l'efficacité du chercheur, caractérisée par le « taux de détection » (nommé  $d$ ) calculé comme suit :

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

#### ➤ Taux de prédation

Pour apprécier la vitesse de disparition des cadavres, le cercle retenu pour le test du découvreur est parcouru en relevant la présence ou l'absence des cadavres-test à l'aide du GPS et/ou de la carte de terrain où sont notées les positions. Ce contrôle est réalisé à plusieurs jours d'intervalle afin d'observer la vitesse de disparition ou de déplacement des cadavres. On pourra ainsi apprécier l'action des nécrophages par unité de temps.

Pour la première période de suivi à un passage par semaine, les intervalles de temps sont les suivants :  $n+2$  ;  $n+5$  et  $n+7$ , soit trois contrôles ( $n$  étant le jour du dépôt des cadavres). Le dépôt des cadavres a lieu un mercredi afin d'effectuer les passages le vendredi, lundi et mercredi suivants. Ainsi les jours  $n$  et  $n+7$  sont mutualisés avec le suivi classique de mortalité. Ce nombre de passages est nécessaire afin de pouvoir estimer au mieux la vitesse de disparition des cadavres.

Pour la seconde période de suivi à deux passages par semaine, les intervalles de temps ont été modifiés afin de pouvoir également mutualiser avec les jours de suivi de mortalité classique (les lundis et jeudis), soit :  $n+3$ ,  $n+7$  et  $n+10$ , avec le dépôt des cadavres le lundi ( $n$ ) et les passages supplémentaires le jeudi et lundi suivants.

Deux séries de deux tests de la prédation étaient initialement prévus. Nous avons effectué deux tests supplémentaires afin de couvrir les trois saisons de la période de suivi (printemps, été et automne) et de compenser les effets d'une *Rave party* non autorisée le 20 mai sur E2 et E3 qui avaient empêché le contrôle à  $n+5$  et provoqué la disparition de l'ensemble des cadavres (piétinement et prédation par chiens).

# RESULTATS

## 1. Surface prospectable sous les éoliennes

Les zones jamais prospectées du fait de la végétation (broussailles) et/ou du relief (forte pente) représentent entre 10 % et 28 % de la surface théorique de prospection par éolienne (égale à 0,785 hectares) (figure 1).

Sur l'ensemble du parc, 21,5 % de la surface théoriquement prospectable n'a pas été prospectée, soit environ 1 ha. La recherche des cadavres a donc été effectuée sur 78,5 % de la surface totale théorique de prospection soit sur 3,7 ha des 4,7 hectares de surface totale.

A noter que lors des 4 premières visites, les surfaces non prospectées, car occupées par des genêts denses, étaient 3,3% plus élevées qu'après le passage du gyrobroyeur le 24 avril. Celui-ci a, en outre, nettement facilité la prospection sur une part importante du reste de la surface parcourue.

Après le gyrobroyage, les zones et surfaces prospectées sont restées les mêmes durant l'ensemble du suivi.

Figure 1 : Proportions de surfaces prospectées et non prospectées sous chaque éolienne



## 2. Coefficients

### a. Efficacité du découvreur

Le taux moyen de détection des cadavres calculé à partir des 4 tests de découverte effectués est de 68,4 % (tableau 1).

Les conditions météorologiques particulièrement médiocres (forte pluie et vent) sont venues sensiblement perturber la recherche des cadavres lors du test du 15 mai effectué sous E5.

Au total, 4 tests de découverte et 6 tests de prédation ont ainsi été effectués durant la période de suivi, ces derniers couvrant l'ensemble des 6 éoliennes du parc :

- 2 le 15/05/13 sous E3 et E5 où 9 cadavres ont été déposés sous chaque éolienne (**tests découverte et prédation**),
- 2 le 26/06/13 sous E1 et E6 avec 16 cadavres chacune (**tests découverte et prédation**),
- 2 le 07/10/13 avec 12 cadavres sous E2 et 11 cadavres sous E4 (**tests prédation**).

Les résultats des tests (découverte et prédation) sont reportés sur une fiche terrain (annexe 3).

### ➤ Coefficient correcteur de surface

Ce coefficient permet de prendre en compte les parties non prospectées contenues dans la zone théorique de prospection. Ces zones correspondent à des broussailles (genêts), des zones escarpées (talus à forte pente) et de la forêt.

Ce coefficient, nommé  $\alpha$ , est celui utilisé par Beucher *et al.* (2013), calculé comme suit :

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



Tableau 1 : Résultats des tests de détection

Dates	Eoliennes	Cadavres déposés	Cadavres trouvés	Taux de détection
15/05/2013	E3	9	6	66,66%
	E5	9	4	44,44%
	E1	16	15	93,75%
26/06/2013	E6	16	11	68,75%
	Taux moyen de détection			<b>68,40%</b>

### b. Taux de prédation

Les résultats des tests donnent des taux de prédation variables suivant les éoliennes et les périodes de l'année (tableaux 2), compris entre 0 et 100 % de cadavres au bout d'une semaine (= durée entre deux passages pendant la première période).

La moyenne des différents tests donne un taux de disparition des cadavres de 59,34 % au bout de 7 jours.

Tableaux 2 : Résultats des tests de prédation

Date	Eol.	Cadavres déposés	Taux de disparition			
			N+2	N+5	N+7	N+10
15/05/2013	E03	9	11,10%	? *	100%	
	E05	9	0%	22,20%	55,50%	
	E01	16	18,75%	37,50%	56,25%	
26/06/2013	E06	16	37,50%	56,25%	62,50%	
	Taux moyen			<b>16,83%</b>	<b>38,65%</b>	<b>68,56%</b>

Date	Eol.	Cadavres déposés	Taux de disparition		
			N+3	N+7	N+10
07/10/2013	E02	12	0%	0%	0%
	E04	11	81,80%	81,80%	100%
	Taux moyen			<b>40,90%</b>	<b>40,90%</b>

Date	Eol. déposés	N+2		N+5		N+7		Tx pred
		Cad. disp.	Tx pred	Cad. disp.	Tx pred	Cad. disp.	Tx pred	
15/05/2013	E03	9	1	11,10%	? *	9	100%	
	E05	9	0	0%	2	22,20%	5	55,50%
	E01	16	3	18,75%	6	37,50%	9	56,25%
26/06/2013	E06	16	6	37,50%	9	56,25%	10	62,50%
	E02	12	0	0%	0	0%	0	0%
07/10/2013	E04	11	? **	? **	9	81,80%	9	81,80%
		Taux moyen						<b>59,34%</b>

\* : absence de données (Rave party en cours sous l'éolienne)

\*\* : absence de donnée (1<sup>er</sup> passage à N+3)

On remarquera la forte hétérogénéité de la rapidité de disparition des cadavres d'un test et d'une machine à l'autre, en particulier lors des deux tests d'octobre.

En effet, alors que sur la machine E04, plus de 80 % des cadavres-tests avaient disparu 3 jours après leur mise en place le 7 octobre, les 12 cadavres déposés sur l'éolienne E02 étaient encore en place et non consommés le 21 octobre soit 14 jours plus tard !

Ces taux importants sous certaines machines sont corroborés par des observations régulières de crottes de mammifères carnivores (renard, mustélidés et chiens) et de traces de sangliers (volontiers charognards).

### c. Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface a été calculé avec la surface moyenne prospectée soit 3,7 hectares.

Comme indiqué plus haut, la surface prospectée a été légèrement plus faible lors des 4 premières visites, mais ces variations minimales (3,3% de moins que lors du reste du suivi) et limitées dans le temps (9% des visites) n'affectent pas le taux du coefficient correcteur de surface.

## 3. Les cas de mortalité découverts

### a. Oiseaux

#### ➤ Nombre et espèces

7 individus ont été trouvés sous 4 des 6 éoliennes, correspondant à 5 espèces différentes (tableau 3, annexes 4, 5, 6).

Tableau 3 : Espèces, effectifs et éoliennes concernées.

Espèces	Effectifs	Eoliennes
Martinet noir	1	E03
Roitelet à triple bandeau	1	E06
Roitelet huppé	1	E02
Gobemouche noir	3	E04, E06
Pinson des arbres	1	E02
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>4</b>

#### ➤ Estimation de la mortalité

Etant donné que l'on a effectué un passage par semaine durant une période et deux passages par semaine durant une seconde période, les estimations sont calculées en deux parties (détail des calculs en annexe 7).

Les calculs sont faits sur la base de 6 oiseaux : 3 découverts lors de la période 1 (un passage par semaine) et 3 lors de la période 2 (deux passages par semaine).

Le cadavre de Pinson des arbres découvert le 17 avril n'a pas été pris en compte pour l'estimation de la mortalité sur la période car, compte-tenu de l'état du cadavre, la mort a eu lieu bien avant le début du suivi (cf. pages 13 et 17).

Tableau 4 : Résultats des estimations de mortalité des oiseaux sur la période de suivi (avril à octobre).

OISEAUX	Winkelmann		Erickson		Jones		Hisco		Moyenne
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	
Pour 6 éoliennes sur la période de suivi	14,23	7,48	7,30	3,65	9,91	9,91	7,46	5,36	-
Total	21,71		10,95		19,82		12,82		<b>16,32</b>
Par éolienne / mois	0,51		0,26		0,47		0,30		<b>0,39</b>
Par éolienne sur la période de suivi	3,62		1,82		3,30		2,13		<b>2,72</b>

La moyenne de ces différentes estimations sur la période de suivi donne 2,72 oiseaux tués par éolienne soit 0,39 individu par mois et par éolienne et 16,32 oiseaux pour l'ensemble du parc.

## b. Chauves-souris

### ➤ Nombre et espèces

Un total de 9 individus appartenant à 5 espèces de chauves-souris ont été découverts sous 4 éoliennes différentes (tableau 5, annexes 4, 5, 6).

Tableau 5 : Espèces, effectifs et éoliennes concernées.

Espèces	Effectifs	Eoliennes
Pipistrellus commune	2	E03, E04
Pipistrellus de Nathusius	2	E01, E06
Vespère de Savi	2	E01
Sérotine bicolor	1	E01
Noctule de Leisler	2	E01, E03
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

### ➤ Estimation de la mortalité

Comme pour les oiseaux, les calculs ont été effectués en dissociant la période à un passage et celle à deux passages par semaine.

Les calculs sont faits sur la base de 2 chauves-souris trouvées lors de la période 1 (1 passage par semaine) et 7 lors de la période 2 (2 passages par semaine).

Tableau 6 : Résultats des estimations de mortalité des chiroptères sur la période de suivi (d'avril à octobre).

CHIROPTÈRES	Winkelman		Erickson		Jones		Huso		Moyenne
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2	
Pour 6 éoliennes sur la période de suivi	9,49	17,44	4,87	8,52	6,61	23,12	4,97	12,51	-
Total	26,93	13,39	13,39	29,73	29,73	17,48	17,48	21,88	21,88
Par éolienne /mois	0,64	0,32	0,32	0,71	0,71	0,41	0,41	0,52	0,52
Par éolienne sur la période de suivi	4,49	2,23	2,23	4,95	4,95	2,91	2,91	3,64	3,64

La moyenne de ces différentes estimations sur la période de suivi donne 3,64 chiroptères tués par éolienne soit 0,52 individu par mois et par éolienne et 21,88 chiroptères pour l'ensemble du parc.

## c. Distribution des découvertes dans le temps

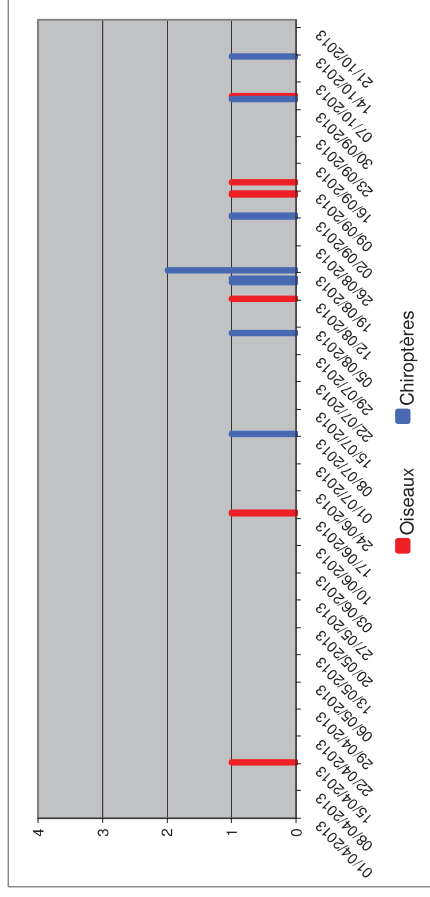
Une estimation approximative de la date de mort a été réalisée à partir de l'état des cadavres découverts (figure 2).

Les cas de mortalité s'étaient sur toute la période de suivi (avril à octobre) et même au-delà pour le Pinson des arbres, tué très probablement lors de l'automne-hiver précédent.

80 % des cadavres ont cependant été trouvés au cours des mois d'août, de septembre et d'octobre. Cette période correspond à la fois au passage postnuptial des oiseaux et à une période de forte activité des chiroptères (transit et regroupement autumnal).

On remarquera le pic de mortalité des chiroptères de la mi-août : 4 cas découverts sous l'éolienne E01 le 19 août (dates de mortalité estimées du 16 au 19) soit 44 % des chiroptères trouvés.

Figure 2 : répartition temporelle des cas de mortalité (date estimée de la mort).



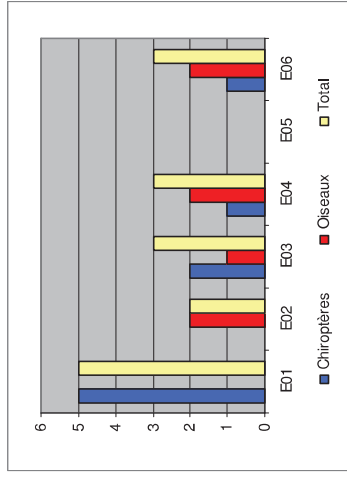
## d. Distribution des cadavres par éoliennes

### ➤ Répartition par éolienne

Seule l'éolienne E05 n'est pas concernée par la découverte de cadavres.

Près du tiers du nombre total de cadavres et 55 % des cas de mortalités de chiroptères concernent l'éolienne E01, où 4 chauves-souris ont été trouvées lors de la seule journée du 19/08/2013.

Figure 3 : Répartition des cadavres par éolienne.



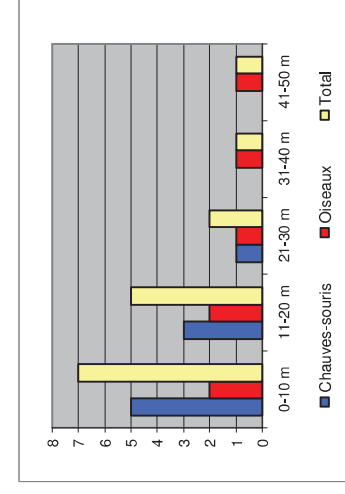
### ➤ Distance au mât

Les cadavres ont été répartis en 5 classes de distance par rapport au mât de l'éolienne afin de pouvoir évaluer les distances de dispersion des cadavres sous les éoliennes (figure 4).

Les ¾ des cadavres ont été découverts entre 0 et 20 mètres (dont 88 % des chauves-souris et 57 % des oiseaux).

Tous les cadavres ont été découverts sur les plates-formes des éoliennes, sur des zones de sol nu ou avec un couvert herbacé ras et irrégulier.

Figure 4 : Répartition des cadavres en fonction de leur distance au mât de l'éolienne.



## e. Choc et barotraumatisme

Les oiseaux et chauves-souris impactés par les éoliennes ont pu être tués par un choc avec une pale ou par barotraumatisme (cadavres intacts). Du fait de l'état de certains cadavres, prédatés, piétinés ou en voie de décomposition avancée, il n'est pas possible de déterminer la cause de la mort dans environ 1/3 des cas.

Sur les 11 cadavres restants, 5 présentaient des traces de chocs et 6 sont très probablement morts suite à un barotraumatisme (absence de blessures visibles).

## 4. Bilan des résultats

Au cours des 7 mois de suivi, un total de **16 cadavres** (oiseaux et chauves-souris confondus) a été découvert **sous 5 éoliennes** (tableau 8). Une seule éolienne (E05) n'a pas fait l'objet de découverte.

Les oiseaux représentent 43% des individus trouvés et les chiroptères 56%.

Tableau 7 : Bilan des estimations pour les oiseaux et les chiroptères sur la période de suivi (avril à octobre)

Mortalité estimée sur la période de suivi	Winkelman	Erickson	Jones	Huso	Moyenne
OISEAUX par éolienne	3,62	1,82	3,30	2,13	2,72
CHIROPTERE par éolienne	4,49	2,23	4,95	2,91	3,64

Tableau 8: Espèces, effectifs et éoliennes concernées pour les oiseaux et chiroptères.

Espèces	Effectifs	Eoliennes
Martinet noir	1	E03
Roitelet à triple bandeau	1	E06
Roitelet huppé	1	E02
Gobemouche noir	3	E04, E06
Pinson des arbres	1	E02
<b>OISEAUX = 43 %</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
Pipistrelle commune	2	E03, E04
Pipistrelle de Nathusius	2	E01, E06
Vespère de Savi	2	E01
Sérotine bicoloré	1	E01
Noctule de Leisler	2	E01, E03
<b>CHIROPTERES = 56 %</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>5</b>

## COMMENTAIRES

### 1. Estimations de la mortalité

Les formules utilisées pour estimer la mortalité permettront une comparaison avec d'autres études. Cependant, elles sont à prendre avec précaution car elles ne reflètent pas forcément la réalité et peuvent varier très facilement en fonction des valeurs des coefficients utilisés dans chacune des formules. Ces formules possèdent plusieurs biais liés aux taux de détection et surtout de prédation qui, nous l'avons vu, peuvent être très variables en fonction de la période de passage, de l'éolienne et d'autres facteurs liés à la dynamique et à l'activité des nécrophages (densités, disponibilité saisonnière d'autres ressources trophiques, accoutumance à la recherche de cadavres sous les éoliennes les plus « meurtrières » notamment...).

Pour les chiroptères la période suivie (début avril à fin octobre) couvre la quasi totalité de la période d'activité annuelle des animaux. Pour ces espèces, les estimations de mortalité obtenues lors du présent suivi doivent ainsi être très proches de celles que fournirait un suivi couvrant l'ensemble de l'année civile.

Pour les oiseaux, l'activité sur le site de Sauveterre est probablement moindre en période hivernale compte-tenu des conditions climatiques et des habitats présents. La mortalité doit ainsi probablement être plus faible que sur la période de suivi (centrée sur les migrations et la période de reproduction). Cependant, à la différence des chiroptères, l'activité hivernale n'est pas nulle (possibles déplacements d'hivernants et/ou de migrateurs tardifs ou précoces...). Cela ne permet donc pas d'extrapolation à l'année sur la base de l'estimation calculée sur les 7 mois de la période du suivi de la mortalité.

La mortalité observée est concentrée aux périodes de passage migratoire de l'avifaune et de forte activité estivale et automnale des chiroptères. En outre, le cortège avifaunistique nicheur local est assez pauvre et peu diversifié (Calvet 2003, Lebreton et Maurel 2009) du fait des contraintes climatiques et altitudinales et d'un environnement assez peu propice à la biodiversité (plantations de résineux).

Malgré un faible échantillon total et un manque de recul (une seule année de suivi), il semble que les éoliennes situées à flanc de versant soient plus dangereuses que celles installées dans les parties sommitales. C'est en particulier le cas de E01 où se concentrent plus de la moitié des cas de mortalité de chiroptères. Cette machine est en outre une de celles où les lisières forestières, connues pour être utilisées par les chiroptères lors de leurs déplacements de chasse, sont les plus proches et les plus hautes (hauteur des arbres et incidence locale de la topographie). Une utilisation des lisières de la piste forestière comme axe de déplacement par les chauves-souris est également plausible (la piste débouche au niveau du rotor de l'éolienne).

Les éoliennes ayant connu le moins de découvertes de cadavres sont E02 et E05 (respectivement 2 oiseaux et 0 cas) et se trouvent au sommet des deux collines. Ce constat correspond à la tendance générale des migrateurs à suivre les versants afin d'éviter les points les plus élevés du relief lors de leurs déplacements.

## 2. Les espèces découvertes

Les statuts de protection et de conservation des espèces sont donnés dans le tableau 9, page 18.

- **Les oiseaux**

Les 7 individus découverts morts au pied des éoliennes appartiennent à des espèces communes, aussi bien au niveau national que départemental. Ils ne présentent pas de statut patrimonial particulier (catégorie « Préoccupation mineure » des listes rouges nationale et mondiale notamment – UICN 2011). Toutes sont protégées par la loi en France (arrêté ministériel du 29/10/2009).

Les deux espèces de **roitelets** se reproduisent dans les résineux. Elles sont ici communes (Lebreton et Maurel op.cit. ; obs.pers.). Néanmoins, en dehors de leurs déplacements migratoires (en partie nocturnes), ces petites espèces ne s'éloignent habituellement pas du couvert forestier et ne volent que rarement à découvert (et à hauteur des pâles des éoliennes). Il est donc fort probable que les deux individus découverts étaient des oiseaux plus nordiques tués lors de leurs déplacements migratoires (probablement de nuit). Les dates de découvertes correspondent à celles des passages de ces espèces.

**Gobemouche noir** : les 3 individus ont été découverts lors de la période classique de passage postnuptial de l'espèce (août-septembre). Il s'agit d'un des passereaux migrateurs les plus abondants à la fin de l'été et au début de l'automne dans le département. Ses déplacements migratoires se font de nuit, ce qui peut expliquer les cas de collisions avec les éoliennes. Cette espèce ne se reproduit pas dans le Tarn.

Le **Martinet noir** est commun à l'échelle nationale. A noter que 2 individus avaient déjà été découverts morts au pied des éoliennes E04 et E06 le 17 juillet 2009 (Lebreton et Maurel, op.cit.). Le secteur est apparemment assez régulièrement survolé en période de présence de l'espèce (avril à juillet) par des groupes en prospection alimentaire ou en déplacements vers des zones de chasse. Cette espèce est connue pour effectuer des déplacements de chasse jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de son nid. Lors d'épisodes météorologiques défavorables, les oiseaux des villages alentours (vallée du Thoré...) doivent « basculer » vers le versant méridional de la Montagne noire et la Méditerranée, où la météo est plus propice à la recherche des invertébrés.

Le **Pinson des arbres** est le passereau le plus abondant en migration à l'automne (octobre-novembre) dans le département du Tarn. Des passages de plusieurs dizaines de milliers d'individus ont été notés certains jours, en particulier en Montagne noire. C'est également un nicheur commun, en particulier en milieu forestier. L'état du cadavre découvert coupé en deux le 17 avril (squelette desséché, os blanchis) permet d'estimer la mort à plusieurs mois, probablement lors de l'automne ou du début de l'hiver précédents ; période de migration de l'espèce. Sa non-découverte lors des deux passages précédents est attribuable à sa relative difficulté de détection et à l'efficacité du chercheur (pour mémoire, le taux moyen de détection des cadavres calculé à partir des 4 tests d'efficacité effectués est de 68,4 %).

- **Les Chauves-souris**

Parmi les 5 espèces de chiroptères, la **Sérotine bicolor** (ou *Vespertilio bicolor*) trouvée le 19 août sous E01 constitue, apparemment, la 2<sup>ème</sup> mention de l'espèce pour le département du Tarn (F.Néri, com.pers.). Cette chauve-souris migratrice et d'affinités montagnardes est très rare et méconnue au niveau régional (moins de 10 données connues selon le GCMP ; Bodin, 2011) et, en l'état actuel des

connaissances, ne se reproduit pas dans la région. Son statut de conservation national est également insuffisamment connu (les principales populations françaises se trouvent dans l'Est de la France).

A noter que le même jour sous la même éolienne 3 autres chiroptères ont également été découverts morts (soit 44 % du total des chauves-souris trouvées sur l'ensemble du suivi).

La **Pipistrelle de Nathusius** et la **Noctule de Leisler** figurent dans la catégorie « Quasi-menacée » de la liste rouge nationale (UICN 2009). La **Pipistrelle de Nathusius** est également une espèce déterminante stricte pour l'inventaire des ZNIEFF de Midi-Pyrénées du fait de sa rareté dans notre région (Bodin, op.cit.). La **Noctule de Leisler** et le **Vespère de Savi** sont, quant à eux, déterminants au sein d'un cortège d'espèces.

La **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Nathusius**, le **Vespère de Savi** et la **Noctule de Leisler** figurent parmi les chiroptères réputés les plus sensibles à la mortalité liée aux éoliennes.

Tableau 9 : Statuts de protection et de conservation des espèces.

Oiseaux	Espèce	Nbre	N° Eol.	PN	DO	Convention de Berne	Convention de Bonn	ZNIEFF	LRM	LRN
	Martinet noir	1	E03	x		A-III			LC	LC
	Roitelet à triple bandeau	1	E06	x		A-II			LC	LC
	Roitelet huppé	1	E02	x		A-II			LC	LC
	Gobemouche noir	3	E04, E06	x		A-II	A-II		LC	LC
	Pinson des arbres	1	E02	x		A-III			LC	LC
Chiroptères	Espèce	Nbre	N° Eol.	PN	DHFF	Convention de Berne	Convention de Bonn	ZNIEFF	LRUE	LRN
	Pipistrelle commune	2	E03, E04	x	A-IV	A-II	A-II		LC	LC
	Pipistrelle de Nathusius	2	E01, E06	x	A-IV	A-II	A-II	x	LC	NT
	Vespère de Savi	2	E01	x	A-IV	A-II	A-II		LC	LC
	Sérotine bicolor	1	E01	x	A-IV	A-II	A-II	c	LC	DD
	Noctule de Leisler	2	E01, E03	x	A-IV	A-II	A-II	c	LC	NT

PN = Protection nationale (arrêté ministériel du 29 octobre 2009)

DO = inscription en annexe de la Directive européenne "Oiseaux"

DHFF = inscription en annexe de la Directive européenne "Habitats, Faune, Flore"

A-IV = espèce animale d'intérêt communautaire qui nécessite une protection stricte

Convention de Berne = inscription en annexe de la Convention internationale relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe

A-II = espèce devant faire l'objet de mesures de protection

A-III = espèce dont l'exploitation peut être autorisée sous couvert de maintenir l'existence de populations hors de danger

Convention de Bonn = espèce inscrite en annexe de la Convention internationale relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage

A-II = espèce dont le statut de conservation est défavorable

ZNIEFF = espèces déterminantes pour l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique en Midi-Pyrénées

x = espèce déterminante stricte

c = espèce déterminante en cortège

LR M = Liste rouge mondiale (in UICN 2011)

LR UE = Liste rouge européenne (UICN 2007)

LR N = Liste rouge française (UICN ; Chiroptères ; 2009 ; Oiseaux ; 2011)

LC = Préoccupation mineure

NT = Quasi-menacé

DD = Données insuffisantes



## EN RESUME

Le suivi effectué sur le parc éolien de Sauveterre en 42 visites d'avril à octobre 2013 a mis en évidence une mortalité d'oiseaux et de chiroptères.

16 cadavres ont ainsi été découverts : 7 oiseaux et 9 chauves-souris. Seule une machine (E05) sur les 6 n'a pas fait l'objet de découverte de cadavre et, *a contrario* l'éolienne E01 concentre 55 % des cas de mortalité de chauves-souris.

Les estimations effectuées à partir des différentes formules en usage donnent, pour la période suivie, une mortalité moyenne par éolienne de 2,72 oiseaux et 3,64 chiroptères, soit, par mois et par éolienne respectivement 0,46 et 0,52 individus.

Ces estimations peuvent être nettement influencées par le taux de disparition des cadavres lié aux animaux nécrophages, très variable au fil du temps.

Les cas de mortalité sont majoritairement intervenus d'août à octobre, période correspondant à la fois au passage des passereaux migrateurs et à une activité importante des chiroptères.

Chez les oiseaux, ils concernent des passereaux communs principalement tués lors de leurs déplacements migratoires (nocturnes pour la plupart).

Les chiroptères tués appartenaient à des espèces aux statuts d'abondance et de conservation plus variés, allant d'une espèce très commune (Pipistrelle commune) à des espèces rares (Pipistrelle de Nathusius) voire très rares au niveau régional (Sérotine bicolor). Toutes sont réputées sensibles à très sensibles aux éoliennes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bodin J. (coord.). 2011. Les chauves-souris de Midi-Pyrénées –Répartition – Ecologie – Conservation. Conservatoire Régional des Espaces Naturels de Midi-Pyrénées – Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées.
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L., Pick D., 2013 – Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> années d'exploitation (2009-2011). Rapport EXEN.
- Calvet A.. 2003. Projet d'implantation d'un parc éolien sur le site de « Bounonèit » - commune de Sauveterre (Tarn) – Diagnostic avifaune, Rapport LPO Tarn.
- Dubois P.J., Le Maréchal P., Olloso G & Yésou P.. 2008. Nouvel Inventaire des Oiseaux de France. Delachaux et Niestlé.
- Frémaux S. & Ramière J. (coord.). 2012. Atlas des oiseaux nicheurs de Midi-Pyrénées. Nature-Midi-Pyrénées, Delachaux et Niestlé.
- Lebreton Y. & Maurel C., 2009. Suivi ornithologique du parc éolien de Sauveterre. Inventaire de la petite avifaune nicheuse – Suivi du comportement des rapaces face aux éoliennes. Rapport LPO Tarn.
- Maurel C. (coord). 2001. Les oiseaux du département du Tarn. Statut biologique, statut de conservatoire, état des connaissances. LPO Tarn.

ANNEXES

ANNEXE 1 : dates des passages et des tests.

AVRIL							MAI							JUIN						
L	M	J	V	S	D		L	M	J	V	S	D		L	M	J	V	S	D	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5							1	2	
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30

JUILLET							AOÛT							SEPTEMBRE						
L	M	J	V	S	D		L	M	J	V	S	D		L	M	J	V	S	D	
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4								1		
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
29	30	31					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29

OCTOBRE						
L	M	J	V	S	D	
30	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Suivi mortalité  
 5 Test prédation  
 Test découvreur+suivi mortalité

ANNEXE 2 : FICHE DE TERRAIN MORTALITE

Suivi mortalité chauves souris du parc éolien de SAUVERTERE - Année 2013

Chercheur : \_\_\_\_\_  
 Date : \_\_\_\_\_  
 Météo (recouvert pluie, vent (direction, force), type végétation, taille vég. (cm), %), surft, prospect, Rq par éolienne (traces prédat, maintenance...): \_\_\_\_\_

CONTEXTE																		
E1	E2	E3	E4	E5	E6													
H début recherche	H fin recherche	Eclatement ? (0, 1/2, 1)	Type végétation	Taille vég. (cm.)	Surft, prospect (%)	Rq par éolienne (traces prédat, maintenance...)												
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.) Blessure ? Espèce (ou ?) Taille Avant bras (mm) Age (ad, jeune) Sexe (male, fem) ? Fem albatre? (manelles pelées) Si fem, gestante ?																		

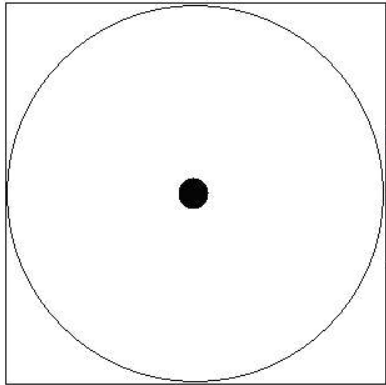
ANNEXE 3 : fiche de relevés des tests de détection et de prédation.

Tests de prédation sous éoliennes

Site :

Code = cadavre présent

Chercheur	Type de végétation	N° Waypoint GPS	Type 1 : grottes nu ; Type 2 : végétation < 30cm ; Type 3 : végétation > 30cm		1 <sup>er</sup> passage	2 <sup>ème</sup> passage	3 <sup>ème</sup> passage
			X	Y			
Date							
P1							
P2							
P3							
P4							
P5							
P6							
P7							
P8							
P9							
P10							
G1							
G2							
G3							
G4							
G5							
G6							
G7							
G8							
G9							
G10							



Eolienne n°

ANNEXE 4 : Tableau récapitulatif des cadavres trouvés.

Date	Code	Espèce	Eol.	Distance au mat	Orientation au mat	Sol	Etat	Blessures	Mort depuis	Sexe	Age	Remarques
17/04/2013	O1	Roitelet à triple bandeau	E6	32	NO	PF	F	Pas de blessure apparente	~ 2 jours	Mâle ?	ad	Présent jusqu'au 22/05/2013
	O2	Pinson des arbres	E2	12	N	PF	S	Coupé en deux	Plusieurs mois	Mâle	ad	Présent jusqu'au 15/05/2013
19/06/2013	O3	Martinet noir	E3	8	OSO	PF	F	Pas de blessure apparente	1 jour	?	ad	Présent jusqu'au 26/06/2013
10/07/2013	C1	Pipistrelle commune	E4	5	SSE	PF	F	Blessure sur le ventre	~ 2 jours	?	ad	
07/08/2013	C2	Pipistrelle de Nathusius	E1	9	SO	PF	D	?	4-5 jours	Mâle	ad	
14/08/2013	O4	Gobemouche noir	E4	22	SE	PF	F	Choc tête	2 jours			Présent jusqu'au 22/08/2013
19/08/2013	C3	Vespère de Savi	E1	15	NE	PF	F	Pas de blessure apparente	la nuit	Mâle	ad	
	C4	Sérotine bicolore	E1	6	E	PF	F	Pas de blessure apparente	la nuit	Mâle	ad	
	C5	Noctule de Leisler	E1	25	NNE	PF	AF	Pas de blessure apparente	3 jours	Mâle	ad	
	C6	Vespère de Savi	E1	13	N	PF	F	Pas de blessure apparente	1 à 2 jours	?	ad	
05/09/2013	C7	Pipistrelle de Nathusius	E6	20	ONO	PF	AF	Restes déchiquetés (prédation)	3 jours ?			
09/09/2013	O5	Gobemouche noir	E6	14	SO	PF	F	Aile gauche et dos déchiquetés	1 à 2 jours			Prédaté avant le 12/09/2013
12/09/2013	O6	Gobemouche noir	E4	46	SE	PF	F	Multiples (effet passage d'engin ?)	1 jour			Disparu avant le 16/09/2013
10/10/2013	C8	Pipistrelle commune	E3	10	E	PF	D	?	1 semaine			
	O7	Roitelet huppé	E2	10	E	PF	D	?	1 semaine	Mâle	ad	Présent jusqu'au 21/10/2013
14/10/2013	C9	Noctule de Leisler	E3	5	SE	PF	F	Avant bras droit cassé	1 jour	Mâle		

Légende :

- Sol (nature du sol à l'endroit de la découverte du cadavre) : PF = plate-forme (terre nue/graviers et/ou végétation herbacée rase).
- Etat : F = frais ; AF = Assez frais ; D = décomposé ; S = sec
- Age : ad = adulte.

ANNEXE 6 : photos des cadavres découverts



C4 - Sérotine bicolor - E01 - 19/08/2013



C2 - Pipistrelle de Nathusius  
E01 - 07/08/2013



C5 - Noctule de Leisler  
E01 - 19/08/2013

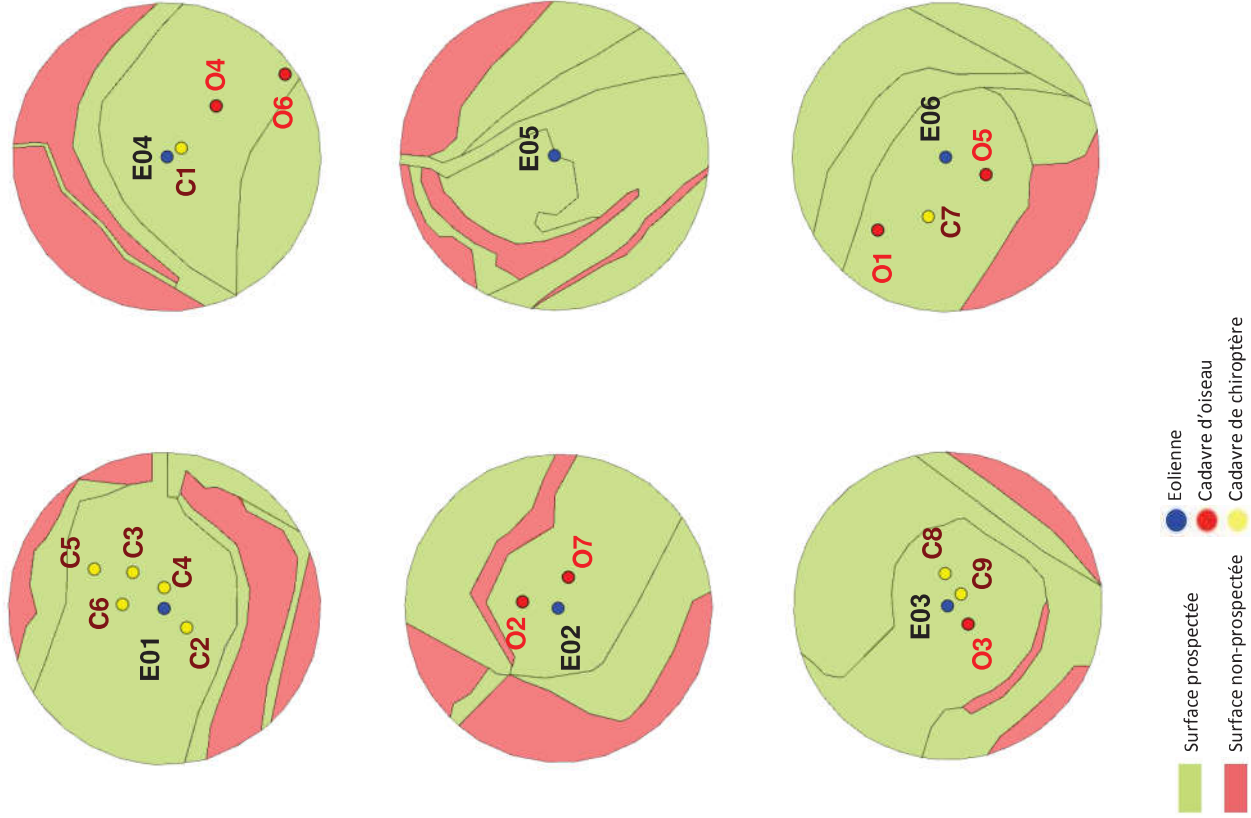


C3 - Vespère de Savini - E01 - 19/08/2013



C6 - Vespère de Savini - E01 - 19/08/2013

ANNEXE 5 : Localisation des cadavres découverts et des surfaces prospectées.



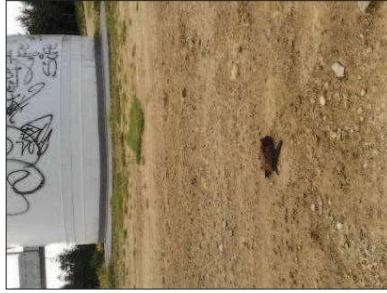




**C1 - Pipistrelle commune – E04 –**



**C7 - Pipistrelle de Nathusius  
E06 – 05/09/2013**



**C9 - Noctule de Leisler – E03 – 14/10/2013**



**C8 - Pipistrelle commune – E03 – 10/10/2013**



**O1 - Roitelet à triple bandeau - E06 – 17/04/2013**



**O3 - Martinet noir - E03 – 19/06/2013**



**O5 - Gobe-mouche noir - E06 – 09/09/2013**



**O2 - Pinson des arbres - E02 – 17/04/2013**



**O4 - Gobe-mouche noir - E04 – 14/08/2013**



**O6 - Gobe-mouche noir - E04 – 12/09/2013**



**O7 - Roitelet huppé - E02 – 10/010/2013**



## ANNEXE 7 : Détails des calculs des estimations de mortalité.

### OISEAUX

Valeur	Explications
N 3	<b>Période 1</b> (avril-août) : 4 cadavres retrouvés dont 3 morts durant la période du suivi.
N 3	<b>Période 2</b> (août-octobre) : 3 cadavres retrouvés
I 7	<b>Période 1</b> (avril-août) : Intervalle entre 2 passages en jours. 1 passage / semaine donc 7 jours.
I 3,5	<b>Période 2</b> (août-oct.) : Intervalle entre 2 passages. 2 passages / semaine donc : 7/2=3,5 jours
t 4,23	Temps moyen de persistance d'un cadavre en jours
$\hat{I}$ 8,46	Intervalle effectif : $\hat{I} = -\log(0,01) \times t$ , soit $\hat{I} = -\log(0,01) \times 4,23$
$\hat{e}$ 1	<b>Période 1</b> (avril-août) : Coefficient correcteur de l'intervalle : $\hat{e} = (\text{Min}(I:\hat{I})) / I$ et $\text{Min}(I:\hat{I}) =$ valeur minimale entre $\hat{I}$ et $I$ . Ici $\hat{I} > I$ donc $\hat{e} = I / \hat{I}$ soit $7/7 = 1$
$\hat{e}$ 1	<b>Période 2</b> (août-octobre) : Coefficient correcteur de l'intervalle : $\hat{e} = (\text{Min}(I:\hat{I})) / I$ et $\text{Min}(I:\hat{I}) =$ valeur minimale entre $\hat{I}$ et $I$ . Ici $\hat{I} > I$ donc $\hat{e} = I / \hat{I}$ soit $3,5/3,5 = 1$
d 0,68	Taux de détection des cadavres
a 1,21	Coefficient correcteur de surface : $a = 1 + (1 - 3,7/4,7)$ . Avec 3,7 la surface moyenne prospectée et 4,7 la surface théorique prospectée (en hectares)

#### WINKELMAN

Taux de prédation au bout de l'intervalle entre deux visites :

- Période 1 :  $p = 0,31$
- Période 2 :  $p = 0,59$

Période 1 :  $N \text{ estimé} = N / (d \times p) = 3 / (0,68 \times 0,31) = 14,23$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = N / (d \times p) = 3 / (0,68 \times 0,59) = 7,48$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 21,71**

#### ERICKSON

Période 1 :  $N \text{ estimé} = (I \times N) / (t \times d) = 3 \times 7 / (4,23 \times 0,68) = 7,30$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = (I \times N) / (t \times d) = 3 \times 3,5 / (4,23 \times 0,68) = 3,65$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 10,95**

#### JONES

Probabilité qu'un cadavre persiste dans un intervalle donné :  $P = e^{-0,5 \times (\frac{\hat{I}}{t})}$

Période 1 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 3 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,37) = 9,91$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 3 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,37) = 9,91$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 19,82**

#### HUSO

Probabilité qu'un cadavre persiste dans un intervalle donné :  $P = \frac{e^{-0,5 \times (\frac{\hat{I}}{t})}}{I}$

Période 1 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 3 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,49) = 7,46$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 3 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,68) = 5,36$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 12,82**

### CHIROPTERES

Les valeurs des coefficients sont les mêmes. Seul le nombre de cadavres trouvés lors de chaque période change.

Valeur	Explications
N 2	<b>Période 1</b> (avril-août) : 2 cadavres retrouvés
N 7	<b>Période 2</b> (août-octobre) : 7 cadavres retrouvés

#### WINKELMAN

Taux de prédation au bout de l'intervalle entre deux visites :

- Période 1 :  $p = 0,31$
- Période 2 :  $p = 0,59$

Période 1 :  $N \text{ estimé} = N / (d \times p) = 2 / (0,68 \times 0,31) = 9,49$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = N / (d \times p) = 7 / (0,68 \times 0,59) = 17,44$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 26,93**

#### ERICKSON

Période 1 :  $N \text{ estimé} = (I \times N) / (t \times d) = 2 \times 7 / (4,23 \times 0,68) = 4,87$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = (I \times N) / (t \times d) = 7 \times 3,5 / (4,23 \times 0,68) = 8,52$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 13,39**

#### JONES

Probabilité qu'un cadavre persiste dans un intervalle donné :  $P = e^{-0,5 \times (\frac{\hat{I}}{t})}$

Période 1 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 2 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,37) = 6,61$

Période 2 :  $N \text{ estimé} = N / (a \times d \times \hat{e} \times p) = 7 / (1,21 \times 0,68 \times 1 \times 0,37) = 23,12$

**TOTAL = Période 1 + Période 2 = 29,73**

HUSO

---

Probabilité qu'un cadavre persiste dans un intervalle donné :  $P = \frac{2 \times (1 - e^{-\lambda \times t})}{\lambda}$

Période 1 : N estimé = N / (a x d x é x p) = 2 / (1,21 x 0,68 x 1 x 0,49) = 4,97

Période 2 : N estimé = N / (a x d x é x p) = 7 / (1,21 x 0,68 x 1 x 0,68) = 12,51

TOTAL = Période 1 + Période 2 = **17,48**

---

#### 10.4.9 Parc éolien de Cuq-Serviès (suivi 2013)

---