

PIÈCE 2 : SUIVI DE LA MORTALITÉ DE LA FAUNE VOLANTE

Parc éolien d'El Singla (66) - Suivi mortalité de la faune volante - cycle annuel 2018-2019

Communes de Saint-Paul-de-Fenouillet et de Prugnanes

Mars 2020



Maître d'ouvrage : AVANTY

Intervenants Abies :

- Contrôle qualité : Paul NEAU
- Coordination et rédaction : Camille BOUIN
- Cartographie : Stéphanie JAVELLE

ABIES, SARL au capital de 172 800 euros
RCS : 448 691 147 Toulouse - Code NAF : 7112B
7, avenue du Général Sarrail
31290 Villefranche-de-Lauragais - France
Tél. : 05 61 81 69 00. Fax : 05 61 81 68 96 Mail : info@abiesbe.com

SOMMAIRE

1	AVANT-PROPOS	5
1.1	Configuration du parc et objet du rapport	7
1.2	Contexte réglementaire et objectifs des suivis réalisés	7
1.3	Contexte environnemental.....	7
2	METHODOLOGIE DU SUIVI DE LA MORTALITE	9
2.1	Choix d'un protocole standardisé	11
2.2	Calendrier des prospections de terrain	11
2.3	Protocole de recherche des cadavres	12
2.4	Identification des cadavres	12
2.5	Estimation du taux de mortalité	13
2.6	Limites méthodologiques.....	15
3	RESULTATS DU SUIVI DE LA MORTALITE	17
3.1	Occupation du sol des surfaces prospectées	19
3.2	Bilan de la mortalité des chiroptères	26
3.3	Bilan de la mortalité de l'avifaune	34
4	CONCLUSION	40
4.1	Synthèse de la mortalité des chiroptères.....	42
4.2	Synthèse de la mortalité de l'avifaune	42
5	ANNEXES	44
5.1	Annexe 1 - Caractéristiques des prospections de suivi de la mortalité.....	46
5.2	Annexe 2 - Présentation des données brutes de mortalité par ordre chronologique...	47
5.4	Annexe 3 - Fiche de terrain utilisée lors du suivi de la mortalité	54
5.5	Annexe 4 - résultats de l'application d'estimation de la mortalité réelle de A. Besnard et C. Bernard (CNRS de Montpellier).....	55
5.7	Annexe 5 - Bibliographie	58
	LISTE DES ILLUSTRATIONS	60

1 AVANT-PROPOS

1.1	Configuration du parc et objet du rapport	7
1.2	Contexte réglementaire et objectifs des suivis réalisés	7
1.3	Contexte environnemental.....	7

1.1 Configuration du parc et objet du rapport

Le parc éolien d'El Singla comporte 9 éoliennes de 2,3 MW de puissance chacune, pour une puissance installée totale de 20,7 MW. Il a été construit en 2017 avec une mise en service en juillet 2017.

Le parc éolien se situe sur les communes de Prugnanes et de Saint-Paul de Fenouillet dans les Pyrénées-Orientales (66) et plus précisément dans la partie septentrionale de la région naturelle du Fenouillèdes, en bordure sud des Corbières. Le parc s'étend ainsi à cheval sur les deux communes avec 9 éoliennes alignées selon un axe ouest-nord-ouest / est-sud-est, au niveau de petits reliefs (285 à 429 m d'altitude) au centre de la vallée de la Boulzane, affluent de l'Agly.

Le présent rapport fait état de plus d'un cycle annuel de suivi de la mortalité réparti sur les années 2018 et 2019. Initié entre fin juillet et fin octobre 2018, il s'est ensuite réalisé d'une part sur le mois de janvier 2019 puis d'autre part de début mai à fin octobre 2019.

1.2 Contexte réglementaire et objectifs des suivis réalisés

Dans le cadre du suivi post-installation du parc éolien défini dans l'étude d'impact sur l'environnement du projet réalisé par le bureau d'études CRB environnement en 2013 et de la réglementation « ICPE¹ », applicable depuis le 1^{er} janvier 2012 aux parcs éoliens, et plus particulièrement de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011², un suivi environnemental a été lancé sur le parc en milieu d'année 2018 par le bureau d'études ABIES.

Notons que l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 stipule que « au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place 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. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

Ce suivi de la mortalité vise notamment à vérifier l'efficacité du plan de régulation des éoliennes mis en œuvre sur toutes les éoliennes, dès la mise en fonctionnement du parc éolien, suivant les paramètres et périodes prévus par arrêté préfectoral :

- Du 15 avril au 15 octobre ;
- Par vents <5,5 m/s ;
- Les 5 premières heures de la nuit après le coucher du soleil.

L'arrêté préfectoral prévoit aussi que la distinction entre les nuits pluvieuses et non pluvieuses soit faite afin de permettre aux éoliennes de tourner en cas de pluie, puisque l'activité des chauves-souris est très fortement réduite dans ces conditions. Cette distinction, qui n'influe pas sur le taux d'activité des chiroptères protégé par le système, n'est actuellement pas paramétrée. Elle le sera dans un second temps.

L'impact réel du parc éolien d'El Singla sera ainsi calculé en termes de risque de collision/barotraumatisme pour l'avifaune et les chiroptères puis le taux de mortalité dû aux éoliennes sera estimé.

Plus globalement, on notera que ce suivi mortalité s'insère dans une démarche globale de suivis post-installation du parc éolien avec un suivi de l'impact du parc en fonctionnement sur l'avifaune et l'actualisation de la cartographie des habitats naturels également réalisé par ABIES. En parallèle, un suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc éolien en fonctionnement a également été réalisé par le bureau d'études naturalistes Altifaune.

¹ Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

² Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

1.3 Contexte environnemental

Les 9 éoliennes du parc éolien El Singla sont numérotées d'ouest en est ; les 6 premières éoliennes se situent dans un secteur vallonné de garrigue méditerranéenne dense et arborée alors que les 3 dernières (E7, E8 et E9) sont implantées dans la partie basse des reliefs, qui est encore cultivée notamment en vignes.

Le diamètre du rotor des éoliennes est de 82 m, avec des hauteurs de mât comprises entre 68 et 78 m. La hauteur maximale en bout de pale est donc soit de 109 m, soit de 119 m, et l'espace libre sous les pales (entre le sol et le bas de la pale) varie entre 27 et 37 m.

Le cortège floristique et les habitats naturels au pied des éoliennes sont globalement assez pauvres et particulièrement dominés par du maquis silicicole, en partie dégradé, des friches, de la vigne exploitée ou abandonnée ainsi que, ponctuellement, du maquis bas à Ericacées et Cistes.

En ce qui concerne l'avifaune, il est à noter que chaque éolienne de ce parc est équipée d'un module SafeWind en mode effarouchement.

La campagne de terrain réalisée en 2009/2010 sur le site, dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement, présente les enjeux avifaunistiques suivants :

- le Circaète Jean-le-Blanc nicheur à une certaine distance du projet éolien (sans plus de précision) ;
- le Grand-duc d'Europe présent sur les falaises vers le village de Prugnanes ;
- l'Alouette lulu nicheuse à proximité de la future éolienne n°9 (au sud-est) ;
- le Pic noir contacté à proximité du village de Prugnanes ;
- une migration très faible constatée sur ce secteur ;
- la Fauvette mélanocéphale, le Chardonneret élégant, la Linotte mélodieuse, le Petit-duc scops et le Verdier d'Europe sont mentionnés comme nicheurs certains.

De plus, le parc éolien d'El Singla est encadré au nord et au sud par deux zonages de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Basses Corbières », situés à moins d'un kilomètre pour chacun. Cette zone a été désignée en particulier pour la conservation des rapaces : l'Aigle de Bonelli, l'Aigle royal, le Grand-duc d'Europe, le Circaète Jean-le-Blanc, le Faucon pèlerin, le Busard cendré et l'Aigle botté. Ce site est également très intéressant pour les passereaux des milieux ouverts comme l'Alouette lulu, le Pipit rousseline, le Bruant ortolan et tout particulièrement le Cochevis de Thékla et le Traquet oreillard, pour lesquelles la population nichant sur le site constitue plus de la moitié de la population française. La ZPS Basses Corbières constitue également un bastion français pour la Fauvette pitchou, la Fauvette orphée, la Fauvette à lunettes et l'Engoulevent d'Europe.

Par ailleurs, le parc éolien se situe au sein des zonages du domaine vital de l'Aigle royal, dans la zone de fréquentation du Vautour fauve, dans le Plan National d'Actions (PNA) du Gypaète barbu (également à l'intérieur du périmètre LIFE Gypconnect) ainsi qu'en limite septentrionale du PNA du Percnoptère d'Egypte.

Enfin, le parc éolien est localisé en marge d'un couloir de migration diffuse utilisé principalement par les rapaces lors de la migration post-nuptiale (automne).

Concernant les chiroptères, comme précisée dans l'étude d'impact, le parc éolien comporte de nombreux corridors et habitats favorables. Les milieux aquatiques constituent des territoires de chasse privilégiés et les lisières forment des milieux favorables pour les transits quotidiens et migratoires ainsi que pour la chasse. Les espèces identifiées de manière certaine sur le site sont la Barbastelle d'Europe, le Minioptère de Schreibers, le Murin de Daubenton, le Molosse de Cestoni, la Noctule de Leisler, les Pipistrelles de Kuhl - commune - pygmée, les Oreillards gris - roux, les Petit et Grand rhinolophes, la Sérotine commune et le Vespère de Savi.

Le plan de l'ensemble du parc éolien est illustré en page suivante.

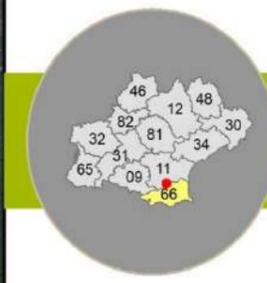


Parc éolien El Singla

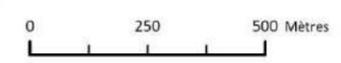
66
Pyrénées
Orientales

Présentation du parc éolien d'El Singla

-  Eoliennes
-  Limite communale
-  Cours d'eau



Fond : BD Ortho® - ©IGN Paris.
Reproduction interdite.
Réalisation : ABIES, Décembre 2019



Carte 1 : Localisation du parc éolien d'El Singla faisant l'objet de ce rapport (Abies, 2018)

2 METHODOLOGIE DU SUIVI DE LA MORTALITE

2.1	Choix d'un protocole standardisé	11
2.2	Calendrier des prospections de terrain	11
2.3	Protocole de recherche des cadavres	12
2.4	Identification des cadavres	12
2.5	Estimation du taux de mortalité	13
2.5.1	Formules de calcul	13
2.5.2	Détermination des coefficients correcteurs	13
2.6	Limites méthodologiques	15
2.6.1	Limites rencontrées lors des prospections de recherche des cadavres.....	15
2.6.2	Limites rencontrées lors des tests d'efficacité de recherche et de disparition des cadavres.....	15
2.6.3	Limites liées à la formule de Winkelmann	16



2.1 Choix d'un protocole standardisé

Le « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » a été actualisé en 2018 par le Ministère de la transition écologique et solidaire dans le cadre d'un groupe de travail associant des associations de protection de la nature telles que la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFPEM). Celui-ci fait suite au Protocole précédent publié en 2015 par le Ministère en charge de l'Ecologie dont les recommandations ont été respectées lors du suivi présenté dans ce rapport.

En vue d'harmoniser les protocoles de suivis à l'échelle nationale, le Protocole de 2015 propose une méthodologie pour les suivis de la mortalité dont l'intensité des prospections dépend essentiellement de la présence d'espèces patrimoniales sur le site d'étude. Toutefois, le suivi de la mortalité ayant été initié sur le parc éolien d'El Singla avant la parution du dernier protocole de suivi, celui de 2015 a servi de base à la méthodologie mise en place. En effet, en concertation avec les représentants de la société d'exploitation, les chargés d'études naturalistes d'ABIES ont choisi d'appliquer un protocole de suivi standardisé allant au-delà des préconisations de ce protocole national. Par ailleurs, la méthodologie mise en place dans le cadre du présent suivi de mortalité s'appuie sur les connaissances existantes et les retours d'expérience de suivis similaires effectués sur des parcs existants.

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

- aboutir à des résultats pertinents et exploitables dès le début du suivi ;
- pouvoir comparer les résultats d'une année sur l'autre pour permettre une analyse de l'évolution des résultats dans le temps ;
- être en mesure de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres suivis réalisés sous d'autres parcs éoliens et sur d'autres types de milieux (regards croisés).

Ce suivi de la mortalité a été réalisé dans le respect des préconisations de la LPO proposant un protocole adapté à partir de la méthode standardisée développée par Winkelmann (1989)³. Cette méthode permet de rendre les données comparables entre plusieurs sites et, sur le même site, d'année en année. Elle a été reprise et adaptée dans le cadre d'autres suivis (Erickson et al. 2002 ; Erickson 2003 ; Kerns et Kerlinger 2004 ; Cosson et Dulac 2004 ; Arnett 2005) et représente notre cadre de travail.

A partir de cette base méthodologique, la configuration du site éolien, le type d'occupation du sol, nos retours d'expérience et notre recul vis-à-vis de ce protocole nous permettent d'ajuster plus spécifiquement le suivi de la mortalité du parc d'El Singla (choix de la période du suivi, choix des zones de prospection, choix du type de cadavres-test utilisés). Notons que le suivi protocolaire a été identique en 2018 et en 2019.

Globalement, la méthode consiste en la recherche d'animaux morts (oiseaux et chauves-souris) autour des éoliennes comme première évaluation de la mortalité brute liée au fonctionnement des éoliennes. En tenant compte de certains paramètres comme l'efficacité de recherche des cadavres, la décomposition et la pression de prédation des cadavres, il est possible d'estimer un taux de mortalité moyen à l'échelle du parc éolien pour la période suivie grâce à l'utilisation de plusieurs formules de calcul (Winkelmann 1989 adapté par Yann André, LPO, 2004 ; Erickson 2000 ; Jones 2009 ; Huso 2010).

2.2 Calendrier des prospections de terrain

Le suivi de la mortalité sur le parc s'est déroulé en trois périodes :

- de fin juillet à fin octobre 2018 (semaines 31 à 43) ;
- en janvier 2019 (semaines 1 à 4) ;
- de début mai à fin octobre 2019 (semaines 19 à 43).

L'ensemble du suivi a ainsi permis de suivre les impacts du parc éolien El Singla en termes de mortalité tout au long du cycle biologique annuel d'activité de vol des **chiroptères**. Le suivi couvre en effet la phase de

transit/migration de printemps, la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi que la période de swarming, des pariades et de transit/migration d'automne. Le choix de cette période permet également de couvrir la période de reproduction de l'**avifaune**, ainsi que les périodes de migrations pré-nuptiale et post-nuptiale.

Le **suivi hivernal** de la mortalité a été proposé par ABIES en complément au cours du suivi du cycle normal du fait de la découverte d'un cadavre d'une espèce hautement patrimoniale de chauve-souris (Molosse de Cestoni) qui se révèle potentiellement active en hiver.

De plus, le suivi était initialement prévu pour terminer en semaine 30 de la deuxième année dans le but de suivre un cycle biologique complet. Toutefois, au vu de la mise en place d'un bridage plus conséquent en prévision de la **saison automnale** habituellement accidentogène, les suivis se sont également prolongés jusqu'à la semaine 43 en année 2019 comme en année 2018.

Le suivi a été réalisé à raison d'un passage par semaine soit un total de **42 semaines** suivies sur l'ensemble de la période de suivi. Les dates des prospections sont précisées dans le tableau suivant. Les conditions météorologiques ainsi que les prospecteurs sont précisés pour chaque visite en Annexe 1.

Tableau 1 : Calendrier des passages effectués pour le suivi mortalité du parc éolien El Singla (Abies, 2019)

Mois	août-18					sept-18				oct-18			
Semaines	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Périodes d'activité des oiseaux	Envol des jeunes et migration postnuptiale					Migration postnuptiale				Migration postnuptiale			
Périodes d'activité des chiroptères	Swarming, pariades et transit/migration d'automne									Swarming, pariades et transit/migration d'automne			
Nombre de passage	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dates	31/07	07/08	14/08	24/08	31/08	06/09	12/09	17/09	25/09	02/10	12/10	17/10	24/10

Mois	janv-19				mai-19				juin-19				juil-19	
Semaines	1	2	3	4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Périodes d'activité des oiseaux	Hivernage				Nidification								Envol des jeunes	
Périodes d'activité des chiroptères	Hibernation				Transit/migration de printemps & Mise-bas et élevage des jeunes									
Nombre de passage	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dates	03/01	08/01	17/01	25/01	07/05	15/05	23/05	28/05	06/06	13/06	20/06	25/06	02/07	10/07

Mois	juil-19		août-19						sept-19				oct-19			
Semaines	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Périodes d'activité des oiseaux	Envol des jeunes et migration postnuptiale						Migration postnuptiale				Migration postnuptiale					
Périodes d'activité des chiroptères	Swarming, pariades et transit/migration d'automne															
Nombre de passage	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dates	17/07	23/07	02/08	07/08	14/08	21/08	30/08	04/09	12/09	18/09	24/09	01/10	08/10	15/10	24/10	

Les prospections ont été programmées afin de bénéficier des conditions météorologiques les plus favorables à la recherche de cadavres, et en privilégiant autant que possible des journées faisant suite à des conditions optimales pour l'activité des chauves-souris (températures douces, vent faible, absence de pluie).

Dans le cas présent, étant donné que le parc est composé de 9 éoliennes, l'ensemble de celles-ci a été prospecté dans le cadre du suivi de la mortalité.

Remarque : notons ici que c'est à cause de la découverte en septembre 2018 d'une espèce hautement patrimoniale (Molosse de Cestoni) que les suivis de la mortalité et d'activité des chiroptères ont été étendus en période hivernale (mois de janvier 2019 pour la mortalité) puisque cette espèce peut être présente toute l'année sur site et n'hiberne pas réellement comme la plupart des autres chauves-souris ; elle est ainsi susceptible de chasser à hauteur de pales en hiver également.

Enfin, le suivi de la mortalité a ensuite également été étendu en automne 2019, bien que la période ait déjà été suivie en 2018, afin de vérifier le bon fonctionnement du bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris mis en place dans un second temps en août 2019, au vu de la mortalité importante mise en évidence sur le parc. Ce suivi étendu a été réalisé suivant le même protocole que celui validé en 2018 avec les représentants de la société d'exploitation.

2.3 Protocole de recherche des cadavres

Le principe du protocole de recherche des cadavres est le suivant : d'après le protocole de Winkelmann, une surface de prospection théorique de 10 000 m² ou 1 ha (carré de 100 m de côté) est parcourue au pied de chaque éolienne. Dans le cas présent, cette zone de prospection théorique a été adaptée à une **surface de 50 m de rayon** autour des 9 éoliennes du parc (7 833 m² de surface par éolienne).

Les zones de recherche sont prospectées *via* des transects parcourus à pied à vitesse lente. Selon l'occupation du sol, les transects peuvent être linéaires (par exemple lorsque le « découpage » de la végétation suit des parcelles rectilignes) ou bien suivre des cercles concentriques autour du mât (*cf.* figure ci-contre). Afin de faciliter le suivi, les prospecteurs sont munis des ortho-photos des zones de prospection, leur permettant de se repérer sur le terrain vis-à-vis des éléments paysagers.

Les transects sont espacés de quelques mètres à une petite dizaine de mètres les uns des autres en fonction de l'occupation du sol. En effet, les différents types de recouvrement du sol (friches, vignes, plateformes gravillonnées) au sein des zones de prospection induisent des niveaux différents de visibilité et donc de détectabilité des cadavres.

C'est pourquoi les transects sont rapprochés les uns des autres dans les zones de moins bonne détectabilité des cadavres (végétation haute et dense) et, à l'inverse, peuvent être plus éloignés dans les meilleures conditions de visibilité (plateformes, pistes, végétation rase).

Les zones de garrigues hautes et denses ainsi que certaines parcelles de vignes en treillis comprises dans les aires de prospection n'ont pu être prospectées selon le protocole décrit ci-dessus en raison de la mauvaise visibilité et/ou de la non praticabilité sur le terrain (les « treillis » dans certaines parcelles de vignes ne permettent pas toujours la recherche de cadavres). Dans le chapitre « 3 - Résultats du suivi de la mortalité » du présent rapport est décrite l'occupation du sol au sein des zones de prospection, ainsi que les surfaces réellement prospectées.

On notera qu'une attention particulière a été portée à la régularité dans la pression de prospection, avec au moins un passage par semaine sur site, afin de ne pas introduire de biais dans les résultats *via* des variations de pression de prospection trop importantes.

Pour plus d'exhaustivité, deux périodes ont été définies au cours de l'année de suivi selon les surfaces prospectées (occupation du sol) puisqu'entre les prospections effectuées en 2018 et celles de 2019, la prospection de la garrigue d'une des éoliennes a notamment été abandonnée.

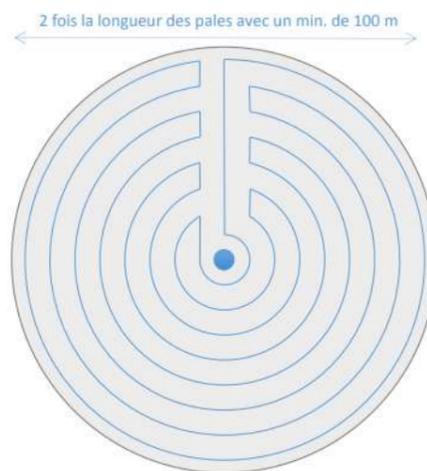


Figure 1 : Représentation schématique de la recherche de cadavres sous une éolienne par transects concentriques (largeur de transects de 5 à 10 m) - d'après le Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres - révision 2018

Tableau 2 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)

Nom de la période	Durée de la période	Justification
Période A	31 juillet au 24 octobre 2018 Semaines 31 à 43 -> 13 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté.
Période B	3 au 25 janvier 2019 + 7 mai au 24 octobre 2019 Semaines 1 à 4 + semaines 19 à 43 -> 29 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté moins une partie de la garrigue sous l'éolienne E7.

Lors de la découverte d'un cadavre, des photographies sont prises et les informations suivantes sont consignées (*cf.* fiche type de saisie de terrain en Annexe 3) :

- date de découverte ;
- type de cadavre (oiseau ou chauve-souris) ;
- identifiant unique pour chaque cadavre ;
- numéro de l'éolienne concernée ;
- position du cadavre par rapport au mât de l'éolienne (distance et direction) et coordonnées gps ;
- nature de l'occupation du sol et hauteur de la végétation au niveau de la découverte ;
- détermination de l'espèce ou du genre dans la mesure du possible, en fonction de l'état du cadavre ;
- mesure de l'avant-bras pour les chauves-souris (à l'aide d'un pied à coulisse) ;
- état du cadavre (frais, sec, décomposition avancée), présence d'insectes le cas échéant et estimation du temps écoulé depuis la mort ;
- blessures apparentes éventuelles et cause présumée de la mort ;
- sexe et âge de l'individu si possible.

2.4 Identification des cadavres

Tout cadavre découvert est identifié aussi précisément que possible selon son état (à l'aide d'une loupe binoculaire pour les chiroptères notamment). Les principaux ouvrages et documents utilisés pour l'identification des espèces de chauves-souris sont les suivants :

- Arthur L. et Lemaire M., 2009, *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse - Cahier d'identification*, Biotopie, Mèze (collection Parthénope), ADEME / Muséum national d'Histoire Naturelle, Paris, 544 ;
- Dietz C. et von Helversen O., 2004, *Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe*, 28 ;
- Déjean S., 2007, *Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées*, en main. Conservatoire Régional des espaces naturels de Midi-Pyrénées, Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées, Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées, 17 ;

Pour les oiseaux, sont utilisés :

- le guide ornithologique : Svensson L., Mullarney K., et Zetterström D., 2014, *Le guide ornitho - Le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient* : 900 espèces, Delachaux et Niestlé, Paris, 446 ;
- des sites internet d'aide à l'identification de plumes : <http://www.alulaweb.com/> ; http://www.federn.org/index_fr.html ; <http://www.pterocles.fr/>

Certains cadavres en très mauvais état, non identifiables de manière visuelle et concernant potentiellement des espèces patrimoniales, peuvent faire l'objet d'analyses génétiques, mais cela n'est pas apparu nécessaire dans le cadre du présent suivi.

2.5 Estimation du taux de mortalité

2.5.1 Formules de calcul

Afin d'estimer le taux de mortalité due aux éoliennes, des coefficients correcteurs sont déterminés pour corriger les biais éventuellement engendrés par la disparition des cadavres (prédation, décomposition) et une efficacité de recherche non optimale (capacités de détection humaines, nature du couvert végétal et visibilité sous les éoliennes).

Les trois principaux coefficients correcteurs suivants ont été déterminés à partir de trois sessions de test effectués d'une part en septembre et juin 2018 puis d'autre part en septembre 2019 :

- **P** le taux de persistance des cadavres ;
- **Z** le taux d'efficacité de recherche ;
- **tm** la durée moyenne de persistance d'un cadavre sur site.

Ces tests ont été réalisés en utilisant des cadavres-test simulant d'une part des chiroptères : bébés rats ou blanchons de souris, et d'autre part, des oiseaux de tailles variables : poussins et cailles. Un **coefficient de correction surfacique (a)** a également été déterminé. Les méthodes de détermination de ces coefficients sont explicitées dans la partie suivante.

Quatre formules de calcul ont ensuite été utilisées pour estimer la mortalité réelle due aux éoliennes du parc El Singla : les estimations de Winkelmann (1989, adapté par Yann André, LPO 2004), Erickson (2000), Jones (2009) et Huso (2010).

Dans les encadrés suivants, les facteurs des équations permettant d'estimer le taux de mortalité réel par éolienne et par semaine sont les suivants :

- **N estimé** : taux de mortalité réel estimé ;
- **Na** : nombre de cadavres dont la mort est imputable ou probablement causée par les éoliennes (il s'agit donc du nombre total de cadavres retrouvés au pied des éoliennes auxquels sont soustraits les cadavres dont la mort n'est *a priori* pas due aux éoliennes) ;
- **a** : coefficient de correction surfacique (prise en compte des surfaces réellement prospectées) ;
- **P** : taux de persistance des cadavres (prise en compte de la vitesse de disparition des cadavres liée à la prédation, décomposition)
Par exemple, si sur 10 cadavres 2 disparaissent en une semaine, on a : P = 0,8 (pour une semaine). Plus l'intervalle entre les prospections est court, plus le biais est limité et plus P sera proche de 1 ;
- **Z** : taux d'efficacité de recherche moyen (prise en compte de l'efficacité du prospecteur et de la visibilité liée à l'occupation du sol)
Par exemple, si 7 cadavres sur 10 sont retrouvés, on a : Z = 0,7 ;
- **O** : nombre d'éoliennes suivies ;
- **D** : nombre de semaines prospectées ;
- **I** : durée moyenne de l'intervalle entre deux passages ;
- **tm** : durée moyenne de persistance d'un cadavre (son calcul est explicité dans la partie suivante sur la détermination des coefficients) ;
- **ê** : coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$ avec l'intervalle effectif $\hat{I} = -\log(0,01) \times tm$;
- **p** : probabilité de disparition sur l'intervalle.

$$\text{Formule d'estimation de Winkelmann : } N \text{ estimé} = a \times \frac{Na}{P \times Z \times O \times D}$$

Dans le cas où le taux de persistance est égal à 0 (c'est-à-dire si tous les cadavres disparaissent entre deux visites), le calcul selon la formule de Winkelmann est impossible à réaliser.

$$\text{Formule d'estimation d'Erickson : } N \text{ estimé} = a \times \frac{Na \times I}{tm \times Z \times O \times D}$$

Cette équation ressemble à la précédente tout en permettant de faire le calcul lorsque le taux de prédation est très élevé (donc le taux de persistance nul). Pour cela, deux paramètres sont ajoutés, I (durée moyenne de l'intervalle entre deux passages) et tm (durée moyenne de persistance d'un cadavre).

$$\text{Formule d'estimation de Jones et Huso : } N \text{ estimé} = a \times \frac{Na}{Z \times \hat{e} \times p \times O \times D}$$

$$\text{avec le facteur } p = e^{-0,5 \times (\frac{I}{tm})} \text{ pour Jones et } p = tm \times \frac{1 - e^{-\frac{I}{tm}}}{I} \text{ pour Huso}$$

Les formules de Jones et Huso reposent sur plusieurs hypothèses :

- le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps entre deux visites ;
- 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.

La notion d'intervalle effectif apparaît également ici. En effet, plus l'intervalle I est long, plus le taux de persistance tend vers 0. Un cadavre découvert en fin d'intervalle n'est probablement pas mort au début de cet intervalle. Il est probablement mort plutôt durant l'intervalle effectif correspondant à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1 %.

Ces formules ont aussi l'avantage de permettre de faire le calcul d'estimation dans le cas où le taux de persistance est égal à 0 (si tous les cadavres disparaissent entre deux visites) bien qu'introduisant alors un biais important dans les résultats d'estimation.

2.5.2 Détermination des coefficients correcteurs

2.5.2.1 Réalisation de tests d'efficacité de recherche et de disparition des cadavres

Les tests permettant de déterminer la vitesse de disparition des cadavres sur le site d'El Singla, ainsi que le taux d'efficacité de recherche, ont été réalisés lors de 3 sessions : d'une part en septembre et juin 2018 puis d'autre part en septembre 2019. Ces tests ont été effectués, a minima, à l'automne et en été de façon à prendre en compte les variations de végétation, de conditions de visibilité et de pression de prédation au cours des saisons.

Les tests ont été réalisés à chaque fois sous deux éoliennes prospectées (E3 et E9), afin de tenir compte des différents types d'occupation du sol rencontrés sur le parc (vignes, garrigues, plateformes).

Des bébés rats ou blanchons de souris congelés ont été utilisés afin de représenter les chiroptères susceptibles d'être retrouvés sous les éoliennes. Toutefois, en raison de la difficulté de détection des bébés rats (couleur claire contrairement aux chauves-souris), de petits jouets noirs en peluche pour chats ont été utilisés lors des tests d'efficacité avant d'être remplacés, par les bébés rats pour le suivi de la disparition. Des poussins et des cailles ont été ajoutés pour représenter les oiseaux susceptibles d'être touchés par les éoliennes.

Pour chaque éolienne-test, ont été utilisés 6 bébés rats (remplacés par 6 jouets noirs pour le test d'efficacité) ainsi que 3 cailles et 3 poussins, soit un total de 12 cadavres-tests par éolienne, la moitié simulant des chauves-souris et l'autre moitié simulant des oiseaux.

Ainsi, les dates du test d'efficacité ainsi que le dépôt des cadavres-tests en vue du test de disparition ont été les suivants sur le parc d'El Singla :

- Tests automne 2018 : J0 le 25/09 ; J+1 le 26/09, J+3 le 28/09 et J+7 le 02/10 ;
- Test été 2019 : J0 le 25/06 ; J+1 le 26/06 ; J+3 le 28/06 et J+7 le 02/07 ;
- Tests automne 2019 : J0 le 24/09 ; J+1 le 25/09, J+3 le 27/09 et J+7 le 01/10.

Afin de lisser certaines valeurs anormales obtenues lors des tests de persistance des cadavres notamment, il a été choisi d'utiliser les moyennes des trois sessions de tests pour les valeurs de P, le taux de persistance des cadavres, de Z, le taux d'efficacité de recherche et de Tm, la durée moyenne de persistance d'un cadavre sur site. Nous conserverons néanmoins la distinction entre les valeurs obtenues d'une part pour les chauves-souris et d'autre part pour les oiseaux.



Illustration 1 : Comparaison entre une chauve-souris et un jouet noir en peluche utilisé lors des tests d'efficacité - les jouets permettent de bien représenter les cadavres de chauves-souris (source : Abies)



Illustration 2 : Jouet noir en peluche remplacé par un bébé rat pour simuler une chauve-souris lors du test de disparition (source : Abies)

2.5.2.2 Détermination du taux d'efficacité de recherche sur le site (Z)

Pour chaque test d'efficacité de recherche, les cadavres-test ont été déposés en début de matinée par une personne sur l'ensemble des aires de prospection des éoliennes E3 et E9, et ce de manière aléatoire. Les emplacements des cadavres-test ont alors été relevés sur une carte.

Les prospections ont ensuite été effectuées par une seconde personne sous l'ensemble des éoliennes du parc, de manière similaire aux recherches réalisées lors des autres sessions de terrain de ce suivi (pression et méthode de prospection comparables). Au cours de cette prospection « standard », les cadavres-test trouvés ou non sous les éoliennes E3 et E9 ont été notés, et leurs emplacements ont été marqués au moyen de rubalise afin de pouvoir être facilement repérables dans le cadre du test de disparition.

On rappellera que, lors des tests d'efficacité, des jouets noirs en peluche pour chats ont été utilisés pour simuler des chauves-souris avant d'être remplacés par les bébés rats ou blanchons de souris pour le suivi de la disparition.

Le taux d'efficacité (Z) est obtenu par le rapport entre le nombre de cadavres retrouvés et le nombre de cadavres déposés. Rappelons que le taux d'efficacité global sur l'ensemble de la période de suivi est obtenu par moyenne entre les résultats des trois tests effectués d'une part pour les chauves-souris et d'autre part pour les oiseaux.

L'utilisation, pour moitié des cadavres-test simulant des chauves-souris et l'autre moitié simulant des oiseaux de diverses tailles, nous permet de calculer les coefficients correcteurs d'une part pour les chauves-souris et d'autre part pour les oiseaux.

2.5.2.3 Détermination du taux de persistance des cadavres sur le site (P)

Suite à leur dépôt et grâce au marquage mis en place (rubalise), les cadavres-test ont été recherchés à J+1, J+3 et J+7 puis lors des passages suivants jusqu'à leur disparition complète.

Pour l'ensemble de la période de suivi durant laquelle un passage sur site par semaine a été effectué, les résultats à J+7 des tests ont été retenus pour déterminer le taux de persistance moyen des cadavres entre deux passages sur site.

Ainsi, le taux de persistance (P) est obtenu par le rapport entre le nombre de cadavres retrouvés à J+7 et le nombre de cadavres déposés au départ.



Illustration 3 : Marquage de l'emplacement de cadavres-tests de souris, poussin et caille sur le parc d'El Singla (source : Abies, 2019)

2.5.2.4 Détermination de la durée moyenne de persistance d'un cadavre sur le site (tm)

Pour le calcul du taux de mortalité selon les formules d'Erickson, Jones et Huso, la durée moyenne de persistance d'un cadavre (tm) est nécessaire pour préciser les estimations de la mortalité. Afin de déterminer ce coefficient, des passages rapprochés sont nécessaires suite au dépôt des cadavres-test. Dans le cas présent, des passages ont été réalisés à J+1, J+3 et J+7. Les cadavres-test ont ensuite été suivis lors des visites suivantes jusqu'à leur disparition complète.

La formule de calcul de la durée moyenne de persistance des cadavres est la suivante :

$$t_m = \frac{[(nb \text{ cadavres restant à } J + 1 - nb \text{ cadavres restant à } J + X_a) + nb \text{ jours } (J + 1)]}{nb \text{ cadavres au départ}} + \frac{[(nb \text{ cadavres restants à } J + X_a - nb \text{ cadavres restant à } J + X_b) * nb \text{ jours } (J + X_a)] + \dots + [nb \text{ cadavres final} * nb \text{ jours final}]}{nb \text{ cadavres au départ}}$$

2.5.2.5 Détermination du coefficient de correction surfacique (a)

Pour le calcul du coefficient de correction surfacique, la méthode des cercles concentriques proposée par Arnett en 2005 a été utilisée comme base. Les zones de prospection ont été découpées en cercles concentriques éloignés chacun d'une distance de 10 m. Au sein de ces cercles, le nombre de cadavres retrouvés et la surface réellement prospectée ont été déterminés afin de pouvoir ajuster le coefficient surfacique.

Notons qu'une version simplifiée de la méthode d'Arnett, proposée par la LPO⁴, a été utilisée dans le présent rapport. Celle-ci permet de simplifier le calcul en éliminant l'efficacité de recherche par cercle concentrique, difficile à appliquer au vu de l'échantillonnage de test utilisé.

La formule de calcul du coefficient surfacique permet d'appliquer une correction pour laquelle chaque cercle concentrique contribue selon le nombre de cadavres qui y est trouvé. Ainsi, un cercle contribue d'autant plus que le nombre de cadavres trouvé est élevé et que la proportion prospectée est faible.

Ainsi, le coefficient de correction surfacique correspond à :

$$a = \frac{\sum_x^5 C_x / S_x}{\sum_x^5 C_x}$$

où C_x est le nombre de cadavres comptés sur le cercle concentrique x et S_x est la proportion de surface prospectée du cercle x .

La surface prospectée représente le seul facteur qui a évolué de manière relativement notable entre les deux périodes (2018 et 2019), selon la visibilité au sol et la praticabilité, deux coefficients correcteurs ont été calculés pour les périodes A et B.

2.6 Limites méthodologiques

2.6.1 Limites rencontrées lors des prospections de recherche des cadavres

Lors des recherches de cadavres, l'occupation du sol au sein des zones de prospection constitue la limite principale des suivis de la mortalité. En effet, la variabilité des couvertures au sol et des assolements induit des niveaux différents de visibilité et donc de détectabilité des cadavres. Ainsi, la visibilité est meilleure sur des revêtements inertes comme les plateformes et, à l'inverse, les cadavres peuvent s'avérer particulièrement difficiles à repérer au sein des zones à végétation haute ou plus dense de la garrigue broyée.

Les tests d'efficacité de recherche permettent en partie de tenir compte de ce biais dans les zones où les prospections sont moins optimales. De plus, certaines surfaces, telles que les zones de garrigues hautes ou certaines parcelles de vignes en treillis dans le cas présent, ne permettent pas la mise en place du protocole « standard » de prospection et ne peuvent donc pas être prospectées (mauvaise visibilité et/ou non praticabilité sur le terrain). Par ailleurs, toutes les zones trop abruptes, soit créées pour le parc éolien d'El Singla (talus et décaissement), soit du fait de l'aspect naturellement vallonné du site, n'ont pas pu être prospectées puisque jugées trop accidentées. Les photos suivantes illustrent les zones non prospectées puisque dangereuses ou avec une végétation trop dense.



Dévers/talus non prospecté (Abies, juillet 2018)



Garrigue/friche dense non prospectée (Abies, juillet 2018)

Rappelons que les zones de prospection ont légèrement évolué entre 2018 et 2019 avec l'abandon de la prospection des zones de garrigue de l'éolienne E7. C'est pourquoi, deux périodes A et B ont été définies (cf. partie 2.3). Notons ici qu'un broyage de la garrigue avait été réalisé avant le début du suivi de la mortalité en 2018 sur une distance d'environ 50 m depuis le pied des éoliennes pour éviter le risque incendie ; celui-ci a donc permis une ouverture partielle des milieux à prospecter dans le cadre de ce suivi. Aucun autre débroussaillage n'a été réalisé au cours du suivi sur le site.

Une autre limite réside dans la fiabilité de l'estimation de la date présumée de la mort des individus retrouvés. Cette estimation se base sur l'état des cadavres (frais, sec, décomposition en cours), sur la présence éventuelle d'insectes et leurs stade de croissance (œufs, larves ou asticots, pupes ou nymphes), sur les résultats des tests de durée de persistance des cadavres effectués *in situ*, sur la date du précédent passage sur site, ainsi que sur nos retours d'expérience. Néanmoins, la date présumée de la mort peut parfois être complexe à estimer dans les faits. En effet, de nombreux facteurs rentrent en ligne de compte : fourmis ou guêpes accélérant la décomposition, chaleur, pluie, mais aussi variabilité des appréciations en fonction des observateurs.

2.6.2 Limites rencontrées lors des tests d'efficacité de recherche et de disparition des cadavres

Une autre limite méthodologique est rencontrée lors de la réalisation des tests d'efficacité de recherche et de disparition des cadavres, et concerne le type de matériel utilisé.

Globalement, les bébés rats ou blanchons de souris permettent une simulation vraisemblable de cadavres de chauves-souris, notamment en termes de taille et de poids. Néanmoins, ce matériel biologique n'est pas strictement comparable aux cadavres de chauves-souris pouvant être découverts lors du suivi :

- Les bébés rats sont de couleur claire (contrairement aux chauves-souris) et sont de ce fait difficiles à détecter, aussi bien dans les friches et les pelouses que sur les plateformes. C'est pourquoi, pour les tests d'efficacité de recherche, de petits jouets noirs en peluche pour chats ont été utilisés pour simuler des chauves-souris, avant d'être remplacés par les bébés rats pour les tests de disparition. Les poils synthétiques de ceux-ci, bien que ressemblants, ne possèdent pas non plus la même texture ni la même couleur que des poils de chauves-souris ;
- Les bébés rats sont dépourvus de patagium, membrane sombre formant les ailes des chauves-souris. Généralement, c'est cette membrane, bien visible, qui persiste le plus longtemps chez les cadavres de chiroptères (décomposition plus lente) et c'est souvent grâce à elle que des cadavres sont encore détectables après plus de 48h. Ainsi, il est possible que les bébés rats aient une vitesse de disparition plus rapide que les chauves-souris, ce qui induit un biais dans la détermination du taux de persistance des cadavres et de la durée moyenne de persistance d'un cadavre.

En ce qui concerne les oiseaux, le matériel utilisé permet globalement une simulation vraisemblable de cadavres d'oiseaux de différentes tailles pouvant être découverts lors du suivi. Les cailles et les poussins permettent de simuler divers groupes d'oiseaux présents dans la nature et pouvant être découverts sous les éoliennes (passereaux

⁴ « Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes », LPO Drôme, 2010.

et assimilés, petits rapaces). Il est toutefois difficile de représenter les grands rapaces, à la vitesse de décomposition vraisemblablement plus lente et qui sont plus facilement détectables en raison de leur taille. De plus, la couleur jaune des poussins est peu retrouvée à l'état sauvage et peut induire un biais supplémentaire.

Enfin, notons que les calculs d'estimation de la mortalité réelle s'appuient uniquement sur les résultats des 3 sessions de tests d'efficacité de recherche réalisés en début d'été et à l'automne ; ainsi la découverte d'un individu en plus ou en moins lors de ces tests présente des conséquences significatives sur les résultats d'estimation globale de la mortalité induite par le parc éolien.

2.6.3 Limites liées à la formule de Winkelmann

Pour finir, on notera que la formule de Winkelmann utilise peu de paramètres pour définir le taux de mortalité (comparativement à d'autres formules existantes telles que celles de Jones, Erickson ou Huso) et, en particulier, ne tient pas compte de la durée moyenne de persistance d'un cadavre (t_m).

L'utilisation seule du taux de persistance (P) sur l'intervalle de temps entre deux passages suppose en effet que tous les individus sont morts au début de l'intervalle. Or, ne pas considérer que des individus pourraient être morts durant l'intervalle a tendance à surestimer le taux de mortalité (LPO Drôme 2010, Eurobats 2012). La méthode de Winkelmann présente donc des biais qui peuvent être importants et peut surestimer la mortalité.

C'est pourquoi trois autres formules de calcul ont été utilisées (Jones, Huso et Erickson) afin de limiter les biais liés à celle de Winkelmann ; cette dernière ne sera formulée qu'à titre indicatif et ne participera pas à l'estimation finale du taux de mortalité du parc éolien. L'estimation du taux de mortalité moyen du parc éolien est donc obtenue grâce aux résultats des trois formules de Jones, Huso et Erickson.

3 RESULTATS DU SUIVI DE LA MORTALITE

3.1	Occupation du sol des surfaces prospectées	19
3.2	Bilan de la mortalité des chiroptères	26
3.2.1	Mortalité par espèce	26
3.2.2	Distribution spatiale des cadavres	27
3.2.3	Distribution temporelle des cadavres	30
3.2.4	Estimation du taux de mortalité	31
3.3	Bilan de la mortalité de l'avifaune	34
3.3.1	Mortalité par espèce	34
3.3.2	Distribution temporelle des cadavres	35
3.3.3	Distribution spatiale des cadavres	35
3.3.4	Estimation du taux de mortalité	37

3.1 Occupation du sol des surfaces prospectées

Les cartes suivantes présentent, d'une part, les différents types d'occupation du sol au sein des aires de prospection théoriques des éoliennes et, d'autre part, la localisation des surfaces prospectées ou non. Les occupations du sol sont présentées pour l'ensemble de la période de prospection.

Comme précisé dans le chapitre « 2 - Méthodologie du suivi de la mortalité » du présent rapport, bien que les aires de prospection théoriques soient de même superficie (7 833 m²) pour toutes les éoliennes, les surfaces réellement prospectées puisque prospectables sont variables en fonction du type d'occupation du sol des éoliennes.

On notera en particulier que les vignes en treillis, la garrigue dense, les talus et les zones de dévers trop pentus compris dans les aires de prospection théoriques n'ont généralement pas été contrôlés selon le protocole « standard ». Une prospection simplifiée aura néanmoins pu être réalisée en bordures de ces zones.

Rappelons que certaines zones de garrigue se sont avérées moins prospectables en cours de suivi, notamment du fait de leur densité en arbustes, c'est pourquoi deux périodes A et B ont été définies correspondant aux années 2018 et 2019 de suivi (cf. partie 2.3).

Le tableau suivant précise les surfaces prospectables par éolienne sur le parc d'El Singla.

Tableau 3 : Surfaces prospectables par éolienne sur le parc (source : Abies)

Eoliennes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Total
Surface prospectée 2018 (m ²)	4 231	3 893	4 756	1 858	5 015	5 823	4 190	5 298	6 750	41 814
Surface prospectée 2019 (m ²)	4 231	3 893	4 756	1 858	5 015	5 823	2 953	5 298	6 750	40 577
% moyen de surface prospectée	54 %	50 %	61 %	24 %	64 %	74 %	46 %	68 %	86 %	59 %
Surface en graves (piste et plateforme, en m ²)	2 755	2 238	2 533	1 800	3 311	1 890	1 986	1 157	2 637	20 307
% moyen de surface en graves au sein de la zone théorique de prospection	35 %	29 %	32 %	23 %	42 %	24 %	25 %	15 %	34 %	29 %

Ce tableau montre qu'en moyenne seulement 59 % de la surface théorique de prospection du parc d'El Singla (cercles de 50 m de rayon autour des éoliennes) a été jugé prospectable et a donc pu être réellement prospecté au cours du suivi de la mortalité en 2018 et 2019. Cette faible valeur s'explique par le caractère difficilement praticable de certaines zones du parc (fort dénivelé à certains endroits) et la densité des végétations de garrigue environnantes. A noter que les surfaces de graves, où les résultats de prospection sont jugés bons, représentent en moyenne 29 % de la surface de prospection théorique du parc et presque la moitié des surfaces prospectées.

Le jeu de cartes en pages suivantes ainsi que les illustrations ci-après présentent l'occupation du sol et les zones prospectées et prospectables sur l'ensemble des 9 éoliennes du parc.



Friche sous E8 (Abies, juillet 2018)



Vigne en treillis abandonnée sous E8 (Abies, juillet 2018)



Talus et garrigue haute sous E7 (Abies, juillet 2018)



Garrigue broyée sous E7 (Abies, juillet 2018)



Garrigue broyée sous E6 (Abies, juillet 2018)



Plateforme, talus et garrigue dégradée sous E5 (Abies, juillet 2018)



Dévers et garrigues sous E4 (Abies, juillet 2018)



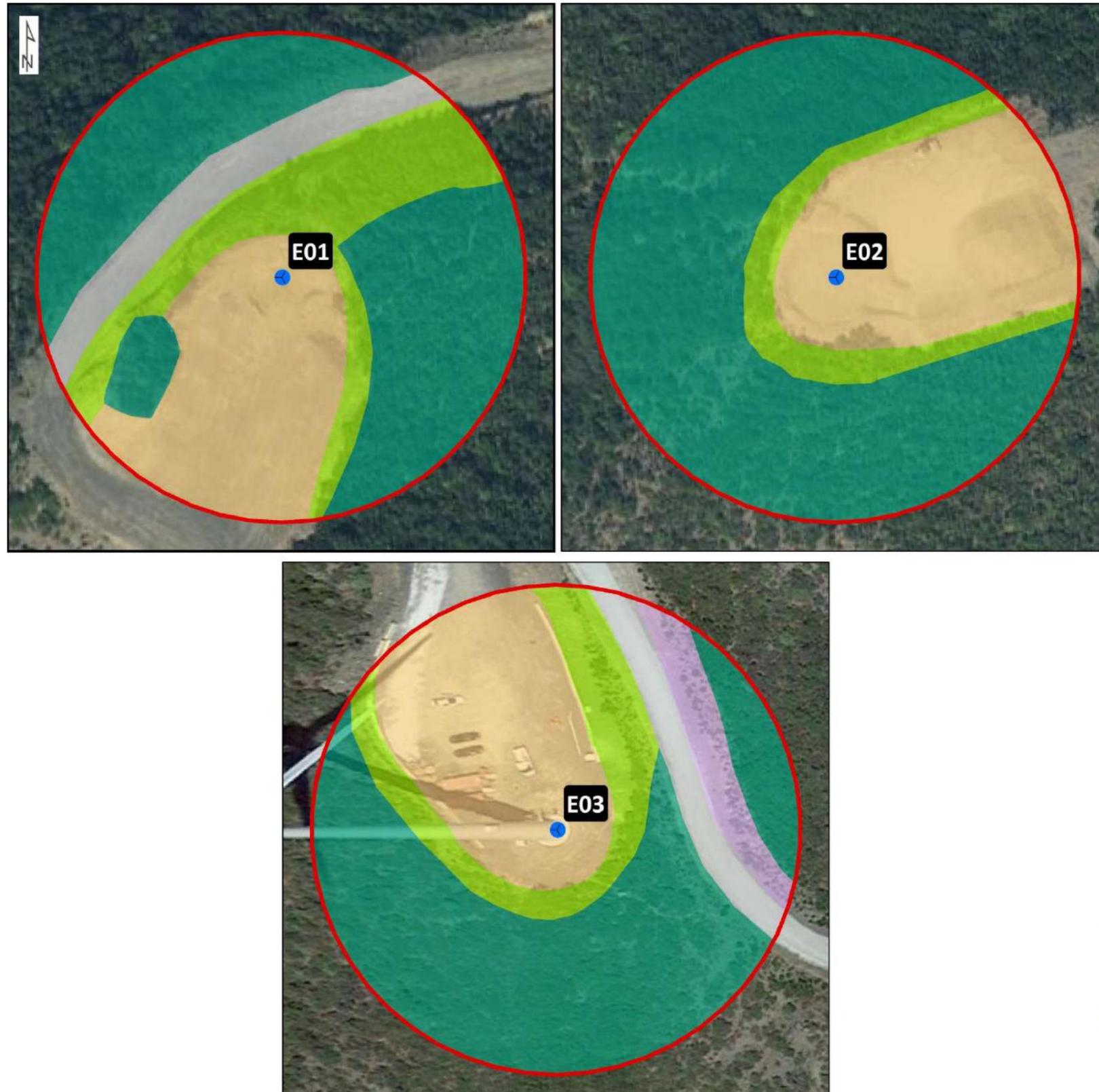
Dévers et garrigues E3 (Abies, juillet 2018)



Plateforme sous E9 (Abies, juillet 2018)



Jeune vigne libre sous E9 (Abies, juillet 2018)

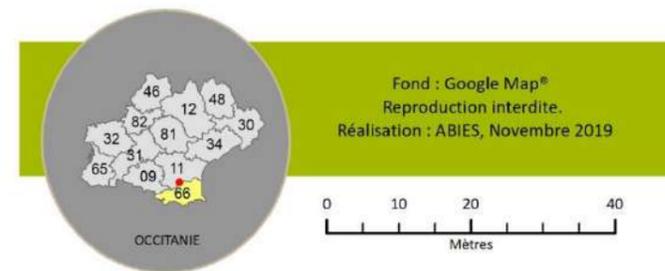


Parc éolien El Singla

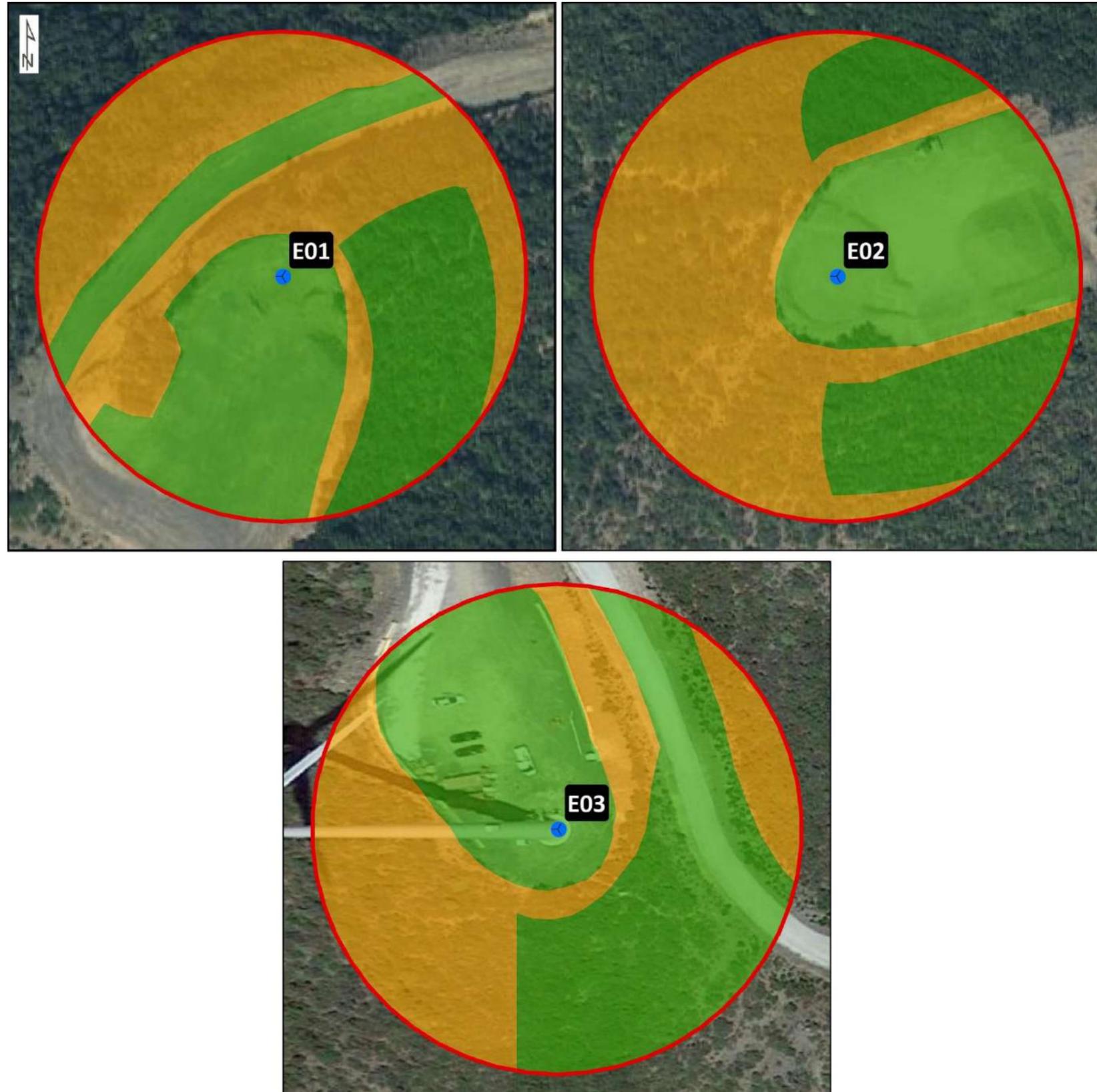
66
Pyrennées
Orientales

Occupation du sol E1, E2, E3

- Piste
- Plateforme
- Zone remaniée
- Talus
- Garrigue
- Zone de prospection théorique (50 m autour de l'éolienne)
- Eolienne



Carte 2 : Occupation du sol sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2019)

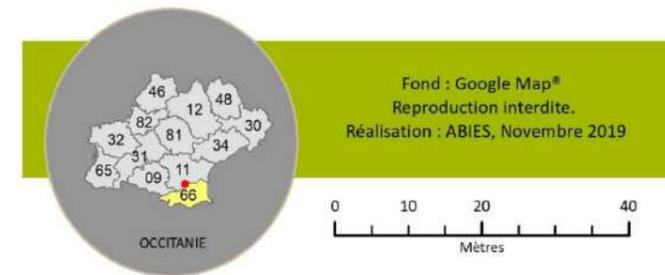


Parc éolien El Singla

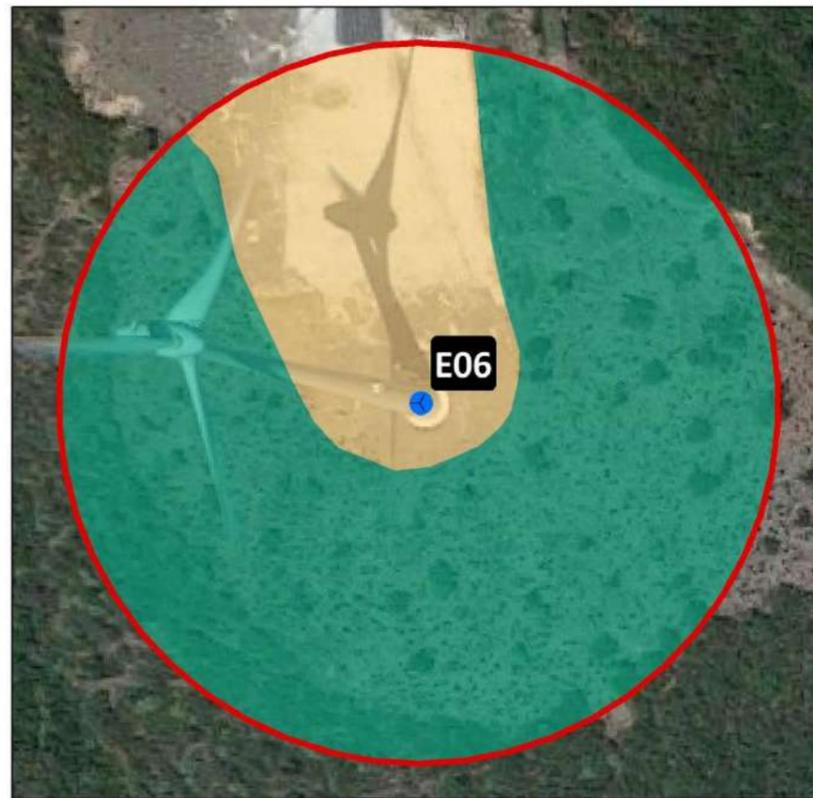
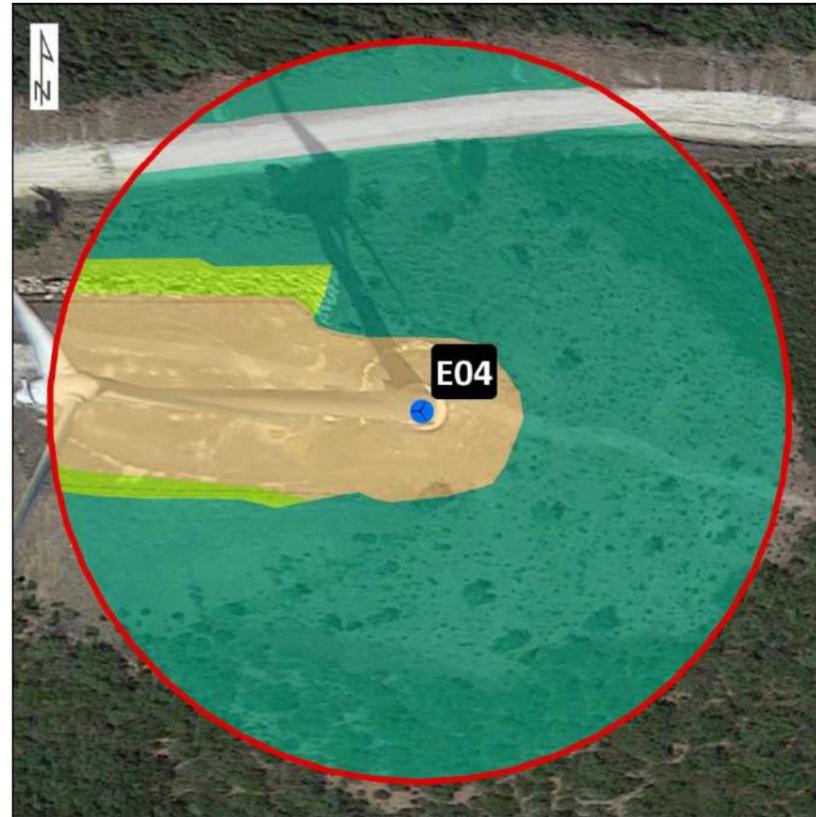
66
Pyrennées
Orientales

Surfaces prospectées E1, E2 et E3

- Prospectée
- Non prospectable
- Zone de prospection théorique (50 m autour de l'éolienne)
- Eolienne



Carte 3 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2019)



Parc éolien El Singla

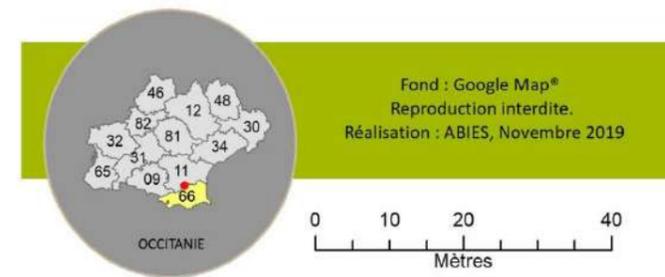
66
Pyrennées
Orientales

Occupation du sol E4, E5, E6

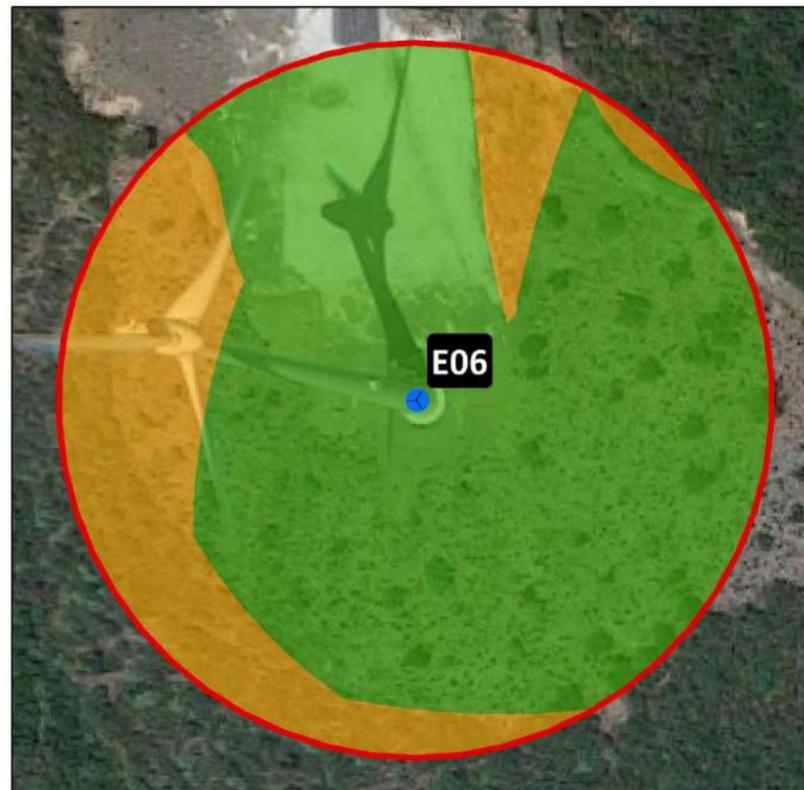
-  Piste
-  Plateforme
-  Talus
-  Garrigue

 Zone de prospection théorique
(50 m autour de l'éolienne)

 Eolienne



Carte 4 : Occupation du sol sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2019)



Parc éolien El Singla

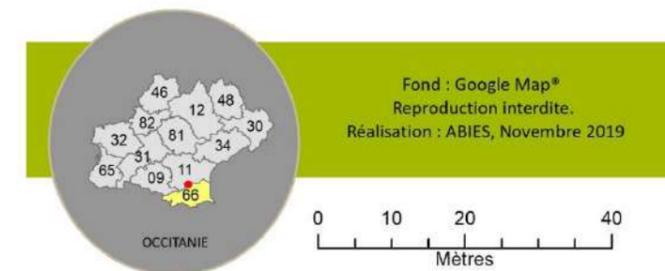
66
Pyrennées
Orientales

Surfaces prospectées E4, E5 et E6

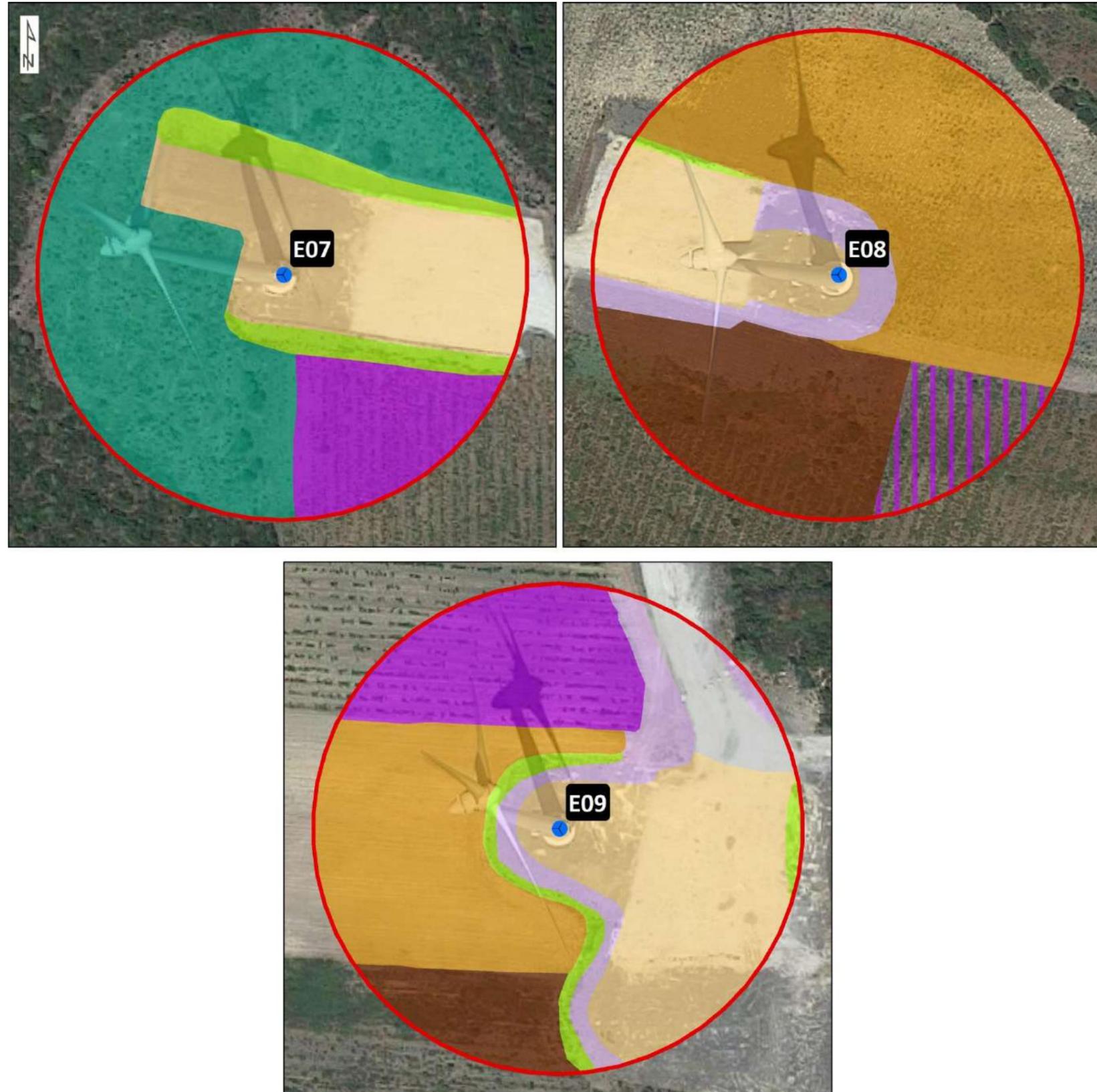
- Prospectée
- Non prospectable

Zone de prospection théorique
(50 m autour de l'éolienne)

Eolienne



Carte 5 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2019)

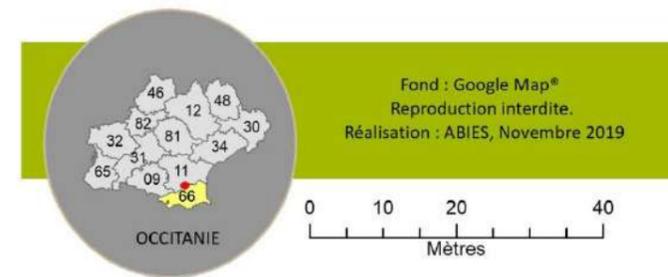


Parc éolien El Singla

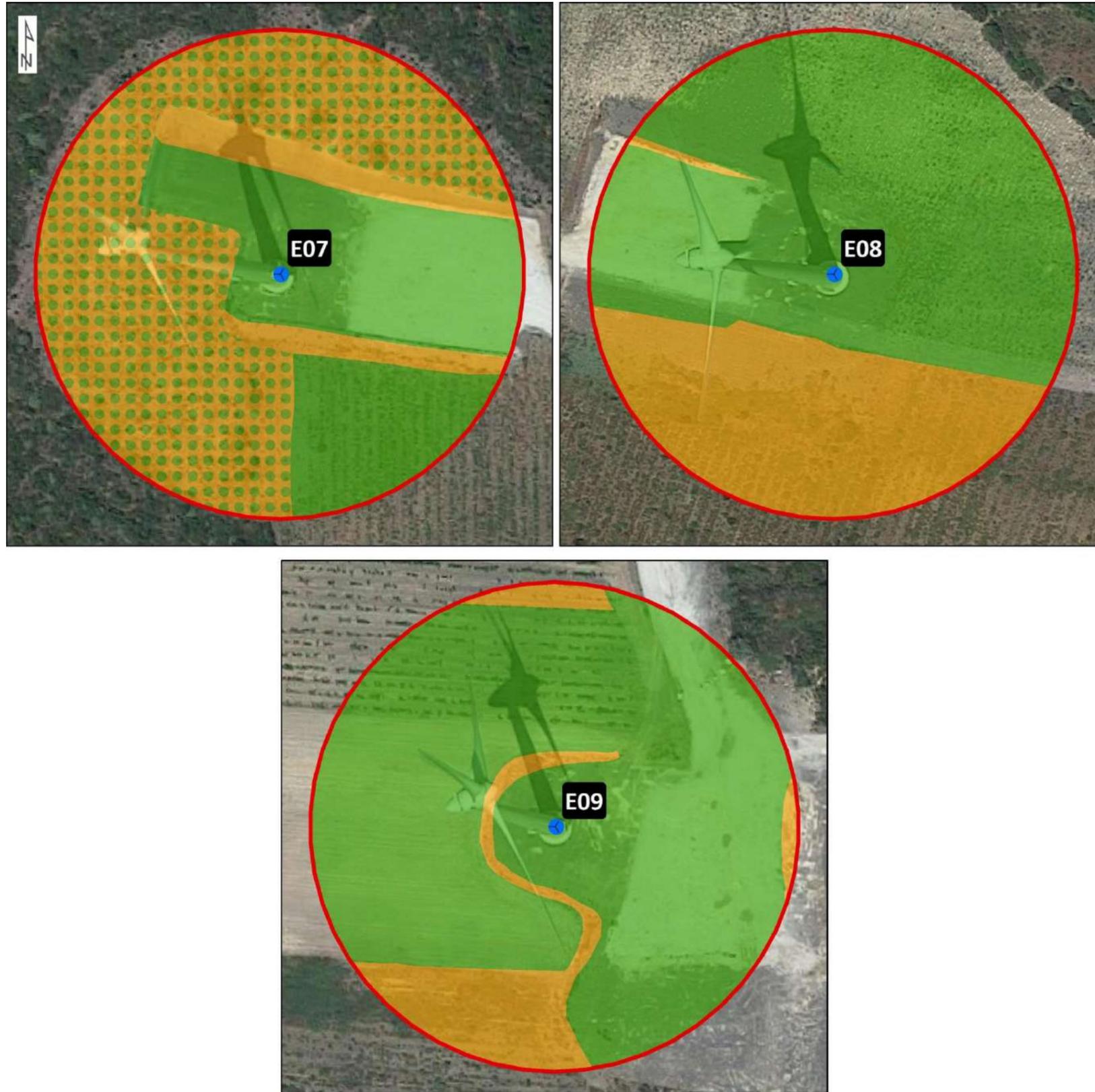
66
Pyrennées
Orientales

Occupation du sol E7, E8, E9

- Piste
 - Plateforme
 - Zone remaniée
 - Labour et jeune vigne
 - Talus
 - Vigne
 - Vigne treillis
 - Roncier
 - Garrigue
-
- Zone de prospection théorique (50 m autour de l'éolienne)
 - Eolienne



Carte 6 : Occupation du sol sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2019)

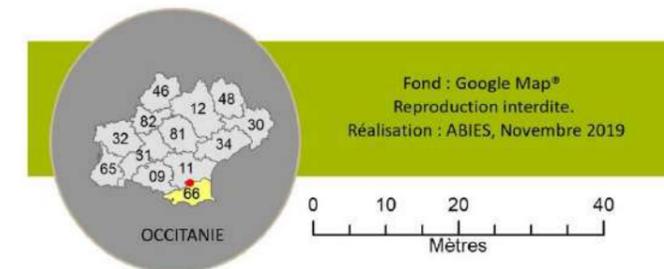


Parc éolien El Singla

66
Pyrennées
Orientales

Surfaces prospectées E7, E8, E9

-  Prospectée
-  Non prospectable
-  Prospectée en 2018 mais non prospectable en 2019
-  Zone de prospection théorique (50 m autour de l'éolienne)
-  Eolienne



Carte 7 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2019)

3.2 Bilan de la mortalité des chiroptères

Sur l'ensemble des 42 visites de terrain consacrées au suivi de la mortalité qui s'est déroulé entre fin juillet et fin octobre 2018 d'une part, puis sur le mois de janvier 2019 d'autre part et enfin, de début mai à fin octobre 2019, **27 cadavres de chauves-souris** ont été découverts. A cela s'ajoute la découverte de **2 chauves-souris vivantes** retrouvées au pied des éoliennes qui ont pu être relâchées le jour même de leur découverte, à une certaine distance des éoliennes. Ces deux individus vivants ont été comptabilisés comme impactés par les éoliennes au même titre que des cadavres puisqu'il est probable que le barotraumatisme qui les ait fait tomber au sol et la déshydratation qui a suivi ont laissé des séquelles. Le tableau détaillé des découvertes est consultable en Annexe 2 et les cartes suivantes présentent leur localisation.

Parmi les cas de mortalité préalablement mentionnés, il est à noter qu'un des cadavres a été trouvé hors protocole lors du passage à J+1 du premier test réalisé en septembre 2018. Dans l'hypothèse du scénario le moins favorable, nous considérerons cet individu comme susceptible d'avoir été impacté par les éoliennes du parc dans l'analyse de la mortalité brute, toutefois le cadavre ne sera pas comptabilisé dans les estimations de mortalité réelle par la suite car trouvé hors protocole.

L'état de décomposition parfois avancé des cadavres rend difficile l'évaluation des blessures pouvant être causées par une collision. Pour les chauves-souris blessées (fractures ouvertes, déchirures du patagium), on considère qu'une mort par collision directe avec les pales des éoliennes est possible. A l'inverse, pour les cadavres en bon état ne présentant pas de blessure ou de fracture apparente, on suppose que la mort est due à un barotraumatisme. Enfin, pour les chauves-souris décomposées, très abîmées ou prédatées, il est impossible de préciser la cause de la mort.

Notons d'ores et déjà que le plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris a été renforcé sur la base des résultats des premiers suivis de mortalité effectués sur le parc (automne). Ce système de bridage des éoliennes a pour but d'augmenter le seuil de démarrage des éoliennes notamment par rapport à la vitesse de vent, mais également en fonction d'autres paramètres météorologiques et temporels, afin d'éviter les périodes de vol les plus sensibles pour les chiroptères.

3.2.1 Mortalité par espèce

Les **29 chauves-souris** trouvées sous les 9 éoliennes du parc éolien d'El Singla entre l'été 2018 et l'automne 2019 appartiennent très probablement à **sept espèces différentes**. Il s'agit principalement de la famille des Pipistrelles avec les Pipistrelles pygmées, communes et de Kuhl ainsi que du Vespère de Savi comme le montre la figure suivante. Quelques individus de Noctules (commune et de Leisler) ainsi qu'un Molosse de Cestoni ont également été retrouvés sous les éoliennes.

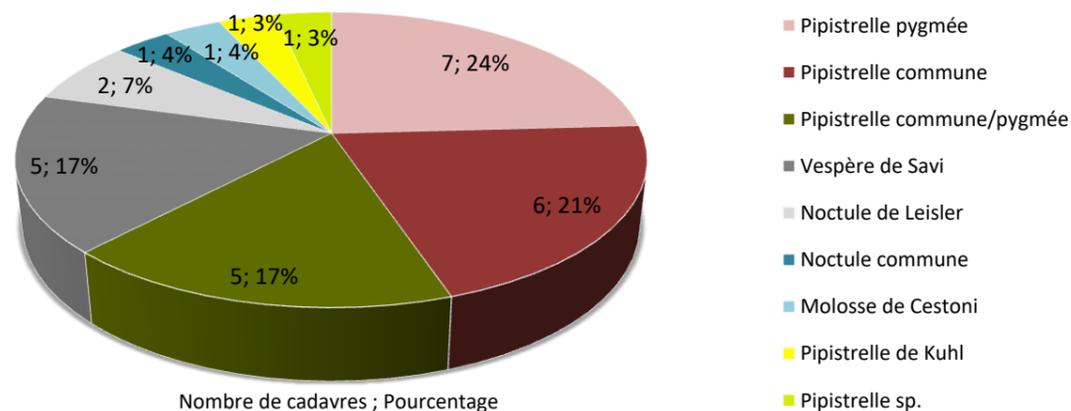


Figure 2 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (Abies)

Notons que cinq individus n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce et ont été classés comme des Pipistrelles communes/pygmées, ces deux espèces partageant de nombreux caractères. De plus, un individu n'a pas pu être

identifié autrement que par sa famille, Pipistrelle, puisqu'il a été retrouvé vivant et a pu être relâché le jour même de sa découverte, à une certaine distance des éoliennes.

Le tableau suivant précise les statuts de conservation et de protection des sept espèces de chiroptères retrouvées, de l'espèce la plus impactée à la moins impactée par le parc en nombre d'individus (cf. Figure 2).

Tableau 4 : Espèces de chauves-souris identifiées et statut de conservation et de protection (Abies)

Nom français	Nom latin	Statut de conservation			Statut de protection		
		LR Europe	LR France	Enjeu reg.	Déterminance ZNIEFF reg	Directive « Habitats »	Protection nationale
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	LC	LC	Modéré	-	DH4	PN
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	Modéré	-	DH4	PN
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	LC	LC	Modéré	Remarquable	DH4	PN
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	Modéré	Déterminante à critères	DH4	PN
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	Fort	Déterminante à critères	DH4	PN
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	LC	NT	Fort	Déterminante à critères	DH4	PN
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	Faible	Remarquable	DH4	PN

Légende

Statut de conservation :

- Catégories UICN des listes rouges : EX : éteinte ; EW : éteinte dans la nature ; RE : disparue de métropole ; CR : en danger critique d'extinction ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi menacée ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ;
- Liste rouge (LR) Europe : Liste rouge européenne des mammifères de l'UICN (2007) ;
- Liste rouge (LR) France : Liste rouge des mammifères continentaux de France métropolitaine (2017) ;
- Enjeu régional : Enjeu régional de conservation des espèces protégées et patrimoniales en Occitanie (DREAL Occitanie, sept 2019) ;
- Espèce déterminante ZNIEFF à l'échelle régionale (DREAL Languedoc-Roussillon, février 2013).

Statut de protection :

- Directive « Habitats » : Directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 dite Directive « Habitats-faune-flore » ; DH4 = espèce inscrite à l'Annexe IV nécessitant une protection stricte ;
- PN : Espèce protégée au niveau national - Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire (Article 2).

Ces espèces peuvent également être classées selon leur sensibilité aux éoliennes en fonction de leurs caractéristiques de vol (comportement migrateur, type et hauteur de vol) et des cas de mortalité rapportés en France et en Europe (cf. tableau suivant).

Tableau 5 : Evaluation de la sensibilité à l'éolien des espèces de chauves-souris retrouvées (Abies)

Espèce	Caractéristiques de vol	Cas de mortalité rapportés (Dürr, 02/09/2019) sur un total de 10 496 cas en Europe dont 2 800 en France	Sensibilité à l'éolien
Pipistrelle pygmée	Vol assez rapide le long des corridors (vallées alluviales notamment) entre 2 et 30 m de haut. Vol au-dessus de 25 m assez fréquent (15 % des contacts) (source : synthèse de plusieurs études par trajectographie - Biotope, 2014).	439 cas en Europe dont 176 en France	Très forte
Pipistrelle commune	Vol assez rapide le long des corridors entre 2 et 30 m de haut dans tous types de milieux. En milieu humide, survole les eaux à 3-4 m de hauteur. Haut vol fréquent : 85 % des contacts au-dessus de 30 m (source : Biotope, 2014).	2 362 cas en Europe dont 979 en France	Très forte
Vespère de Savi	Vol puissant, rapide, constitué de battements d'ailes d'une grande amplitude. Vole entre 5 et 50 m de haut au-dessus des vallons boisés. Peut voler jusqu'à 100 m de haut. Vol au-dessus de 25 m fréquent (55 % des contacts) (source : Biotope, 2014).	344 en Europe dont 57 en France	Forte

Espèce	Caractéristiques de vol	Cas de mortalité rapportés (Dürr, 02/09/2019) sur un total de 10 496 cas en Europe dont 2 800 en France	Sensibilité à l'éolien
Noctule de Leisler	Vol rapide, direct et puissant entre 5 et 100 m de haut. Considérée comme une espèce de haut vol. Vol au-dessus de 30 m fréquent (60 % des contacts - Biotope, 2014). Espèce migratrice.	711 en Europe dont 153 en France	Très forte
Noctule commune	Vol acrobatique, très rapide, direct et puissant entre 10 et 200 m de haut constitué de mouvements amples. Considérée comme une espèce de haut vol. Haut vol fréquent : 85 % des contacts au-dessus de 30 m (source : Biotope, 2014). Espèce migratrice (jusqu'à 900 km).	1 538 en Europe dont 104 en France	Très forte
Molosse de Cestoni	Vol très rapide, assez rectiligne entre 10 et 200 m de haut. Considéré comme une espèce de haut vol. Une étude de trajectographie (Biotope) montre que 45 % des contacts sont à plus de 25 m.	71 en Europe dont 2 en France	Forte
Pipistrelle de Kuhl	Vol assez rapide le long des corridors entre 2 et 30 m de haut (parfois plus) dans tous types de milieux. Espèce chassant régulièrement en milieu urbain autour des lampadaires. Haut vol (> 25 m) moins fréquent que chez les autres pipistrelles : moins de 10 % des contacts à plus de 25 m (source : Biotope - Chirotech).	469 en Europe dont 219 en France	Très forte

Notons, à titre d'information, que les individus non identifiés de type Pipistrelle commune/pygmée représentent, selon Dürr, 412 cas de mortalité recensés en Europe dont 40 en France et les Pipistrelles sp. 733 cas en Europe dont 303 en France.

Les sept espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes du parc d'El Singla peuvent pratiquer le haut vol (à plus de 25 m de hauteur) en milieu ouvert et sont donc exposées à des risques de collision/barotraumatisme. Ces espèces sont ainsi toutes connues pour présenter une sensibilité forte voire très forte aux éoliennes.

Trois des espèces impactées présentent un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale (Pipistrelle commune, Noctule de Leisler et Molosse de Cestoni) et une espèce, la Noctule commune, est jugée « vulnérable ». De plus, la Noctule commune et le Molosse de Cestoni présentent un enjeu de conservation fort en Occitanie ; les autres espèces présentent un enjeu modéré (sauf la Pipistrelle pygmée, seule espèce à présenter un enjeu faible).

La mortalité d'un individu de Molosse de Cestoni, espèce hautement patrimoniale, est remarquable puisque rare dans le cadre d'un suivi de parc éolien bien que l'espèce soit jugée de sensibilité forte au risque de collision/barotraumatisme.

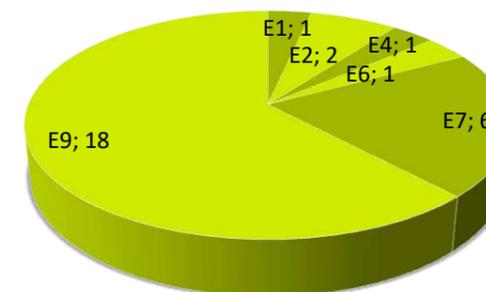
3.2.2 Distribution spatiale des cadavres

L'analyse de la distribution spatiale des cadavres de chauves-souris montre qu'une éolienne, E9, ressort comme étant particulièrement accidentogène, comptabilisant 18 des 29 cadavres de chauves-souris trouvés, soit plus de 60 % des mortalités constatées sur l'ensemble du parc. Dans une moindre mesure, l'éolienne E7 semble également plus accidentogène que les autres avec 6 cadavres de chauves-souris trouvés. Une hypothèse pouvant expliquer la mortalité accrue sous ces deux éoliennes serait que leur occupation du sol sur 50 m au pied des éoliennes présente des vignes qui semblent non traitées chimiquement (vigne abandonnée sous E7 et vigne bio sous E9). Toutefois, cette hypothèse n'est pas concordante avec le fait que l'éolienne E8 ne s'est pas révélée particulièrement

accidentogène puisque une grande partie de son aire théorique de prospection est représentée par de la vigne abandonnée, des ronciers et de la friche. Il semble toutefois ressortir de ces résultats que les éoliennes en garrigue seraient moins accidentogènes pour les chiroptères que les éoliennes situées en milieu ouvert.

A noter par ailleurs que deux cours d'eau longent le parc éolien au nord, le Ravin de la Illes, et au sud, la Boulzane ; toutefois aucune corrélation entre mortalité et proximité du cours d'eau semble apparaître au vu des résultats du suivi de la mortalité des chiroptères.

Le graphique suivant illustre la répartition des cadavres trouvés (numéro de l'éolienne, nombre de cadavres).



Eolienne ; Nombre de cadavres

Figure 3 : Répartition des cadavres de chauves-souris par éolienne (source : Abies, 2019)

Par ailleurs, comme le montrent les cartes en page suivante, toutes les chauves-souris ont été trouvées sur des zones recouvertes de grèves, soit au pied de l'éolienne, soit sur la plateforme ou bien les pistes d'accès.

Il s'agit en effet des milieux les plus facilement prospectables car dégagés. Or nous avons vu précédemment que ces zones en grèves ne représentent en moyenne que 29 % de la zone théorique de prospection à l'échelle du parc et seulement 50 % des surfaces effectivement prospectées. Ces valeurs nous montrent que nos capacités de détection des cadavres de chauves-souris hors milieux très favorables sont limitées et malgré le nombre important de cadavres de chauves-souris trouvés, il est fort probable que bien d'autres cadavres ne l'ont pas été, du fait de l'occupation du sol. Cette thématique sera développée par la suite lors de la présentation des résultats de tests d'efficacité réalisés sur le parc.

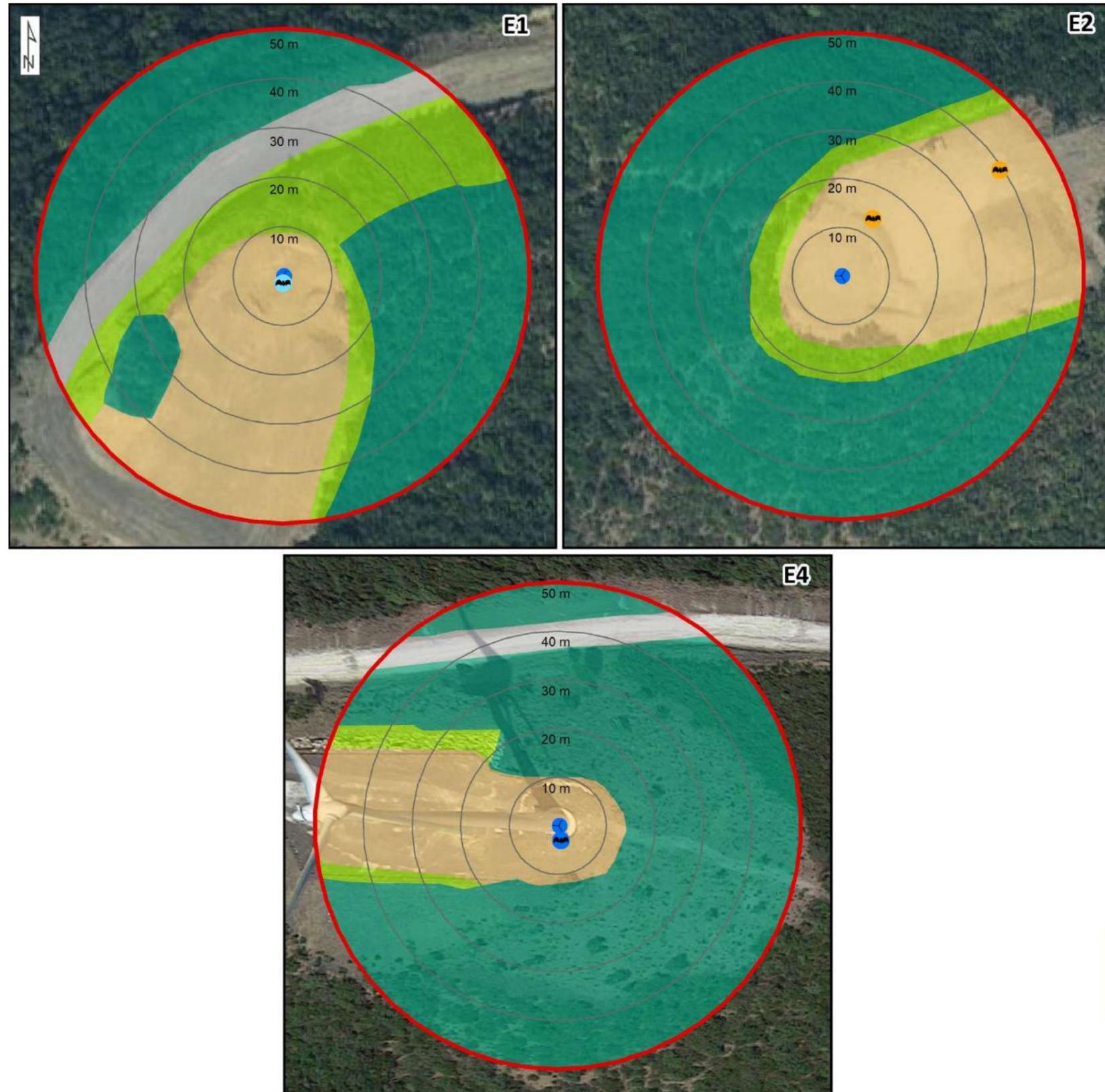
La majorité des cadavres (16 sur les 29 retrouvés, soit 55 %) a été retrouvée entre 0 et 20 m des mâts des éoliennes. Cette distance est conforme aux références bibliographiques qui indiquent généralement qu'une majorité de cadavres est trouvée proche des mâts.

Tableau 6 : Répartition des cadavres de chauves-souris selon la distance au mât des éoliennes (Abies)

Distance au mât (m)	Nombre de cadavres	Pourcentage de cadavres
0 à 10 m	11	38%
11 à 20 m	5	17%
21 à 30 m	3	10%
31 à 40 m	4	14%
41 à 50 m	6	21%

L'éolienne E9, ainsi que l'éolienne E7 dans une moindre mesure, se sont avérées particulièrement accidentogènes lors des suivis 2018 et 2019 de la mortalité des chiroptères avec plus de 80 % des cas de mortalité. Notons que ces deux éoliennes, localisées au sud de l'alignement du parc, présentent la particularité de se trouver en milieu ouvert proches de vignes favorables à la chasse des chauves-souris.

Les cartes suivantes illustrent l'emplacement où ont été découverts les cadavres de chauves-souris retrouvés au pied des éoliennes du parc d'El Singla.



Parc éolien El Singla

66
Pyrennées
Orientales

Localisation des cadavres en 2018 - 2019

- Chiroptères -

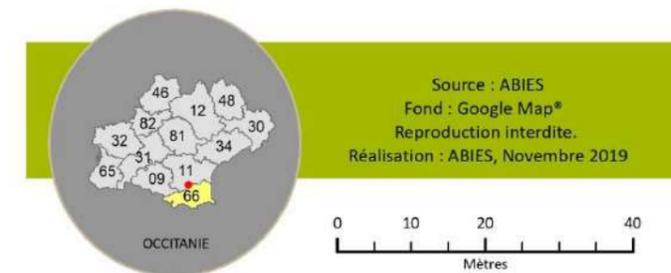
Cadavre de chiroptères

- Noctule de Leisler
- Pipistrelle commune/pygmée
- Pipistrelle pygmée

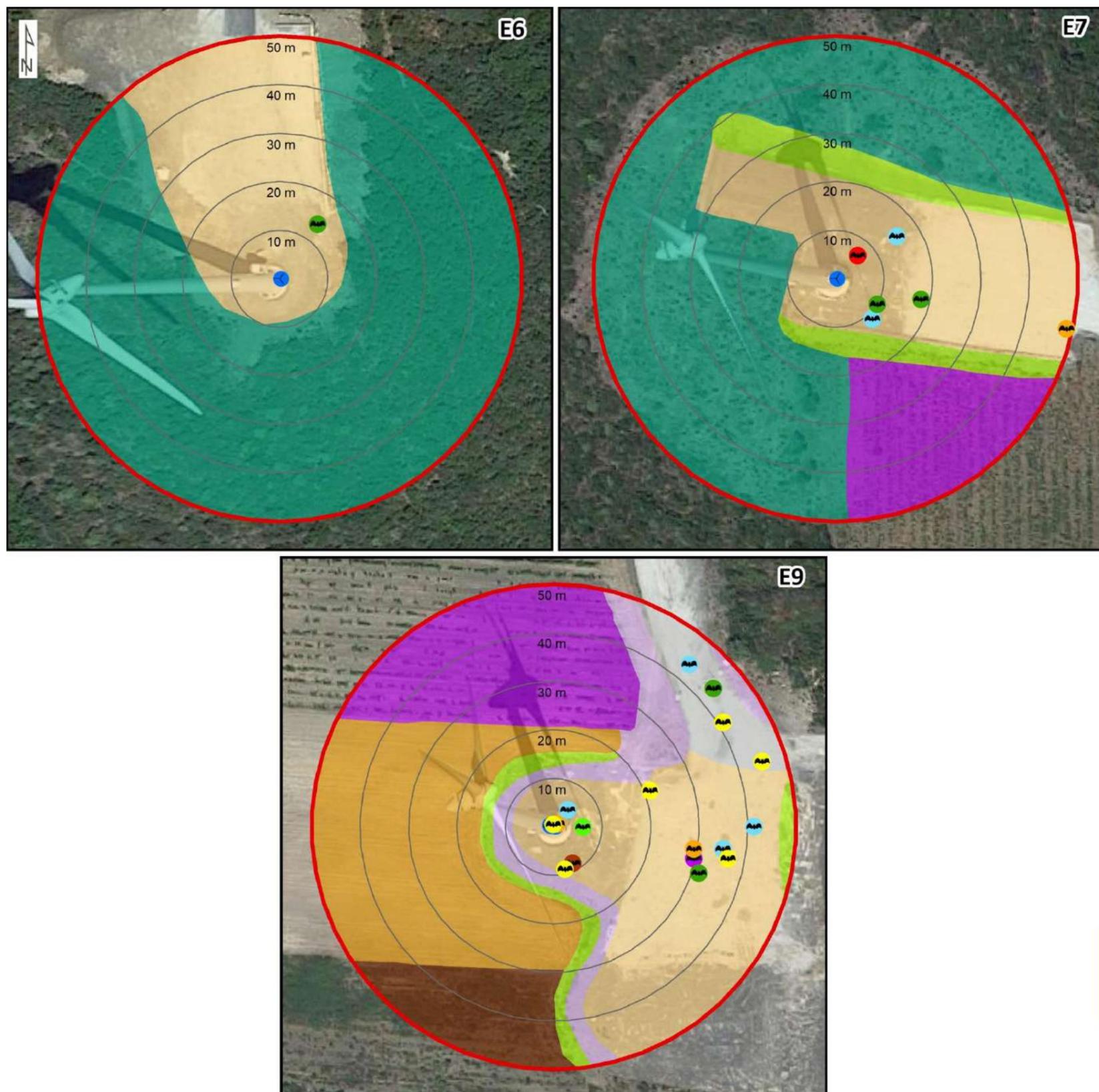
Occupation du sol

- Garrigue
- Piste
- Plateforme
- Talus

- Eolienne
- Zone de prospection théorique (50 m)
- Rayon de 10 m, 20 m, 30 m et 40 m autour de l'éolienne



Carte 8 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E1, E2 et E4 (source : Abies, 2019)



Parc éolien El Singla

66
Pyrennées
Orientales

Localisation des cadavres en 2018 - 2019 - Chiroptères -

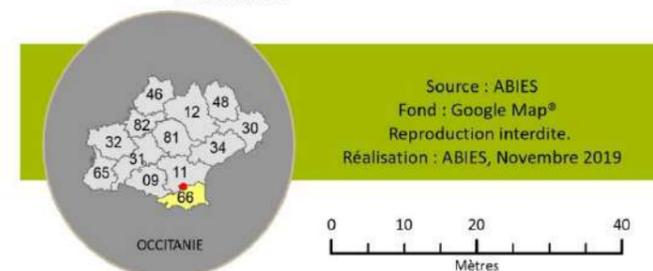
Cadavre de chiroptères

- Molosse de Cestoni
- Noctule commune
- Pipistrelle commune
- Pipistrelle commune/pygmée
- Pipistrelle pygmée
- Pipistrelle de Kuhl
- Pipistrelle sp.
- Vespère de Savi

Occupation du sol

- Garrigue
- Piste
- Plateforme
- Talus
- Labour
- Roncier
- Vigne
- Zone remaniée

- Eolienne
- Zone de prospection théorique (50 m)
- Rayon de 10 m, 20 m, 30 m et 40 m autour de l'éolienne



Carte 9 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E6, E7 et E9 (source : Abies, 2019)

3.2.3 Distribution temporelle des cadavres

3.2.3.1 Mortalité des chauves-souris en fonction des périodes de l'année

Pour rappel, le suivi de la mortalité sur le parc s'est déroulé en trois périodes :

- de fin juillet à fin octobre 2018 (semaines 31 à 43) ;
- en janvier 2019 (semaines 1 à 4) ;
- de début mai à fin octobre 2019 (semaines 19 à 43).

Pour rappel, 29 cadavres de chiroptères ont été découverts sur l'ensemble du parc éolien au cours de ce suivi ; soit environ 0,7 chauve-souris trouvée morte par semaine en valeur brute sur l'ensemble du parc.

L'ensemble des cadavres a été trouvé entre mi-mai et mi-octobre avec toutefois des creux de mortalité entre fin mai et fin juillet et à la fin du mois d'août. Le tableau suivant synthétise la répartition temporelle des cadavres (données brutes) en fonction des phases d'activités du cycle vital des chiroptères.

Tableau 7 : Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris par période d'activité (Abies)

Période d'activité	Nombre de cadavres	Part de cadavres trouvés	Nombre de cadavres/semaine sur la période pour l'ensemble du parc éolien
De début janvier à mi-mai (1,5 mois - 6 semaines) : hibernation puis transit/migration de printemps	0	0	/
De mi-mai à fin juillet (2,5 mois - 10 semaines) : mise-bas et élevage des jeunes	3	10 %	0,3 cadavre/semaine
De début août à fin octobre (3 mois - 13 semaines sur 2 années de suivi, soit 6 mois - 26 semaines) : dispersion des jeunes, swarming, pariades et transit/migration d'automne	26	90 %	1 cadavre/semaine

Malgré la réalisation du suivi de la mortalité en janvier 2019, aucun cadavre n'a été trouvé. De même aucun cadavre n'a été trouvé sur les mois de juin et juillet (2019) ; seuls 3 chiroptères ont été trouvés en période de mise bas et d'élevage des jeunes (fin mai) et 4 en périodes de dispersion des jeunes (début août).

Le principal pic de mortalité apparait ainsi de début septembre à mi-octobre avec 90 % des mortalités sur les deux années de suivi, soit une valeur équivalente à un cadavre trouvé par semaine entre début août et fin octobre. Cette période de dispersion des jeunes, swarming et transit/migration automnal est en effet une période habituellement très accidentogène pour les chauves-souris.

Le graphique suivant illustre les mortalités de chauves-souris relevées sur le parc par mois et par semaine suivis en 2018 et en 2019.

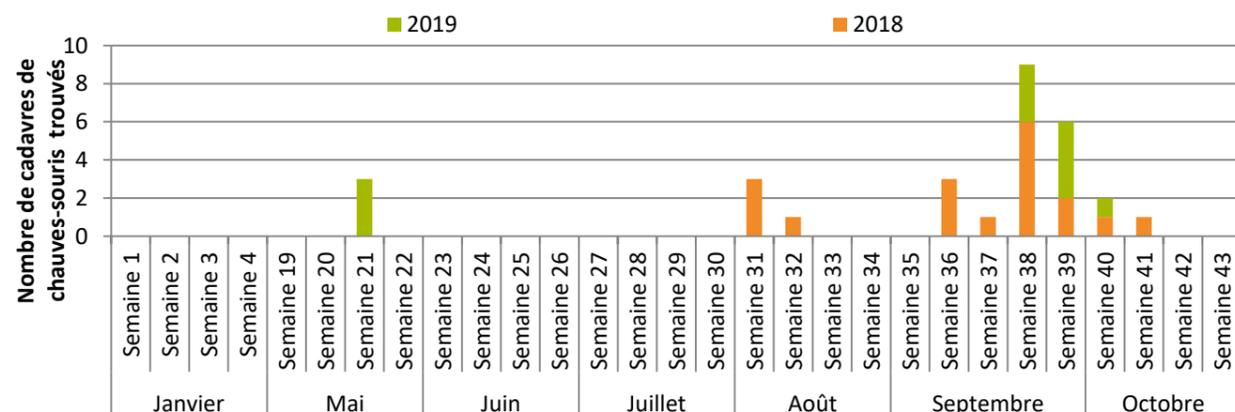


Figure 4 : Répartition temporelle des mortalités de chauves-souris sur le parc éolien El Singla (Abies, 2019)

Ces résultats sont conformes aux conclusions régulièrement obtenues dans le cadre de suivis de mortalité à savoir que la mortalité concerne principalement les périodes de dispersion des jeunes et de transits automnaux. Cela laisse supposer que la mortalité constatée sur le parc éolien concerne des populations locales de chiroptères durant ces périodes de début d'automne. De plus, la découverte d'individus de Noctule de Leisler et de Noctule commune au cours des mois de septembre 2018 et 2019 implique un impact du parc éolien sur des populations migratrices de ces espèces.

La mortalité des chauves-souris sur le parc éolien concernerait ainsi majoritairement les populations locales de Pipistrelles (essentiellement pygmées et communes) et de Vespère de Savi avec des individus impactés en période d'activité accrue mais aussi des populations migratrices de Noctules de Leisler et commune en migration postnuptiale.

3.2.3.2 Mortalité des chauves-souris et mise en place du bridage des éoliennes

Les fortes mortalités observées sur le site en période classique de hausse d'activité (fin d'été/automne lors de la période d'élevage des jeunes, swarming, pariades et transit/migration d'automne) additionnées à la mortalité d'espèces hautement patrimoniales (Molosse de Cestoni et Noctules notamment) nous ont conduit à préconiser auprès d'Avanty, société d'exploitation, la mise en place d'un bridage plus important des éoliennes.

A noter que le bridage préalablement en place sur le parc éolien lors du suivi 2018 et de la première partie du suivi 2019 présentait les caractéristiques suivantes.

Eolienne	Période		Vitesse du vent	Nébulosité / humidité (H) / précipitations	Coucher du soleil		Lever du soleil	
	Début	Fin			Début	Durée	Fin	Durée
Toutes	15 avril	15 octobre	< 5,5 m/s		Coucher	5 h		

Ce bridage effectif des éoliennes fixé à 5,5 m/s ne s'est pas révélé suffisamment efficace pour limiter de manière significative la mortalité. C'est pourquoi, Altifaune, le bureau d'études naturalistes en charge du suivi de l'activité des chauves-souris en altitude sur le parc, a réalisé une proposition de bridage en date du 29/11/2018.

La proposition de bridage des éoliennes recommandée par Altifaune en faveur des chauves-souris a été mise en place le 30/08/2019 pour la période estimée la plus à risque (septembre-octobre). Une extension des suivis de l'activité en altitude des chiroptères et de la mortalité (à raison d'un passage par semaine) a donc été convenue en 2019 afin de suivre l'efficacité de cette modification du plan de bridage des éoliennes conformément au protocole validé en 2018 avec les représentants de la société d'exploitation.

Ainsi, le plan de bridage des éoliennes du parc El Singla a respecté les conditions suivantes à partir du 30/08/2019 (cf. rapport d'Altifaune en pièce 3 du présent dossier).

Tableau 8 : Caractéristiques du plan de bridage des éoliennes de la Bruyère en faveur des chauves-souris (Abies, d'après Altifaune)

Eolienne	Période		Température	Vitesse du vent	Nébulosité / humidité (H) / précipitations	Coucher du soleil		Lever du soleil	
	Début	Fin				Début	Durée	Fin	Durée
E2, E3, E4, E5, E6, E8	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 5 m/s	Paramètres actuellement non disponibles	Coucher	2 h		
	1 ^{er} août	15 octobre							
E1	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 5,5 m/s	Paramètres actuellement non disponibles	Coucher	2 h		
	1 ^{er} août	15 octobre				- 30 mn	3 h		
E7	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 6 m/s	Paramètres actuellement non disponibles	Coucher	2 h		
	15 juillet	15 octobre				- 30 mn	3 h		
E9	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 6 m/s	Paramètres	Coucher	2 h		

Eolienne	Période		Température	Vitesse du vent	Nébulosité / humidité (H) / précipitations	Coucher du soleil		Lever du soleil	
	Début	Fin				Début	Durée	Fin	Durée
	15 mai	15 juillet			actuellement non disponibles	- 30 mn	3 h		
	15 juillet	15 octobre		< 7 m/s		- 30 mn	4 h		

Ainsi, malgré la mise en place et le bon fonctionnement de ce bridage plus fort sur les éoliennes E7 et E9, avec toutefois un bridage moindre sur les autres éoliennes (pour compenser la perte de production électrique sur E7 et E9, mais également du fait de que ces deux éoliennes sont significativement plus impactantes que les autres), 8 cas de mortalité ont été observés sur le parc lors des mois de septembre et d'octobre 2019.

Ces mortalités ont été constatées sur les éoliennes E2 (2 cadavres), E4 (1 cadavre), E7 (1 cadavre) et E9 (4 cadavres). Ainsi le nouveau bridage semble plus efficace pour limiter la mortalité mais il subsiste encore une marge de progression en vue de réduire significativement la mortalité constatée. En effet, sur la période de mise en place et de fonctionnement du nouveau bridage, la mortalité est passée de 14 cas en 2018 à 8 cas en 2019, soit une mortalité brute mise en évidence qui semble avoir diminué quasiment de moitié, mais une valeur qui reste néanmoins relativement élevé (mortalité concentrée sur 3 semaines entre mi-septembre et début-octobre).

Ainsi, il semblerait que le plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris mis en place fin août 2019 ait été en partie efficace mais néanmoins insuffisant au vu de la découverte de 8 chiroptères aux pieds des éoliennes les semaines 38 à 40 malgré son fonctionnement. De fait, un nouveau bridage sera proposé en lien avec les écoutes en altitudes menées.

3.2.4 Estimation du taux de mortalité

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes étant soumis à l'efficacité de recherche et à la persistance des cadavres sur le site, plusieurs formules sont utilisées pour estimer le nombre d'individus réellement touchés par les éoliennes. Comme présenté dans le chapitre « 2 - Méthodologie », quatre formules sont utilisées afin d'estimer cette mortalité.

A noter que les estimations du taux de mortalité ne sont calculées que pour les individus trouvés dans le cadre des suivis protocolaire de la mortalité ; on considèrera donc ici un total de 28 chauves-souris impactées.

Il est également rappelé que les deux éoliennes testées, E3 et E9, ont été retenues pour leur représentativité des différents types de milieux retrouvés sur l'ensemble du parc éolien.

Les estimations ont été calculées pour chacune des périodes préalablement présentées et rappelées ci-dessous.

Tableau 9 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)

Nom de la période	Durée de la période	Justification
Période A	31 juillet au 24 octobre 2018 Semaines 31 à 43 -> 13 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté.
Période B	3 au 25 janvier 2019 + 7 mai au 24 octobre 2019 Semaines 1 à 4 + semaines 19 à 43 -> 29 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté moins une partie de la garrigue sous l'éolienne E7.

3.2.4.1 Calculs des coefficients correcteurs

3.2.4.1.1 Taux d'efficacité/détection et taux de persistance des cadavres

Pour rappel, le taux d'efficacité ou de détection et le taux de persistance ont été calculés à partir des résultats des tests réalisés en début d'été et en début d'automne. Le tableau suivant synthétise les données concernant ces

deux coefficients. Le taux de persistance a été considéré à J+7 pour les trois sessions de test puisque l'intervalle moyen entre deux passages est de 7,1 jours sur l'ensemble de la durée du suivi.

Tableau 10 : Paramètres de détection et de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies)

	Nb de cadavres-test simulant des chiroptères déposés	Nb de cadavres trouvés lors du test d'efficacité	Nb de cadavres après l'intervalle de recherche	Taux d'efficacité de recherche (Z)	Taux de persistance des cadavres (P)
TEST 1 - automne 2018 Persistance à J+7	12	4	4	0,33	0,33
TEST 2 - été 2019 Persistance à J+7	12	8	2	0,67	0,17
TEST 3 - automne 2019 Persistance à J+7	12	4	2	0,33	0,17

On notera donc que l'efficacité de recherche est moindre à l'automne comparé au printemps. Cette perte d'efficacité de recherche au cours du suivi peut s'expliquer par la pousse de la végétation et l'augmentation de garrigues denses mais néanmoins prospectées bien que trop hautes ou trop denses pour l'être correctement. Rappelons qu'aucun débroussaillage n'a été effectué sur le site, une fois le suivi de la mortalité démarré.

La persistance des cadavres montre des résultats égaux pour l'année 2019 (été et automne) légèrement inférieurs à celui de 2018. Le taux de persistance des cadavres sur le site du parc éolien est globalement très faible, signe d'une prédation importante.

3.2.4.1.2 Durée moyenne de persistance

Pour rappel, la durée moyenne de persistance correspond à :

$$tm = \frac{N_1 + N_3 \times 3 + N_6 \times 6 + N_8 \times 8 + etc ...}{N_0}$$

où N_x correspond au nombre de cadavres retrouvés au jour X mais plus au jour X+1.

N_0 est le nombre de cadavres déposés.

Le tableau ci-après présente les données utilisées pour le calcul de tm . Notons que trois tm moyens ont été calculés, un pour chaque test effectué ; la moyenne de ceux-ci sera ensuite utilisée pour les calculs d'estimation de la mortalité des chauves-souris.

Tableau 11 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies)

TEST 1 - automne 2018								
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants						Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+17	J+22	J+29	
E3	6	5	5	0	0	0	0	2,5
E9	6	6	6	4	3	1	0	11,5
Moyenne								7
TEST 2 - été 2019								
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants					Durée de persistance (tm)	
		J+1	J+3	J+7	J+15	J+22		
E3	6	1	1	0	0	0	0,5	
E9	6	5	2	2	2	0	5,5	
Moyenne								3

TEST 3 - automne 2019						
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants				Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+21	
E3	6	3	0	0	0	0,5
E9	6	4	3	2	0	3
Moyenne						1,8

Ainsi, la moyenne pour les chauves-souris, sur l'ensemble du suivi en 2018 et 2019, de la durée moyenne de persistance (tm) évaluée lors de chacune des trois sessions de tests est de **3,9 jours**.

Lisser ce résultat en le moyennant sur l'ensemble du suivi permet d'atténuer la valeur extrême de 11,5 jours en moyenne obtenue pour la disparition des cadavres de chauves-souris sous E9 lors du premier test, réalisé en 2018. A la même période, au début de l'automne 2018, nous avons remarqué une activité humaine accrue sous l'éolienne E9 avec stationnement d'engins agricoles du fait du traitement des vignes, qui pourrait expliquer le dérangement des prédateurs éventuels des cadavres-test.

3.2.4.1.3 Coefficient de correction surfacique

Comme présenté au chapitre « 2 - Méthodologie », la méthode de calcul du correcteur surfacique est issue d'une simplification de la formule mise au point par Arnett en 2005. Les surfaces prospectées selon le protocole de suivi et celles prospectées de manière simplifiée sont ici prises en compte.

Notons que l'ensemble des cadavres trouvés selon le suivi protocolaire (chiroptères et avifaune) a été considéré pour chaque période dans le but d'anticiper la difficulté du calcul relatif aux oiseaux puisque très peu d'individus ont été trouvés au cours du suivi de la mortalité 2018-2019.

Le tableau suivant présente les calculs pour chaque période définie.

Pour rappel, la formule de calcul est $a = \frac{\sum x^5 C_x / S_x}{\sum x^5 C_x}$.

Tableau 12 : Calcul du coefficient correcteur pour chaque période définie au cours du suivi de la mortalité (Abies)

Cercles concentriques autour des éoliennes	Période A			Période B		
	Nb de cadavres (Na)	Proportion de surface prospectée (S)	Na/S	Nb de cadavres (Na)	Proportion de surface prospectée (S)	Na/S
0-10 m	10	0,99	10,10	1	0,99	1,01
11-20 m	2	0,73	2,74	3	0,70	4,29
21-30 m	3	0,69	4,35	1	0,65	1,54
31-40 m	2	0,62	3,23	2	0,56	3,57
41-50 m	2	0,54	3,70	4	0,46	8,70
Somme	19	-	24,12	11	-	19,10
			$a_A =$			$a_B =$
			1,27			1,74

Du fait de l'abandon de la prospection d'une partie de la garrigue sous l'éolienne E7 à partir de 2019 (période B), la seconde période possède des proportions de surface prospectée légèrement plus faibles mais un taux de correction surfacique supérieur, du fait d'un moindre nombre de cadavres trouvés.

De plus, notons que 11 des 30 cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le parc éolien lors de l'ensemble du suivi l'ont été à moins de 10 m de distance des mâts des éoliennes, soit un peu plus d'un tiers. Cette zone s'avère globalement très bien prospectée comparativement au reste de la surface avec une proportion de la surface prospectée s'élevant à 99 %.

3.2.4.2 Résultats des estimations

Le tableau suivant présente les paramètres utilisés pour les formules d'estimation de la mortalité des chiroptères.

Tableau 13 : Paramètres des estimations de la mortalité des chauves-souris (Abies)

Paramètre	Période	Commentaire	Valeur
Na	A	28 cadavres (et individus vivants) trouvés lors du suivi protocolaire	18
	B		10
Z	A-B	Taux d'efficacité	0,44
P	A-B	Taux de persistance à J+7	0,22
a	A	a = 24,12/19	1,27
	B	a = 19,10/11	1,74
tm	A-B	Calcul en 3.2.4.1.2	3,92
l	A-B	Temps moyen entre deux passages	7,1
Î	A-B	$\hat{I} = -\log(0,01) \times tm$	7,83
ê	A-B	$\hat{e} = \text{Min}(l:\hat{I})/l$	1
p (Jones)	A-B	$p = e^{-0,5 \times (l/tm)}$	0,40
p' (Huso)	A-B	$p' = tm \times [(1 - e^{-(l/tm)})/l]$	0,46
O	A-B	-	9
D	A	-	13
	B		29

Les quatre formules d'estimation sont présentées ci-après pour chaque période (A=2018 et B=2019) et pour l'ensemble des éoliennes. Notons que les calculs sont réalisés sur tableur le plus précisément possible ; néanmoins, pour plus de clarté au sein de ce rapport, des approximations sont réalisées afin de fournir des chiffres arrondis.

3.2.4.2.1 Estimation selon Winkelmann

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Winkelmann est :

$$N_{\text{estimé}} = a \times \frac{Na}{P \times Z}$$

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{18}{0,22 \times 0,44} = 254 \quad N_B = 1,74 \times \frac{10}{0,22 \times 0,44} = 193,3$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi équivalente à un cycle biologique et demi pour la faune volante, le parc éolien d'El Singla a touché environ 448 chauves-souris selon la formule de Winkelmann.

3.2.4.2.2 Estimation selon Erickson

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Erickson est : $N \text{ estimé} = a \times \frac{Na \times I}{tm \times Z}$.

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{18 \times 7,1}{3,92 \times 0,44} = 94,2 \quad N_B = 1,74 \times \frac{10 \times 7,1}{3,92 \times 0,44} = 71,7$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 166 chauves-souris selon la formule d'Erickson.

3.2.4.2.3 Estimation selon Jones

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Jones est $N \text{ estimé} = a \times \frac{Na}{Z \times \hat{e} \times p}$

Où $p = e^{-0,5 \times (\frac{1}{tm})}$ et vaut 0,40 en périodes A et B.

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{18}{0,44 \times 1 \times 0,40} = 129,9 \quad N_B = 1,74 \times \frac{10}{0,44 \times 1 \times 0,40} = 98,9$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 229 chauves-souris selon la formule de Jones.

3.2.4.2.4 Estimation selon Huso

Pour rappel, la formule est identique à la précédente, seul p est modifié et correspond à $p = tm \times \frac{1 - e^{-\frac{1}{tm}}}{1}$ et vaut 0,46 en périodes A et B.

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{18}{0,44 \times 1 \times 0,46} = 112,9 \quad N_B = 1,74 \times \frac{10}{0,44 \times 1 \times 0,46} = 86,0$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 199 chauves-souris selon la formule de Huso.

3.2.4.3 Synthèse des résultats

Les quatre formules de calculs utilisées donnent l'estimation du nombre réel de chauves-souris victimes des éoliennes durant la période de suivi du parc répartie sur les années 2018 et 2019 ; celle-ci est ainsi supérieure à une année de suivi classique et inclus un cycle biologique et demi.

Le tableau suivant récapitule les moyennes des résultats de chaque formule utilisée et donne une moyenne du taux de mortalité estimé. Rappelons qu'étant donné les nombreux biais de la formule de Winkelmann (1989), celle-ci ne sert pas au calcul de la moyenne de la mortalité estimée.

Tableau 14 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des chauves-souris survenue durant la période de suivi (Abies, 2019)

	Estimation de la mortalité en 2018 et 2019 (nombre de chiroptères morts)				
	Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne
Mortalité par éolienne et par semaine	1,2	0,4	0,6	0,5	0,5
Mortalité pour l'ensemble du parc par semaine	10,7	3,9	5,5	4,7	4,7
Mortalité par éolienne sur la durée du suivi	49,7	18,4	25,4	22,1	22,0
Mortalité pour l'ensemble du parc sur la durée du suivi	447,3	165,9	228,8	198,9	197,8

En conclusion, nous obtenons une moyenne de la mortalité d'environ 0,5 chauve-souris morte par éolienne et par semaine, soit près de 5 chauves-souris par semaine sur les neuf éoliennes suivies dans le cadre du suivi de la mortalité du parc. Cela correspond à une moyenne d'environ 198 chauves-souris mortes (fourchette de 166 à 229 selon les calculs) sur les neuf éoliennes prospectées sur l'ensemble de la période de suivi (qui correspond à un cycle biologique et demi pour la faune volante).

Au vu de la bibliographie disponible, il apparaît que le parc éolien El Singla s'est montré impactant sur les chauves-souris en 2018 et 2019 étant donné le nombre d'éoliennes en fonctionnement (9) même si le suivi a eu lieu sur plus d'un cycle biologique habituellement suivi. Ce fort taux de mortalité pourrait s'expliquer pour partie par le milieu d'implantation du parc qui comporte à son extrémité sud où se situent les éoliennes les plus accidentogènes, des vignes peu ou pas traitées favorables aux insectes et donc à la chasse des chauves-souris.

Afin de valider la valeur de nos résultats, nous avons souhaité les comparer avec une application mise en place en libre accès sur internet par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier disponible sur le lien <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/> (cf. Annexe 4). Cette application propose une estimation simplifiée de la mortalité réelle induite par un parc éolien sur la faune volante, prenant toutefois en compte moins de paramètres de suivi que nos calculs. L'utilisation de cette application nous permet d'obtenir des résultats selon des tests statistiques non paramétrique et paramétrique. Nous avons également fait le choix de simuler les valeurs de la mortalité estimé par l'application, d'une part, dans le cadre de la prise en compte globale de la durée du suivi et, d'autre part, dans le cadre de la somme de mortalités induites par périodes de prospectabilités (A et B).

Pour les chauves-souris, l'application nous donne des résultats moyens médians compris entre 90,2 et 97,2 (tous tests confondus et toutes méthodes confondues) pour les 9 éoliennes suivies sur l'ensemble de la durée du suivi. Ces résultats sont sensiblement inférieurs à nos résultats (facteur supérieur à deux), toutefois notre résultat est bien compris dans l'intervalle de confiance à 95 % fourni par l'application, c'est-à-dire inclus entre la valeur minimale de 30 et la valeur maximale de 251.

En comparant les périodes A et B, et bien que les intervalles de confiance se recoupent globalement, on constate également que les mortalités estimées ont tendance à être jusqu'à 2,5 fois plus faible en période B qu'en période A, comme le montre le graphique suivant.

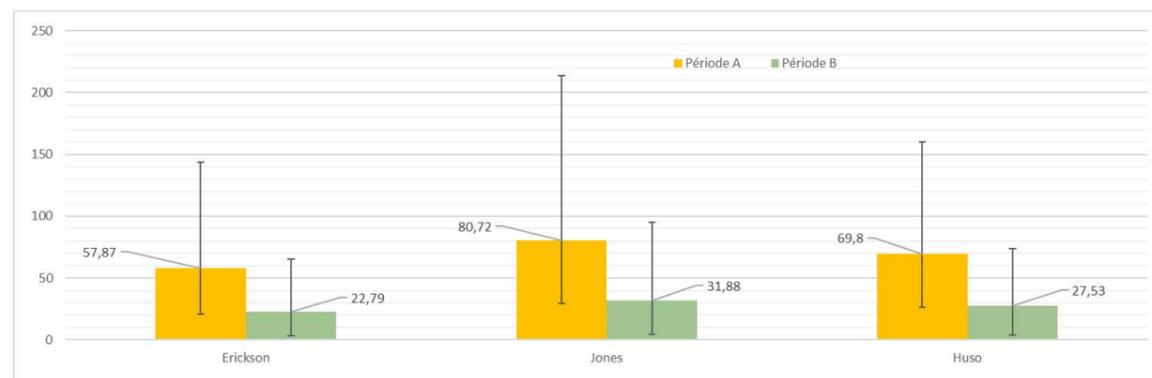


Figure 5 : évolution des estimations de mortalité entre la période A et la période B (tests non paramétriques)

Notons que le détail des résultats de la simulation et les intervalles de confiance, à 95 % et 80 % sont présentés en Annexe 4.

3.3 Bilan de la mortalité de l'avifaune

Sur l'ensemble des 42 visites de terrain consacrées au suivi de la mortalité réalisé entre fin juillet et fin octobre 2018 d'une part, puis sur le mois de janvier 2019 d'autre part et enfin, de début mai à fin octobre 2019, seuls deux cadavres d'oiseaux ont été découverts lors des suivis protocolaires. Notons qu'un troisième cadavre d'oiseau a été trouvé lors du suivi ornithologique du site soit hors protocole de recherche dans le cadre du suivi de la mortalité. Dans l'hypothèse du scénario le moins favorable, nous considérerons cette espèce comme susceptible d'avoir été impactée par les éoliennes du parc dans l'analyse de la mortalité brute, toutefois le cadavre ne sera pas comptabilisé dans les estimations de mortalité réelle par la suite car trouvé hors protocole. Le tableau détaillé des découvertes est consultable en Annexe 2.

Afin de réduire efficacement les risques de collision des oiseaux avec les éoliennes, Avanty a mis en place un dispositif SafeWind sur le parc éolien d'El Singla. Ce dispositif de vidéo-surveillance en temps réel permet de lancer une alarme sonore à l'approche d'oiseaux de grande taille dans le but de les effaroucher et de dévier leur trajectoire.

3.3.1 Mortalité par espèce

Les trois oiseaux trouvés appartiennent à trois espèces différentes : Hirondelle de fenêtre, Hypolaïs polyglotte et Pie-grièche écorcheur.

Deux de ces espèces présentent des statuts de conservation défavorables aux échelles nationale comme régionale (pour la Pie-grièche uniquement) comme le montre le tableau ci-après.

Tableau 15 : Espèces d'oiseaux retrouvées en 2018 et statut de conservation et protection (Abies, 2019)

Nom commun	Nom latin	Statut de conservation				Statut de protection	
		LR Europe	LR France	LR reg	Enjeu reg	Directive « Oiseaux »	Protection nationale
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	LC	NT	LC	Faible	-	PN
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	LC	LC	LC	Faible	-	PN
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	LC	NT	NT	Modéré	DO1	PN

Statut de conservation :

- Catégories UICN des listes rouges : EX : éteinte ; EW : éteinte dans la nature ; RE : disparue de métropole ; CR : en danger critique d'extinction ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi menacée ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ;
- Liste rouge (LR) Europe : Liste rouge européenne des oiseaux (2015) ;
- Liste rouge (LR) France : Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine (2016) ;
- Liste rouge (LR) régionale : Liste rouge des oiseaux nicheurs du Languedoc-Roussillon (2015) ;
- Enjeu régional : Enjeu régional de conservation des espèces protégées et patrimoniales en Occitanie (DREAL Occitanie, sept 2019).

Statut de protection :

- Directive « Oiseaux » : Directive européenne 79/409/CEE du 2 avril 1979 dite Directive « Oiseaux » ;
- DO1 - Annexe I de la Directive « Oiseaux » : espèce d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones de Protection Spéciale (ZPS) ;
- DO2 - Annexe 2 : espèces pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à leur conservation
- PN : Espèce protégée au niveau national → Arrêté du 29/10/2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire (Article 3).

Notons qu'aucune de ces espèces n'est déterminante ZNIEFF en Languedoc Roussillon.

Toutes ces espèces sont connues pour être sensibles au risque de collision avec des éoliennes (source : référencement européen de Dürr, septembre 2019) :

- 294 cas de mortalité relevés en Europe pour l'Hirondelle de fenêtre dont 11 en France ;
- 32 en Europe pour la Pie-grièche écorcheur dont 2 en France ;
- 12 en Europe pour l'Hypolaïs polyglotte dont 1 en France.

Ainsi, les résultats des suivis de la mortalité des chauves-souris sur le parc éolien El Singla, totalisant 9 éoliennes, indiquent une mortalité brute observée, lors des 42 visites sur place, de 29 individus de chauves-souris identifiés en tant que Pipistrelle commune, P. pygmée, P. de Kuhl, Vespère de Savi, Noctule de Leisler, Noctule commune et Molosse de Cestoni. Les espèces les plus impactées sont les Pipistrelle commune et pygmée avec un total de 18 cadavres identifiés.

La modification du plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris avant la période de pic de mortalité en automne 2019 semble s'être montrée efficace. En effet, d'après les estimations réalisées sur l'application en ligne du CNRS, l'estimation des mortalités constatées sur le parc est en moyenne 2,5 fois moins importante en période B qu'en période A (tests non paramétriques, estimateurs d'Erickson, Jones et Huso, cf. Annexe 4), alors même que la période B inclue les mortalités constatées en semaine 21, en ancien pattern de bridage.

Malgré cette progression, les paramètres restent insuffisants pour limiter plus significativement la mortalité parmi les populations de chiroptères locaux et migrateurs. Un nouveau plan de bridage va donc être proposé suite aux retours des écoutes en altitude menées sur le parc (cf. rapport de suivi de l'activité des chiroptères en altitude, pièce 3 du présent dossier).

Les 3 espèces trouvées sous les éoliennes du parc El Singla sont des espèces pour lesquelles des mortalités sont déjà connues en France et à l'échelle européenne.

Les statuts de conservation des espèces nous permettent de faire ressortir deux espèces remarquables, à l'enjeu non négligeable, plus particulièrement la Pie-grièche écorcheur inscrite sur l'Annexe I la Directive européenne 79/409/CEE du 2 avril 1979 dite Directive « Oiseaux » et dont l'enjeu de conservation est jugé modéré à l'échelle de l'Occitanie selon le dernier classement de 2019, ainsi que l'Hirondelle de fenêtre, qui présente, comme la Pie-grièche, le statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale.

3.3.2 Distribution temporelle des cadavres

Le graphique suivant présente les mortalités d'oiseaux relevées sur le parc par mois et par semaine de suivi.

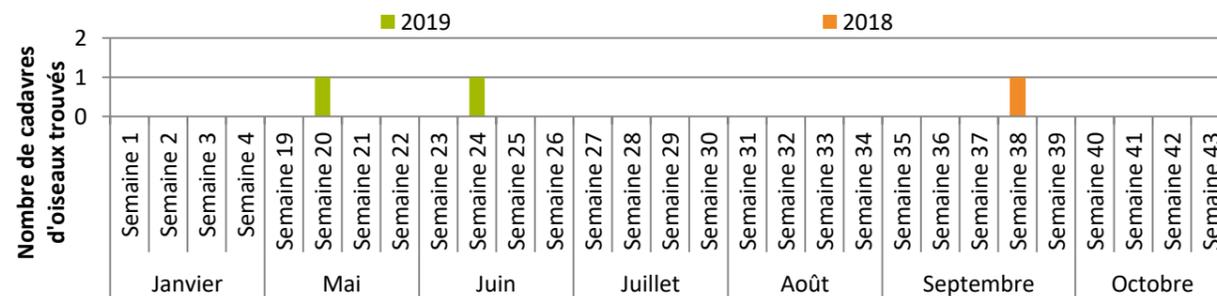


Figure 6 : Répartition temporelle des mortalités d'oiseaux identifiées sous les éoliennes du parc éolien El Singla (Abies, 2019)

L'Hypolais polyglotte a été découvert mi-mai ; au vu de cette période, il s'agit donc potentiellement d'un individu nicheur (espèce présente sur le secteur) ou bien d'un individu en passage migratoire.

Il est également difficile de déterminer le statut de l'individu de Pie-grièche écorcheur trouvé mi-juin sur site : en effet, au vu de la date il pourrait s'agir d'un nicheur or l'espèce n'est pas connue pour nicher sur site, donc il pourrait également s'agir d'un migrateur tardif.

Enfin, trouvée mi-septembre, l'Hirondelle de fenêtre correspondrait à un individu en migration postnuptiale.

Les quelques mortalités des oiseaux mises en évidence sont réparties sur toutes les grandes périodes de l'année (nidification, migrations pré-nuptiale et postnuptiale).

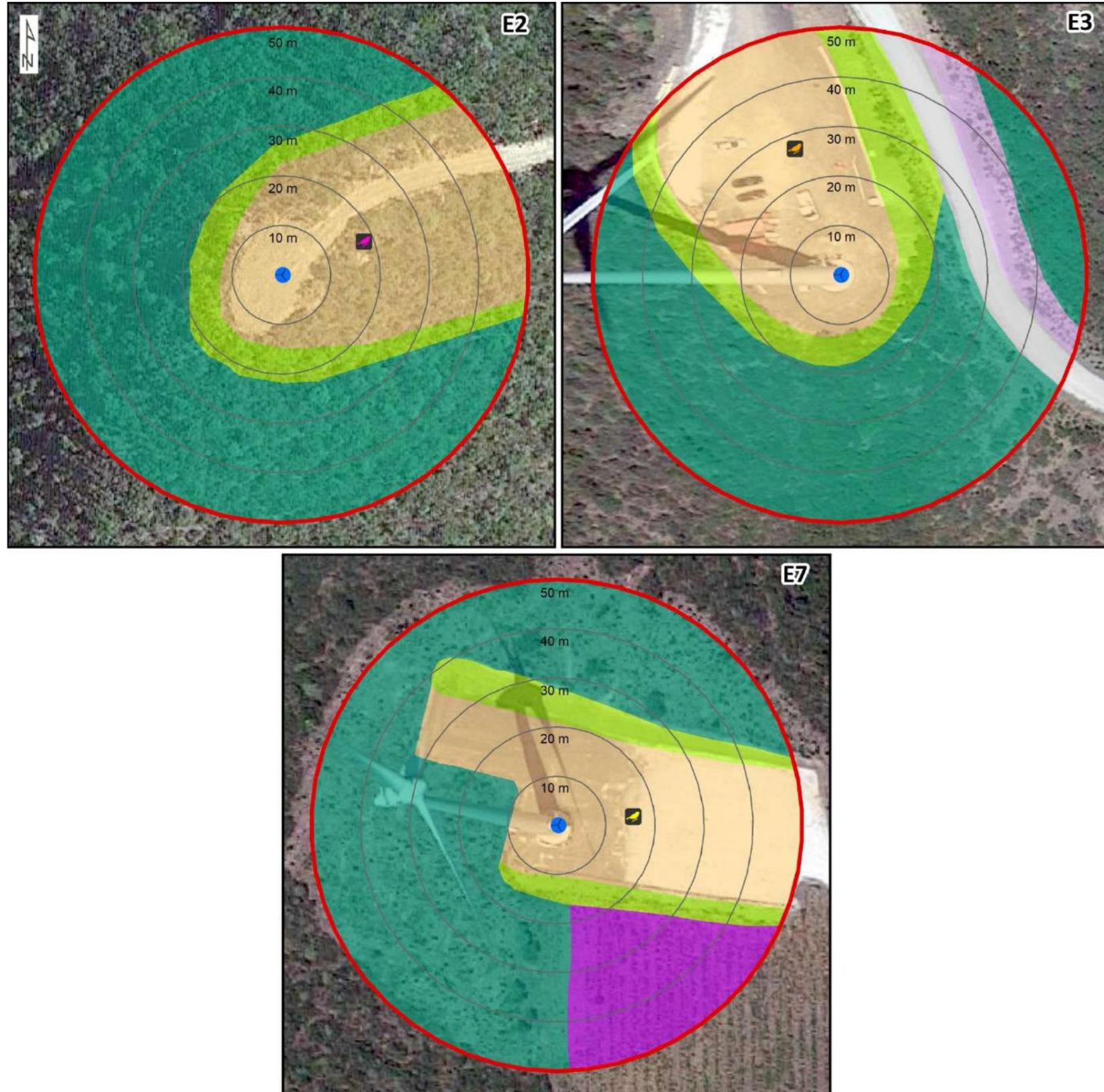
3.3.3 Distribution spatiale des cadavres

Les oiseaux découverts sur le parc El Singla l'ont été sous les éoliennes E2, E3 et E7. Le faible nombre d'oiseaux retrouvés ne permet pas de conclure de manière significative sur la distribution spatiale des oiseaux.

Par ailleurs, tous les cadavres d'oiseaux ont été retrouvés à moins de 30 m des mâts des éoliennes. Cette distance est conforme aux références bibliographiques qui indiquent généralement qu'une majorité de cadavres est trouvée proche des mâts. De même que pour les chauves-souris, l'ensemble des oiseaux a été trouvé au niveau des plateformes ou des pistes en graves du parc éolien.

Seules les éoliennes E2, E3 et E7 ont présenté une mortalité pour les oiseaux en 2018 et en 2019.

La carte en page suivante localise les mortalités d'oiseaux sous les éoliennes.



Parc éolien El Singla

66
Pyrennées
Orientales

Localisation des cadavres en 2018 - 2019

- Oiseaux -

Cadavre d'oiseaux

- Hirondelle des fenêtres
- Hypolaïs polyglotte
- Pie-grièche écorcheur

Occupation du sol

- | | |
|------------|---------------|
| Garrigue | Labour |
| Piste | Vigne |
| Plateforme | Zone remaniée |
| Talus | |

- Eolienne
- Zone de prospection théorique (50 m)
- Rayon de 10 m, 20 m, 30 m et 40 m autour de l'éolienne

Source : ABIES
Fond : Google Map®
Reproduction interdite.
Réalisation : ABIES, Novembre 2019

0 10 20 40
Mètres

Carte 10 : Localisation des cadavres d'oiseaux découverts sous les éoliennes E2, E3 et E7 (source : Abies, 2019)

3.3.4 Estimation du taux de mortalité

Comme pour les chauves-souris, rappelons que le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes étant soumis à l'efficacité de recherche et à la persistance des cadavres sur le site, plusieurs formules sont utilisées pour estimer le nombre d'individus réellement touchés par les éoliennes.

A noter que les estimations du taux de mortalité ne sont calculées que pour les individus trouvés dans le cadre des suivis protocolaire de la mortalité ; on considèrera donc ici un total de 2 oiseaux impactés.

Les estimations ont été calculées pour chacune des périodes préalablement présentées et rappelées ci-dessous.

Tableau 16 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)

Nom de la période	Durée de la période	Justification
Période A	31 juillet au 24 octobre 2018 Semaines 31 à 43 -> 13 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté.
Période B	3 au 25 janvier 2019 + 7 mai au 24 octobre 2019 Semaines 1 à 4 + semaines 19 à 43 -> 29 semaines	Un passage par semaine et l'ensemble des surfaces prospectables est prospecté moins une partie de la garrigue sous l'éolienne E7.

3.3.4.1 Calculs des coefficients correcteurs

Comme pour les chiroptères, quatre formules ont été utilisées pour estimer le nombre d'oiseaux réellement touchés par les éoliennes.

3.3.4.1.1 Taux d'efficacité/détection et taux de persistance des cadavres

Pour rappel, le taux d'efficacité ou de détection et le taux de persistance ont été calculés à partir des résultats des tests réalisés au printemps 2018 et à l'automne 2018 et 2019. Le tableau suivant synthétise les données concernant ces deux coefficients.

Tableau 17 : Paramètres de détection et de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies)

	Nb de cadavres-test simulant des chiroptères déposés	Nb de cadavres trouvés lors du test d'efficacité	Nb de cadavres après l'intervalle de recherche	Taux d'efficacité de recherche (Z)	Taux de persistance des cadavres (P)
TEST 1 - automne 2018 Persistance à J+7	12	8	6	0,67	0,5
TEST 2 - été 2019 Persistance à J+7	12	8	1	0,67	0,08
TEST 3 - automne 2019 Persistance à J+7	12	5	0	0,42	0

Ainsi, contrairement aux tests relatifs aux chauves-souris, l'efficacité de recherche est la même et globalement assez bonne lors des deux premiers tests et moindre à l'automne 2019.

La persistance des cadavres pour les oiseaux est extrêmement faible pour les deux tests réalisés en 2019, signe d'une prédation importante, et moyenne en 2018 ; ces résultats concordent avec ceux des tests relatifs aux chiroptères.

3.3.4.1.2 Durée moyenne de persistance

Pour rappel, la durée moyenne de persistance correspond à :

$$tm = \frac{N_1 + N_3 \times 3 + N_6 \times 6 + N_8 \times 8 + etc \dots}{N_0}$$

où N_x correspond au nombre de cadavres retrouvés au jour X mais plus au jour X+1.

N_0 est le nombre de cadavres déposés.

Le tableau suivant présente les données utilisées pour le calcul de tm. Notons que deux tm moyens ont été calculés, un pour chaque test effectué.

Tableau 18 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies, 2018)

TEST 1 - automne 2018								
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants						Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+17	J+22	J+29	
E3	6	6	4	0	0	0	0	2,3
E9	6	6	6	6	4	2	0	15,3
Moyenne								8,8

TEST 2 - été 2019						
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants				Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+15	
E3	6	1	1	1	0	1,2
E9	6	2	1	0	0	0,7
Moyenne						0,9

TEST 3 - automne 2019				
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants		Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	
E3	6	5	0	0,8
E9	6	3	0	0,5
Moyenne				0,7

Ainsi, la moyenne pour les oiseaux, sur l'ensemble du suivi en 2018 et 2019, de la durée moyenne de persistance (tm) évaluée lors de chacune des trois sessions de tests est de **3,5 jours**.

De même que pour les chauves-souris, lisser ce résultat en le moyennant sur l'ensemble du suivi permet d'atténuer la valeur extrême de 15,3 jours en moyenne obtenue pour la disparition des cadavres d'oiseaux sous E9 lors du premier test, réalisé en 2018. Ainsi, au début de l'automne 2018, nous avons remarqué une augmentation de l'activité humaine sous l'éolienne E9 avec stationnement d'engins agricoles du fait du traitement des vignes, qui pourrait expliquer le dérangement des prédateurs éventuels des cadavres-test.

3.3.4.1.3 Coefficient de correction surfacique

L'ensemble des cadavres découverts (chauves-souris et oiseaux) a été considéré pour le calcul du coefficient de correction surfacique (a). Le détail du calcul est présenté dans la partie sur les chiroptères (0).

3.3.4.2 Résultats des estimations de mortalité

Rappelons que seuls 2 cadavres ont été découverts dans les conditions définies du suivi protocolaire et font ainsi l'objet d'estimation (cf. explications en 3.3).

Le tableau ci-dessous présente les paramètres utilisés pour les formules d'estimation de la mortalité de l'avifaune sur le parc éolien.

Tableau 19 : Paramètres des estimations de la mortalité des oiseaux (Abies)

Paramètre	Période	Commentaire	Valeur
Na	A	2 cadavres trouvés lors du suivi protocolaire	1
	B		1
Z	A-B	Taux d'efficacité	0,59
P	A-B	Taux de persistance à J+7	0,19
a	A	a = 24,12/19	1,27
	B	a = 19,10/11	1,74
tm	A-B	Calcul en 3.2.4.1.2	3,47
I	A-B	Temps moyen entre deux passages	7,1
Î	A-B	Î = -log(0,01) x tm	6,95
ê	A-B	ê = Min(I:Î)/I	0,98
p (Jones)	A-B	p = e ^{(-0,5 x (I/tm))}	0,37
p' (Huso)	A-B	p' = tm x [(1 - e ^{(-I/tm)) / I]}	0,43
O	A-B	-	9
D	A	-	13
	B		29

Les quatre formules d'estimation sont présentées ci-après pour chaque période (A=2018 et B=2019) et pour l'ensemble des éoliennes. Notons que les calculs sont réalisés sur tableur le plus précisément possibles ; néanmoins, pour plus de clarté au sein de ce rapport, des approximations sont réalisées afin de fournir des chiffres arrondis.

3.3.4.2.1 Estimation selon Winkelmann

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Winkelmann est :

$$N \text{ estimé} = a \times \frac{Na}{P \times Z}$$

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{1}{0,19 \times 0,59} = 9,8 \quad N_B = 1,74 \times \frac{1}{0,19 \times 0,59} = 13,4$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi, qui représente plus d'une saison classique avec l'équivalent d'un cycle biologique et demi pour la faune volante, le parc éolien d'El Singla a touché environ 24 oiseaux selon la formule de Winkelmann.

3.3.4.2.2 Estimation selon Erickson

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Erickson est : $N \text{ estimé} = a \times \frac{Na \times I}{tm \times Z}$

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{1 \times 7,10}{3,47 \times 0,59} = 4,4 \quad N_B = 1,74 \times \frac{1 \times 7,10}{3,47 \times 0,59} = 6,1$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 11 oiseaux selon la formule d'Erickson.

3.3.4.2.3 Estimation selon Jones

On rappelle que la formule d'estimation du taux de mortalité réel selon Jones est $N \text{ estimé} = a \times \frac{Na}{Z \times \hat{e} \times p}$

Où $p = e^{-0,5 \times (\frac{I}{tm})}$ vaut 0,37 pour les périodes A et B.

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{1}{0,59 \times 0,98 \times 0,37} = 6,0 \quad N_B = 1,74 \times \frac{1}{0,59 \times 0,98 \times 0,37} = 8,2$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 15 oiseaux selon la formule de Jones.

3.3.4.2.4 Estimation selon Huso

Pour rappel, la formule est identique à la précédente, seul p est modifié et correspond à $p = tm \times \frac{1 - e^{-\frac{I}{tm}}}{I}$ et vaut 0,43 pour les périodes A et B.

Ainsi, pour chaque période, les résultats sont les suivants :

$$N_A = 1,27 \times \frac{1}{0,59 \times 0,98 \times 0,43} = 5,1 \quad N_B = 1,74 \times \frac{1}{0,59 \times 0,98 \times 0,43} = 7,0$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique et demi), le parc éolien d'El Singla a touché environ 13 oiseaux selon la formule de Huso.

3.3.4.3 Synthèse des résultats

Les quatre formules de calculs utilisées donnent l'estimation du nombre réel de chauves-souris victimes des éoliennes durant la période de suivi du parc répartie sur les années 2018 et 2019 ; celle-ci est ainsi supérieure à une année de suivi classique et inclus un cycle biologique et demi.

Le tableau suivant récapitule les moyennes des résultats de chaque formule utilisée et donne une moyenne du taux de mortalité estimé. Rappelons qu'étant donné les nombreux biais de la formule de Winkelmann (1989), celle-ci ne sert pas au calcul de la moyenne de la mortalité estimée ; elle figure ici à titre indicatif.

Tableau 20 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des oiseaux survenue durant la période de suivi (Abies)

	Estimation de la mortalité en 2018 et 2019 (nombre d'oiseaux morts)				
	Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne
Mortalité par éolienne et par semaine	0,1	0	0	0	0
Mortalité pour l'ensemble du parc par semaine	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
Mortalité par éolienne sur la durée du suivi	2,6	1,2	1,6	1,4	1,4
Mortalité pour l'ensemble du parc sur la durée du suivi	23,2	10,5	14,2	12,2	12,3

En conclusion, nous obtenons une moyenne de la mortalité de **seulement 0,3 oiseau par semaine sur les neuf éoliennes** suivies dans le cadre du suivi de la mortalité du parc. **Cela correspond à une moyenne d'environ 13 oiseaux morts** (fourchette de 10,5 à 14,2 selon les calculs) **sur les neuf éoliennes prospectées sur l'ensemble de la période de suivi en 2018 et 2019** (qui correspond à un cycle biologique et demi pour la faune volante).

Cette estimation particulièrement faible au vu des neuf éoliennes, semble en effet proportionnelle au nombre de cadavres brut trouvés ainsi qu'en accord avec la bibliographie disponible et les retours d'expériences propres à Abies. Bien que le fonctionnement du dispositif SafeWind n'ait pas été analysé ici, il est possible que sa mise en œuvre sur le parc éolien El Singla ait contribué à cette faible mortalité d'oiseaux.

De la même façon que pour les chauves-souris, afin de valider l'ordre de grandeur des résultats que nous avons obtenus sur les oiseaux, nous avons souhaité les comparer avec une application mise en place en libre accès sur internet par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier disponible sur le lien <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/> (cf. Annexe 4). Rappelons que cette application propose une estimation simplifiée de la mortalité réelle induite par un parc éolien sur la faune volante, prenant toutefois en compte moins de paramètres de suivi que dans nos calculs. L'utilisation de cette application nous permet, d'une part, d'obtenir des résultats selon des tests statistiques non paramétrique et paramétrique et, d'autre part, de différencier la simulation de la mortalité estimée dans le cadre de la prise en compte globale de la durée du suivi et dans le cadre de la somme de mortalités induites par périodes de prospectabilités différentes (A et B).

Pour l'avifaune, l'application nous donne des résultats moyens médians compris entre 7,7 et 8,6 (tous tests confondus et toutes méthodes confondues) pour les 9 éoliennes suivies sur l'ensemble de la durée du suivi. Contrairement aux résultats obtenus pour les chauves-souris, ceux-ci relèvent environ du même ordre de grandeur que ceux que nous avons obtenu dans le cadre de l'étude de l'avifaune (moyenne de 12,3 oiseaux). Notre résultat est toutefois également compris dans l'intervalle de confiance à 95 % fourni par l'application, c'est-à-dire inclus entre la valeur minimale de 0 et la valeur maximale de 52.

Notons que le détail des résultats de la simulation et les intervalles de confiance, à 95 % et 80 % sont présentés en Annexe 4.

Ainsi, les résultats des suivis de la mortalité des oiseaux sur le parc éolien El Singla, totalisant 9 éoliennes, indiquent une **mortalité observée très faible**, lors des 42 visites sur place, avec uniquement 3 individus retrouvés. A partir de cette mortalité brute observée et des résultats des tests effectués, nous avons obtenu une valeur estimée totale de la mortalité des oiseaux voisine de 12 individus sur l'ensemble de la période.

Parmi les hypothèses évoquées quant à cette très faible mortalité, l'emploi du dispositif SafeWind d'effarouchement des oiseaux à partir d'une certaine distance aux pales, a pu y contribuer.

4 CONCLUSION

4.1 Synthèse de la mortalité des chiroptères.....	42
4.2 Synthèse de la mortalité de l'avifaune	42

4.1 Synthèse de la mortalité des chiroptères

Plus d'un cycle biologique complet réparti sur deux années a pu être suivi sur le parc éolien El Singla puisque le suivi de la mortalité s'est déroulé entre fin juillet et fin octobre 2018 d'une part, puis sur le mois de janvier 2019 d'autre part et enfin, de début mai à fin octobre 2019 au vu des enjeux identifiés (soit environ un cycle biologique et demi pour la faune volante). 42 visites sur site ont ainsi été effectuées afin de vérifier l'efficacité du plan de régulation des éoliennes en faveur des chiroptères mis en œuvre dès la mise en fonctionnement du parc éolien et fixé à 5,5 m/s en ce qui concerne la vitesse de vent déclenchant l'arrêt automatique de la rotation des pales.

Au total, 29 chauves-souris appartenant à sept espèces différentes ont été trouvées sous six des neuf éoliennes du parc. Il s'agit principalement de la famille des Pipistrelles avec les Pipistrelles pygmées, communes et de Kuhl ainsi que du Vespère de Savi, quelques individus de Noctules (commune et de Leisler) ainsi qu'un Molosse de Cestoni ont également été retrouvés sous les éoliennes.

Bien que toutes strictement protégées, trois de ces espèces présentent un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale (Pipistrelle commune, Noctule de Leisler et Molosse de Cestoni) et une espèce, la Noctule commune, est jugée « vulnérable ». De plus, la Noctule commune et le Molosse de Cestoni présentent un enjeu de conservation fort en Occitanie ; les autres espèces présentent un enjeu modéré (sauf la Pipistrelle pygmée, seule espèce à présenter un enjeu faible). De plus, la mortalité d'un individu de Molosse de Cestoni, espèce hautement patrimoniale, est remarquable puisque rare dans le cadre d'un suivi de parc éolien bien que l'espèce soit jugée de sensibilité forte au risque de collision/barotraumatisme.

L'éolienne E9, ainsi que l'éolienne E7 dans une moindre mesure, se sont avérées particulièrement accidentogènes lors des suivis 2018 et 2019 de la mortalité des chiroptères avec plus de 80 % des cas de mortalité. Notons que ces deux éoliennes, localisées au sud de l'alignement du parc, présentent la particularité de se trouver en milieu ouvert proches de vignes favorables à la chasse des chauves-souris.

A noter que la moyenne des surfaces effectivement prospectées au pied des éoliennes lors de l'ensemble du suivi de la mortalité du parc ne représente que 59 % de la surface totale théorique de prospection. Ce faible taux s'explique notamment par la présence de milieux non prospectables et accidentogènes au sein de l'aire théorique de prospection à moins de 50 m de distance des mâts des éoliennes. Or l'ensemble des cadavres a été trouvé sur un sol de type graviers où la prospection est facilitée mais qui ne représente que 29 % de la zone théorique de prospection.

Au vu des dates de découvertes, la mortalité des chauves-souris sur le parc éolien concernerait majoritairement des populations locales de Pipistrelles (essentiellement pygmées et communes) et de Vespère de Savi avec des individus impactés en période d'activité accrue (fin d'été-début d'automne) mais aussi des populations migratrices de Noctules de Leisler et commune en migration postnuptiale.

La mortalité a pu ensuite être estimée d'après les résultats obtenus sur les neuf éoliennes du parc, via les formules de Erickson, Jones et Huso (celle de Winkelmann est indiquée à titre indicatif), à une moyenne de 198 chauves-souris (fourchette de 166 à 229 selon les calculs) sur les neuf éoliennes prospectées sur l'ensemble de la période de suivi, soit à près de 5 chauves-souris mortes par semaine sur les neuf éoliennes.

Cette estimation est à considérer au regard du fait que la période automnale concentre la grande majorité des mortalités brutes constatées sur le parc. Les 198 chauves-souris impactées estimées auraient donc tendance à se concentrer sur cette période de l'année.

Malgré la mise en œuvre d'une régulation des éoliennes en faveur des chauves-souris visant à réduire la mortalité constatée sur le parc éolien, le seuil de démarrage du bridage fixé à 5,5 m/s s'est révélé insuffisant en 2018 et début 2019. A la suite d'une proposition d'Altifaune, le bureau d'études naturalistes en charge du suivi de l'activité des chauves-souris en altitude sur le parc, l'exploitant Avanty a mis en place le 30/08/2019 pour la période estimée la plus à risque (septembre-octobre), un bridage plus conséquent en fonction des éoliennes les plus accidentogènes. Bien que potentiellement efficace, ce bridage ne s'est pas non plus révélé suffisant puisque huit cas de mortalité ont encore été trouvés lors de son fonctionnement à l'automne 2019 (à comparer aux 14 cas de mortalité obtenus sur les mois de septembre-octobre 2018).

Au vu de ces cas de mortalités, le plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris va être de nouveau amélioré et reconduit lors du cycle biologique 2020 et son efficacité suivie dans le cadre d'un suivi de la mortalité sur le parc éolien d'El Singla.

Ce nouveau plan de bridage (présenté dans le rapport de suivi de l'activité des chiroptères en altitude ; cf. pièce 3 du présent dossier), fait l'objet d'une mutualisation des résultats du suivi de la mortalité de la faune volante sur le parc et du suivi de l'activité des chiroptères en altitude, afin d'adapter le bridage des éoliennes à l'utilisation du parc par les différentes espèces.

4.2 Synthèse de la mortalité de l'avifaune

Concernant l'avifaune, seul trois cadavres ont été trouvés sous les 9 éoliennes du parc éolien El Singla (Pie-grièche écorcheur, Hirondelle de fenêtre et Hypolaïs polyglotte). Deux de ces espèces présentent un enjeu de conservation : la Pie-grièche écorcheur du fait de son inscription à l'Annexe I de la Directive « Oiseaux » et de l'enjeu de conservation jugé modéré à l'échelle de l'Occitanie selon le dernier classement de 2019 ainsi que l'Hirondelle de fenêtre, qui présente, comme la Pie-grièche, le statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale.

Les quelques mortalités des oiseaux mises en évidence sont réparties sur toutes les grandes périodes de l'année (nidification, migrations pré-nuptiale et post-nuptiale) et seules les éoliennes E2, E3 et E7 ont présenté une mortalité en 2018 et en 2019, sans que nous puissions fournir une hypothèse explicative.

Les estimations de la mortalité ont permis de calculer une mortalité globale de 13 oiseaux (fourchette de 10,5 à 14,2 selon les méthodes de calculs, sans prendre en compte la formule de Winkelmann) en moyenne sur l'ensemble des 9 éoliennes du parc éolien et pour la durée du suivi, soit 0,3 oiseau par semaine pour l'ensemble du parc éolien. Ce nombre apparaît cohérent par rapport à la mortalité brute observée (3 individus).

Les faibles effectifs d'oiseaux touchés par le parc El Singla ne justifient pas la mise en place de nouvelle mesure de régulation (mortalités globalement ponctuelles pouvant être considérées comme accidentelles). Rappelons de plus la mise en œuvre du dispositif SafeWind permettant la surveillance en temps réel du passage de grands oiseaux et de lancer une alarme sonore dans le but de les effaroucher à leur approche des éoliennes. Ainsi, bien que le fonctionnement de ce dispositif n'ait pas été analysé ici, il est possible que sa mise en œuvre sur le parc éolien El Singla ait contribué à la faible mortalité d'oiseaux.

5 ANNEXES

5.1	Annexe 1 - Caractéristiques des prospections de suivi de la mortalité.....	46
5.2	Annexe 2 - Présentation des données brutes de mortalité par ordre chronologique...	47
5.4	Annexe 3 - Fiche de terrain utilisée lors du suivi de la mortalité	54
5.5	Annexe 4 - résultats de l'application d'estimation de la mortalité réelle de A. Besnard et C. Bernard (CNRS de Montpellier).....	55
	5.5.1 Introduction à l'utilisation de cette application	55
	5.5.2 Estimation de la mortalité des chauves-souris	56
	5.5.3 Estimation de la mortalité de l'avifaune	56
5.7	Annexe 5 - Bibliographie	58
	5.7.1 Ouvrages, articles, revues.....	58
	5.7.2 Ressources informatiques et Internet :.....	58

5.1 Annexe 1 - Caractéristiques des prospections de suivi de la mortalité

Semaine	Date de passage	Prospecteur(s)	Conditions météorologiques			Découverte d'un cadavre
			Pourcentage de couverture nuageuse	Vent (force et direction)	Pluie	
Année 2018						
31	31/07/2018	CB+SP	0%	Faible d'Ouest	Non	Oui
32	07/08/2018	SP	70%	Modéré d'Est	Non	Oui
33	14/08/2018	SP	90%	Fort d'Ouest	Oui	Non
34	24/08/2018	EU	0%	Très fort d'Ouest-Nord/Ouest	Non	Non
35	31/08/2018	EU	10%	Modéré à Très fort (Rafales) de Nord-Ouest	Non	Non
36	06/09/2018	EU	50%	Modéré à fort d'Ouest	Non	Oui
37	12/09/2018	MC	10%	Faible d'Est	Non	Oui
38	17/09/2018	MC	100%	Nul à Faible d'Est	Non	Oui
39	25/09/2018	EU+CB	5%	Faible à modéré d'Est	Non	Oui
40	02/10/2018	EU	10%	Très fort d'Ouest	Non	Oui
41	12/10/2018	MC	100%	Faible à modéré d'Est	Non	Oui
42	17/10/2018	CB	100%	Nul	Non	Non
43	24/10/2018	EU	0%	Très fort de Nord-Ouest	Non	Non
Année 2019						
1	03/01/2019	CB	0%	Très fort d'Ouest	Non	Non
2	08/01/2019	CB	100%	Très fort d'Ouest	Non	Non
3	17/01/2019	EU	75%	Fort d'Ouest	Oui	Non
4	25/01/2019	SP	90%	Faible	Oui (neige)	Non
19	07/05/2019	ML	20%	Faible d'Est	Non	Non
20	15/05/2019	EU	20%	Modéré d'Est	Non	Non
21	23/05/2019	AD	0%	Faible à modéré de Nord-Est	Non	Oui
22	28/05/2019	EU	50%	Fort à très fort d'Ouest	Non	Non
23	06/05/2019	CB	20%	Modéré d'Est	Non	Non
24	13/06/2019	AD	30%	Fort de Nord	Non	Oui
25	20/06/2019	ML	70%	Faible à modéré d'Ouest	Non	Non
26	25/06/2019	EU+ML	50%	Faible à fort d'Est	Non	Non
27	02/07/2019	CB	50%	Faible à nul d'Ouest	Non	Non
28	10/07/2019	EU	0%	Fort d'Ouest	Non	Non
29	17/07/2019	EU	50%	Modéré d'Ouest	Non	Non

Semaine	Date de passage	Prospecteur(s)	Conditions météorologiques			Découverte d'un cadavre
			Pourcentage de couverture nuageuse	Vent (force et direction)	Pluie	
30	23/07/2019	CB	0%	Faible d'Est	Non	Non
31	02/08/2019	Altifaune	0%	Modéré de Nord-Ouest	Non	Non
32	07/08/2019	ML	100%	Faible de Sud-Ouest	Non	Non
33	14/08/2019	Altifaune	0%	Faible de Nord-Ouest	Non	Non
34	21/08/2019	CB	20%	Modéré de Nord-Ouest	Non	Non
35	30/08/2019	Altifaune	0%	Faible de Nord-Ouest	Non	Non
36	04-sept	MC	0%	Faible à modéré d'Ouest	Non	Non
37	12-sept	Altifaune	0%	Faible de Nord-Ouest	Non	Non
38	18-sept	CB	10%	Nul	Non	Oui
39	24-sept	EU	10%	Faible à modéré d'Ouest	Non	Oui
40	01-oct	Altifaune	100%	Faible de Nord-Ouest	Non	Oui
41	08-oct	Altifaune	0%	Nul	Non	Non
42	15-oct	Altifaune	0%	Fort de Nord-Ouest	Non	Non
43	24-oct	EU	75%	Faible à modéré de Nord-Ouest	Non	Non

Tableau 21 : Calendrier des prospections de terrain et condition météorologiques (source : Abies)

Prospecteurs pour Abies :

AD = Ariane Dupéron

CB = Camille Bouin

EU = Eliot Ugnon-Coussioz

MC = Mathilde Causel

ML = Morgane Laëns

SP = Sophie Petit

Prospecteurs pour Altifaune :

Vivien Boucher

5.2 Annexe 2 - Présentation des données brutes de mortalité par ordre chronologique

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assolement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
31/07/2018	E9	42 m	NE	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Sec	Fourmis	< 24 h	Non	Barotraumatisme	32,9 mm	Mâle - Adulte	
31/07/2018	E9	32 m	E	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Frais	Non	> 48 h	Non	Barotraumatisme	31,4 mm	Mâle - Adulte	
31/07/2018	E7	16 m	E	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Décomposition avancée	Non	> 48 h	Non	Barotraumatisme	33,2 mm	Indéterminé - Adulte	
07/08/2018	E9	21 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Décomposition avancée	Guêpes	> 48 h	avant-bras droit fracturé	Barotraumatisme / collision	31,3 mm	Indéterminé - Adulte	
06/09/2018	E9	2 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Frais	Guêpes	< 24 h	Non	Barotraumatisme	28,4 mm	Mâle - Adulte	

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assolement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
06/09/2018	E9	41 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Décomposition avancée	Non	24 - 48 h	coté du torse	Barotraumatisme	30,8 mm	Femelle - Adulte	
06/09/2018	E7	8 m	E	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Décomposition avancée	Guêpes	24 - 48 h	Non	Barotraumatisme	35,3 mm	Femelle - Adulte	
12/09/2018	E9	0,5 m	NO	Plateforme (graviers)	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Frais	Fourmis	< 12 h	Non	Barotraumatisme	44,9 mm	Femelle - Adulte	
17/09/2018	E9	6 m	E	Plateforme (graviers)	Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Frais	Non	< 24 h	Non	Barotraumatisme	59 mm	Mâle - Adulte	
17/09/2018	E9	0,5 m	O	Pied éolienne (béton)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Frais	Non	24-48 h	Non	Barotraumatisme	31,3 mm	Femelle - Adulte	

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assolement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
17/09/2018	E9	1 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Vivant	Non	-	Non	Barotraumatisme	30,2 mm	Indéterminé - Adulte	
17/09/2018	E7	10 m	O	Plateforme (graviers)	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	Frais	Non	< 24 h	Non	Collision	/	Indéterminé - Adulte	
17/09/2018	E7	12 m	SE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Décomposition avancée	Fourmis	< 72 h	Non	Barotraumatisme	31,3 mm	Femelle - Adulte	
17/09/2018	E7	3 m	N	Plateforme (graviers)	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Frais	Vers et petits insectes ailés	< 24 h	Fracture "coude" droit	Barotraumatisme / collision	55,5 mm	Femelle - Adulte	
17/09/2018	E1	0,5 m	S	Pied éolienne (béton)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Frais	Non	< 24 h	Non	Barotraumatisme	28,5 mm	Femelle - Adulte	

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
25/09/2018	E9	25 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Très sec	Non	> 48h	Plus de ventre/torse	Barotraumatisme	34,3 mm	Indéterminé - Adulte	
25/09/2018	E9	25 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Très sec	Non	> 48h	Non	Barotraumatisme	30,3 mm	Indéterminé - Adulte	
26/09/2018 (hors protocole)	E9	9 m	SE	Pied éolienne (béton)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Décomposition avancée	Non	24-48 h	Avant-bras gauche fracturé	Barotraumatisme / collision	34,1 mm	Mâle - Adulte	
02/10/2018	E9	35 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Décomposition avancée	Non	24-48h	Non	Barotraumatisme	29,8 mm	Mâle - Adulte	
12/10/2018	E9	4 m	S	Plateforme (graviers)	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	Vivant	Non	-	Non	-	Indéterminé	Indéterminé - Adulte	Pas d'image

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assolement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
16/05/2019 (hors protocole)	E3	25 m	N	Plateforme (graviers)	Hypolais polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Assez frais	non	< 24h	Non	Collision	/	Indéterminé - Adulte	
23/05/2019	E9	34 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Assez frais	Fourmi	24-48h	Ecrasée par tracteur	Barotraumatisme	32,3 mm	Femelle - Adulte	
23/05/2019	E7	17 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Assez sec	non	> 48h	Plaie sèche. AB D fracturé	Barotraumatisme	29,2 mm	Mâle - Adulte	
23/05/2019	E6	17 m	N	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Frais	non	> 48h	Non	Barotraumatisme	32,9 mm	Mâle - Adulte	
13/06/2019	E2	25 m	N	Plateforme (graviers)	Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	Frais	non	< 24h	Nuque brisée	Collision	/	Mâle - Adulte	

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Assolement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
18/09/2019	E9	43 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Très frais	Mouches + Guêpes	< 24h	Non	Barotraumatisme	30,4 mm	Mâle - Adulte	
18/09/2019	E7	47 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Sec	Fourmis + Mouches	> 48h	Non	Barotraumatisme	29,9 mm	Mâle - Adulte	
18/09/2019	E2	38 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Relativement frais	Non	24-48h	Ecrasée par véhicule (avant-bras fracturé)	Barotraumatisme	31,3 mm	Mâle - Adulte	
24/09/2019	E9	43 m	NE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Frais	Non	< 24h	Non	Barotraumatisme	30,6 mm	Femelle - Adulte	
24/09/2019	E4	3 m	S	Plateforme (graviers)	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Décomposition avancée	Coléoptères	24-48h	ventre (probablement suite à la chute)	Barotraumatisme	43,2 mm	Femelle - Adulte	

Date de passage	Localisation du cadavre				Description / identification du cadavre									Illustration
	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Asselement au niveau de la découverte	Espèce (ou genre / famille)		Etat du cadavre	Présence d'insectes	Date de mort estimée	Blessure	Cause présumée de la mort	Taille avant-bras	Sexe - Age	
					Nom français	Nom latin								
24/09/2019	E2	15 m	N	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Frais	Mouches	< 24h	Non	Barotraumatisme	29,9 mm	Mâle - Adulte	
01/10/2019	E9	41 m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Décomposition avancée	non	> 48h	Non	Barotraumatisme	28,3 mm	Mâle - Adulte	

5.4 Annexe 3 - Fiche de terrain utilisée lors du suivi de la mortalité



FICHE DE TERRAIN - SUIVI MORTALITE

Parc éolien :	Heure début de suivi :	Météo	% couverture nuageuse :
Date :	Heure fin de suivi :	Orages récents :	Vent (force et direction) :
Prospecteur(s) :	Visibilité :		Pluie :

CONTEXTE

Evolution de l'assolement (modifications de l'occupation du sol + évolution de la couverture végétale) et remarques par éolienne (traces de prédateurs, maintenance, à l'arrêt) :

DECOUVERTE DE CADAVRES

Oiseau ou CS				
Code : initiales du parc + date (jj/mm/aa) - CS ou O + n° cadavre → Ex : EEC020519-CS1				
Localisation				
Eolienne				
Distance au mât (m)				
Orientation par rapport au mât				
Coordonnées GPS_X				
Coordonnées GPS_Y				
Assolement au niveau découverte				
Description / identification				
Espèce (ou genre / famille)				
Etat (vivant, frais, décomposition avancée, sec)				
Insectes				
Mort depuis / date de mort estimée				
Blessure				
Taille avant-bras - CS (mm)				
Entretoises ailes droite et gauche - CS (dessiner Dr : ... / Ga : ...)				
Sexe				
Age (juvénile, jeune, adulte)				
Autres remarques (femelle allaitante / gestante - CS)				

5.5 Annexe 4 - résultats de l'application d'estimation de la mortalité réelle de A. Besnard et C. Bernard (CNRS de Montpellier)

5.5.1 Introduction à l'utilisation de cette application

L'application est disponible sur le lien suivant : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/>

Le texte ci-après est tiré du document explicatif de l'application disponible sur le lien suivant : https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/manuel_shiny.pdf

Aurélien Besnard & Cyril Bernard - UMR5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive - Montpellier.

« Il s'agit [d'une application] Shiny, c'est-à-dire d'applications web qui [font] tourner un script R sur le serveur. Ce type d'application permet de programmer des manipulations de données et des calculs sur des variables qui peuvent être entrées par l'utilisateur (fichiers de données ou informations saisies sur la page web). Cet outil permet aussi d'afficher le résultat des calculs (des tableaux, des graphiques, etc). L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, permanents du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive.

EolApp - une petite application pour obtenir les intervalles de confiance à 95% des estimations de mortalités liées aux éoliennes. La première application permet d'obtenir les intervalles de confiance à 95% des estimations de mortalité obtenues dans le cadre des suivis sous les éoliennes. En effet, le calcul de la mortalité à l'aide des différentes formules issues de la littérature et proposées par le Ministère, sont de fait des estimations. Ce calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Par exemple la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage. La persistance et la détection des cadavres lors de la mise en place de cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. Tous ces processus impliquent une incertitude sur les estimations qui se doit d'être quantifiée et précisée en même temps que les résultats des calculs. Un powerpoint résumant ces éléments est téléchargeable sur la page web des applications.

Cette première application repose donc sur des données existantes. Les calculs se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, séparés par des pas de temps identiques, visites pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise aussi les données issues de l'expérimentation utilisée pour estimer la persistance ainsi que la détection.

Lors du chargement de la page, la première information à fournir consiste en fichier de données incluant les données de visites de terrain pour la recherche des cadavres. Ce fichier doit être au format « csv » (exporté de Excel par exemple). Il doit disposer d'une entête de colonne nommée « Cadavres ». Il ne contient qu'une seule colonne. Chaque ligne de cette colonne précise le nombre de cadavres détecté à chaque visite sur le terrain. Si plusieurs éoliennes sont étudiées le même jour et que l'analyse est réalisée à l'échelle de l'ensemble des éoliennes, il convient de fournir le cumul des cadavres détectés sous l'ensemble des éoliennes à la date donnée. Un exemple de fichier est téléchargeable. L'application identifie à partir du fichier le nombre de visites réalisées. Lorsque le fichier est chargé, la fenêtre de droite affiche un extrait de son contenu pour vérification. On peut aussi trouver le nombre de ligne du fichier chargé sous le nom du fichier pour vérification.

L'utilisateur fournit alors un deuxième fichier incluant les données de durée de persistance des cadavres mis en place sous les éoliennes. Il s'agit ici de fournir pour chaque cadavre (un cadavre par ligne) le nombre de jours pendant lesquels chaque cadavre était toujours présent. Ce fichier est aussi en format « csv ». Il dispose d'une entête de colonne nommée « persistance ». Un exemple de fichier est téléchargeable. Là aussi l'application détecte automatiquement le nombre de cadavres utilisés pour l'expérimentation à partir du nombre de lignes dans le tableau. Lorsque le fichier est chargé, la fenêtre de droite affiche un extrait son contenu pour

vérification. On peut trouver le nombre de ligne du fichier chargé, là encore, sous le nom du fichier pour vérification.

Ensuite l'application demande un certain nombre d'informations concernant le protocole utilisé et la méthode à utiliser pour obtenir les intervalles de confiance.

Un premier « bouton » permet de sélectionner selon quel principe méthodologique les intervalles de confiance seront obtenus. Il y a deux possibilités, soit en « bootstrap non-paramétrique », soit en « bootstrap paramétrique ». La première option est la plus lente mais elle est plus fiable quand vous disposez d'un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est plus rapide mais pertinente uniquement pour des jeux de données très conséquents (dans le cas de petits jeux de données elle fournit des résultats trop optimistes sur la précision des estimations de mortalité). Les deux méthodes fournissent les mêmes résultats lorsque les jeux de données sont grands.

Il faut ensuite préciser l'intervalle de temps entre les différents passages (une seule valeur possible donc il faut des plans d'échantillonnage standardisés et simples). Cet intervalle de temps peut être un nombre à décimale si vous avez fait des passages irréguliers (par exemple un mélange de passages tous les 3 et 4 jours). Vous pouvez alors fournir la moyenne (les calculs seront alors une approximation). Le logiciel propose des incréments mais vous pouvez taper la valeur que vous voulez. A noter que selon les ordinateurs, le serveur semble accepter soit les virgules uniquement soit les virgules et les points pour les décimales.

L'application demande ensuite combien d'individus ont été posés pour l'estimation de la détection des cadavres et combien ont été trouvés par les observateurs. Dans le cas d'observateurs multiples l'application ne pourra gérer que la moyenne des observateurs. Il faut dans ce cas-là considérer un nombre de cadavre total correspondant au nombre de cadavres posés multipliés par le nombre d'observateurs les ayant cherchés (nombre total de cadavres soumis à la détection).

Enfin, l'application demande le pourcentage de la surface de la zone d'étude ciblée qui a été effectivement échantillonnée. Dans le cas de plusieurs éoliennes il faut fournir le pourcentage moyen sur l'ensemble des éoliennes. L'application ne permet pas de gérer plusieurs cercles concentriques.

Attention ce pourcentage est à noter en « taux », c'est-à-dire en chiffre avec décimale (par exemple 0.75 pour 75% de couverture). Le logiciel propose des incréments mais vous pouvez taper la valeur que vous voulez. Là aussi les décimales sont notées soit avec des virgules soit avec des points selon les ordinateurs.

Il suffit alors de cliquer sur « calcul » pour que l'application lance le code R et affiche dans la fenêtre de droite un tableau contenant les estimations des 4 formules retenues par le Ministère avec leur intervalle de confiance à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et les intervalles de confiance à 80% (bornes à 10% et 90%). Ces chiffres correspondent au nombre total de mortalités estimées sur l'ensemble de la période d'étude. »

Notons que les moyennes de mortalité présentées dans les tableaux ci-après sont calculées à partir des formules de Erickson, Huso et Jones uniquement (celle de Winkelmann n'est présentée qu'à titre indicatif).

5.5.2 Estimation de la mortalité des chauves-souris

5.5.2.1 Application à l'ensemble de la mortalité du parc

Le tableau suivant résume les résultats de l'application proposée par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier pour les chauves-souris sur le parc éolien El Singla sans prendre en compte les périodes A et B définies dans le présent rapport, dans le cadre d'un test non paramétrique et dans le cadre d'un test paramétrique.

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	76.23	30.64	179.51	42.61	134.07	Erickson	75.82	50.21	147.85	56.90	111.43
Huso	91.80	38.92	197.10	53.55	152.00	Huso	90.93	69.34	152.16	75.39	120.38
Winkelmann	302.44	106.26	827.93	153.26	606.78	Winkelmann	300.00	200.83	463.23	230.21	395.53
Jones	106.59	43.36	262.06	60.23	188.82	Jones	103.74	74.57	238.18	81.96	157.77
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 91,54						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 90,16					

5.5.2.2 Application de la mortalité du parc par période de prospection

Les tableaux suivants résument les résultats de l'application proposée par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier pour les chauves-souris en période A et B définies dans le présent rapport, ainsi que la somme des mortalités relatives à chacune d'elles pour correspondre à la mortalité estimée sur l'ensemble de la durée de suivi.

Rappelons qu'entre les périodes A et B, le facteur qui diffère est le pourcentage de la surface prospectée (l'intervalle de temps entre les passages est le même). Au vu des trois tests d'efficacité et de disparition des cadavres réalisés dans le cadre de ce suivi de la mortalité, il a été choisi d'utiliser les résultats de l'ensemble des tests pour les périodes A et B.

5.5.2.2.1 Période A

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	57.87	20.70	143.71	30.79	105.02	Erickson	58.17	38.00	112.39	43.58	85.24
Huso	69.80	26.50	160.00	38.48	119.56	Huso	69.69	52.18	116.80	57.30	92.38
Winkelmann	231.93	72.89	737.01	113.39	498.90	Winkelmann	229.92	152.29	354.84	175.30	302.85
Jones	80.72	29.41	213.44	43.53	148.51	Jones	79.71	56.18	177.71	62.56	119.87
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 69,46						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 69,19					

5.5.2.2.2 Période B

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	22.79	3.17	65.38	8.64	46.67	Erickson	23.54	14.83	46.44	17.24	35.21
Huso	27.53	3.88	73.63	10.74	53.46	Huso	28.27	20.23	48.31	22.57	38.32
Winkelmann	93.10	12.66	392.37	32.38	229.18	Winkelmann	93.09	60.33	148.77	69.76	126.25
Jones	31.88	4.51	94.90	12.25	66.12	Jones	32.35	21.86	74.15	24.76	49.42
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 27,40						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 28,05					

5.5.2.2.3 Ensemble de la durée du suivi

Les résultats suivants sont issus de la somme des moyennes obtenues par période :

- Test non paramétrique : Moyenne sur le parc = 96,86
- Test paramétrique : Moyenne sur le parc = 97,24

5.5.2.3 Comparaison avec la mortalité estimée dans le rapport

L'analyse de la mortalité réalisée par nos soins au sein de ce rapport nous a permis de calculer une moyenne de **198 chauves-souris impactées** au cours du suivi de 2018 et 2019 pour les 9 éoliennes du parc El Singla. Cette estimation est sensiblement supérieure aux valeurs estimées par l'application fournie par le CNRS de Montpellier (facteur supérieur à 2).

Le résultat obtenu au sein du rapport est toutefois compris dans l'intervalle de confiance à 95 % de l'application, c'est-à-dire inclus entre la valeur minimale de 30 (moyenne des IC 2,5 pour la somme des périodes A et B des tests non paramétriques) et la valeur maximale de 251 (moyenne des IC 97,5 pour la somme des périodes A et B des tests paramétriques). Ainsi la valeur issue de notre calcul dans le corps du rapport appartient à une valeur haute de la mortalité potentielle estimée par l'application du CNRS.

Notons que peu de différences existent d'une part, entre les résultats des tests non paramétrique et paramétrique et d'autre part, entre les résultats issus de la prise en compte globale de la durée du suivi et la somme des résultats issus de la séparation par périodes de prospectabilité.

5.5.3 Estimation de la mortalité de l'avifaune

5.5.3.1 Application à l'ensemble de la mortalité du parc

Le tableau suivant résume les résultats de l'application proposée par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier pour les oiseaux trouvés sur le parc éolien El Singla sans prendre en compte les périodes A et B définies dans le présent rapport, dans le cadre d'un test non paramétrique et dans le cadre d'un test paramétrique.

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	6.71	0.00	21.51	2.20	14.58	Erickson	7.23	3.07	20.08	4.14	13.53
Huso	7.85	0.00	23.05	2.58	16.13	Huso	8.39	3.92	22.30	5.09	14.76
Winkelmann	30.12	0.00	151.46	8.94	81.74	Winkelmann	30.92	13.89	69.79	18.31	52.70
Jones	9.50	0.00	36.75	3.02	21.65	Jones	10.04	4.35	42.79	5.79	20.46
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 8,02						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 8,55					

5.5.3.2 Application de la mortalité du parc par période de prospection

Les tableaux suivants résument les résultats de l'application proposée par les chercheurs A. Besnard et C. Bernard du CNRS de Montpellier pour les oiseaux en période A et B définies dans le présent rapport, ainsi que la somme des mortalités relatives à chacune d'elles pour correspondre à la mortalité estimée sur l'ensemble de la durée de suivi.

Rappelons qu'entre les périodes A et B, le facteur qui diffère est le pourcentage de la surface prospectée (l'intervalle de temps entre les passages est le même). Au vu des trois tests d'efficacité et de disparition des cadavres réalisés dans le cadre de ce suivi de la mortalité, il a été choisi d'utiliser les résultats de l'ensemble des tests pour les périodes A et B.

5.5.3.2.1 Période A

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	2.59	0.00	11.50	0.00	7.39	Erickson	2.93	0.36	24.06	0.76	11.07
Huso	3.04	0.00	12.34	0.00	8.34	Huso	3.40	0.42	28.25	0.91	12.66
Winkelmann	11.09	0.00	72.89	0.00	42.52	Winkelmann	12.16	1.59	92.07	3.34	45.25
Jones	3.55	0.00	18.52	0.00	10.99	Jones	4.17	0.49	39.52	1.07	16.90
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 3,06						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 3,50					

5.5.3.2.2 Période B

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90	Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	3.86	0.00	14.14	0.00	9.25	Erickson	4.18	1.33	14.98	1.97	9.11
Huso	4.52	0.00	15.06	0.00	10.23	Huso	4.84	1.65	17.03	2.39	10.08
Winkelmann	16.93	0.00	93.10	0.00	50.78	Winkelmann	17.87	5.93	54.10	8.59	36.39
Jones	5.45	0.00	23.22	0.00	13.57	Jones	5.86	1.87	30.46	2.75	13.91
Test non paramétrique						Test paramétrique					
Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 4,61						Mortalité moyenne estimée sur le parc éolien : 4,96					

5.5.3.2.3 Ensemble de la durée du suivi

Les résultats suivants sont issus de la somme des moyennes obtenues par période :

- Test non paramétrique : Moyenne sur le parc = 7,67
- Test paramétrique : Moyenne sur le parc = 8,46

5.5.3.3 Comparaison avec la mortalité estimée dans le rapport

L'analyse de la mortalité réalisée par nos soins au sein de ce rapport nous a permis de calculer une moyenne de **12,3 oiseaux impactés** au cours du suivi de 2018 et 2019 pour les 9 éoliennes prospectées du parc El Singla. Cette estimation est proche et relève du même ordre de grandeur que les valeurs estimées par l'application fournie par le CNRS de Montpellier.

Le résultat obtenu au sein du rapport est ainsi compris dans l'intervalle de confiance à 95 % de l'application, c'est-à-dire inclus entre la valeur minimale de 0 (moyenne des IC 2,5 pour la somme des périodes A et B des tests non paramétriques) et la valeur maximale de 52 (moyenne des IC 97,5 pour la somme des périodes A et B des tests paramétriques). Ainsi la valeur issue de notre calcul dans le corps du rapport appartient à une valeur relativement basse de la mortalité potentielle estimée par l'application du CNRS.

Notons que, comme pour l'utilisation de l'application pour les chauves-souris, peu de différences existent entre les deux tests ainsi qu'entre les résultats issus de la prise en compte globale de la durée du suivi et la somme des résultats issus de la séparation par périodes de prospectabilité.

5.7 Annexe 5 - Bibliographie

5.7.1 Ouvrages, articles, revues

- ABIES - 2013 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune de juin à octobre 2012 et en janvier 2013.
- ABIES - 2013 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité des chiroptères de juin à octobre 2012 et en janvier 2013.
- ABIES - 2014 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune de mars à octobre 2013.
- ABIES - 2014 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité des chiroptères de mars à octobre 2013.
- ABIES - 2015 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune de mars à octobre 2014.
- ABIES - 2015 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité des chiroptères de mars à octobre 2014.
- ABIES - 2016 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune d'avril à octobre 2015.
- ABIES - 2016 - Parc éolien de Canet (11). Suivi de la mortalité des chiroptères d'avril à octobre 2015.
- ABIES - 2016 - Parc éolien de Conilhac-Corbières (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères (mars-novembre 2015).
- ABIES - 2017 - Parc éolien de Conilhac-Corbières (11) - Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères (avril - novembre 2016).
- ABIES - 2019 - Conilhac-Corbières (11) - Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères du parc éolien - 2018.
- ABIES - 2017 - Parc éolien des Corbières-Maritimes (11) - Suivi de la mortalité de l'avifaune (août 2015 - janvier 2017).
- ABIES - 2017 - Parc éolien des Corbières-Maritimes (11) - Suivi de la mortalité des chiroptères (août 2015 - août 2016).
- ABIES - 2012 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de l'impact sur l'avifaune de la première année de fonctionnement (2011-2012).
- ABIES - 2012 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de l'impact « mortalité » des chiroptères de la première année de fonctionnement (2011).
- ABIES - 2013 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune de mars à octobre 2012 et en janvier 2013.
- ABIES - 2013 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité des chiroptères de mars à octobre 2012.
- ABIES - 2015 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune de mars à octobre 2014.
- ABIES - 2015 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité des chiroptères de mars à octobre 2014.
- ABIES - 2016 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune d'avril à octobre 2015.
- ABIES - 2016 - Parc éolien de Cruscades (11). Suivi de la mortalité des chiroptères d'avril à octobre 2015.
- ABIES - 2016 - Parcs éoliens de Luc-sur-Orbieu et de Plaine de l'Orbieu (11). Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères (avril-octobre 2015).
- ABIES - 2017 - Parc éolien de la Plaine de l'Orbieu (11) Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères (fin avril - début novembre 2016).
- ABIES - 2017 - Parc éolien de Roquetaillade (11) - Suivi de la mortalité de l'avifaune (mars - novembre 2016).
- ABIES - 2017 - Parc éolien de Roquetaillade (11) - Suivi de la mortalité des chiroptères (mars - novembre 2016).
- ABIES - 2017 - Parc éolien de l'Ensemble Eolien Catalan (66) - Suivi de la mortalité de la faune volante & suivi des habitats naturels - 2016.
- ABIES - 2018 - Parc éolien de l'Ensemble Eolien Catalan (66) - Suivi mortalité de la faune volante & suivi des habitats naturels sur la tranche 2 du parc éolien - 2017.
- ABIES - 2019 - Ensemble Eolien Catalan (66) - Suivi mortalité de la faune volante sur la tranche 1 du parc éolien - 2018.
- ABIES - 2019 - Calmont (31) - Suivi mortalité de la faune volante du parc éolien - 2018.

ABIES - 2019 - Parc éolien du Puech Cornet (81) regroupant les deux parcs éoliens du Margnès et de Singladou - Suivi mortalité de l'avifaune du parc éolien - 2018.

ABIES - 2019 - La Bruyère (11) - Suivi mortalité de la faune volante du parc éolien - 2019.

ANDRE Y., LPO - 2004 (revu en 2005 et 2009) - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune.

ARNETT E.B. & al. - 2005 - Relationships between Bats and Wind turbines in Pennsylvania and West Virginia.

ARNETT E.B. & al. - 2009 - Effectiveness of Changing Wind Turbine Cut-in Speed to Reduce Bat Fatalities at Wind Facilities.

ARTHUR L. & LEMAIRE M. - 2009 - Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope - MNHN (Parthénopé).

AVES environnement et GCP - 2008 - Evaluation ponctuelle de la mortalité des Chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, commune de Saint-Martin-de-Crau (13), 15 août - 2 octobre 2008.

AVES - 2010 - Etude de la mortalité des chiroptères du Mas de Leuze. Rapport Energie delta.

BEUCHER Y., KELM V. & al. - 2013 - Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris : Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011).

BRINKMANN R. - 2011 - Développement de méthodes pour étudier et réduire le risque de collision de chauves-souris avec les éoliennes terrestres. Environnement et espaces vol. 4 (Cuivillier, Göttingen).

CORNUT J. & VINCENT S., LPO - 2010 - Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud Rhône-Alpes.

DULAC P., LPO - 2008 - Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan des 5 années de suivi.

DULAC P., LPO - 2009 - Programme de validation du dispositif Chirotech sur le parc éolien de Bouin. Suivi de la mortalité des chauves-souris 2008-2009.

DULAC P., LPO - 2009 - Évaluation de l'impact du parc éolien de l'Espinassière (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan des 3 années de suivi.

HULL C.L. & MUIR S. - 2012. Search areas for monitoring bird and bat carcasses at wind farms using a Monte-Carlo model. Australasian Journal of Environmental Management 17 (2).

HUSO M. & DALTHORP D. - 2014. Accounting for unsearched areas in estimating wind turbine-caused fatality. Journal of Wildlife Management 78 (2).

JONES & al. - 2009 - Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain : Phase 1 Final Report. Bat Conservation Trust.

LEUZINGER Y. & al. - 2008 - Eoliennes en Suisse, mortalité de chauves-souris. Natura biologie appliquée.

RYDELL J. & al. - 2010 - Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. Acta Chiropterologica 12 (2).

Williamson T., LPO - 2011 - Evaluation de l'impact du parc éolien de Rochereau (Vienne) sur l'avifaune de plaine. Comparaison entre l'état initial et les trois premières années de fonctionnement des éoliennes. Rapport final 2007-2010.

5.7.2 Ressources informatiques et Internet :

Site de la DREAL Occitanie : <http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/>

Site pour l'Estimation des mortalités induites par les éoliennes réalisée par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive et le CNRS de Montpellier : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/>

Site de Géoportail : <http://www.geoportail.fr/>

Site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) : <http://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

Site de Land Brandenburg : <http://www.lugv.brandenburg.de>

Sites de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) :

- Comité français de l'UICN : <http://www.uicn.fr/>
- IUCN Red List of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/>

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien d'El Singla faisant l'objet de ce rapport (Abies, 2018)	8
Carte 2 : Occupation du sol sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2019)	20
Carte 3 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2019) .	21
Carte 4 : Occupation du sol sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2019)	22
Carte 5 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2019) .	23
Carte 6 : Occupation du sol sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2019)	24
Carte 7 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2019) .	25
Carte 8 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E1, E2 et E4 (source : Abies, 2019)	28
Carte 9 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E6, E7 et E9 (source : Abies, 2019)	29
Carte 10 : Localisation des cadavres d'oiseaux découverts sous les éoliennes E2, E3 et E7 (source : Abies, 2019)	36

Figures

Figure 1 : Représentation schématique de la recherche de cadavres sous une éolienne par transects concentriques (largeur de transects de 5 à 10 m) - d'après le Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres - révision 2018	12
Figure 2 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (Abies)	26
Figure 3 : Répartition des cadavres de chauves-souris par éolienne (source : Abies, 2019)	27
Figure 4 : Répartition temporelle des mortalités de chauves-souris sur le parc éolien El Singla (Abies, 2019)	30
Figure 5 : évolution des estimations de mortalité entre la période A et la période B (tests non paramétriques)	34
Figure 6 : Répartition temporelle des mortalités d'oiseaux identifiées sous les éoliennes du parc éolien El Singla (Abies, 2019)	35

Illustrations

Illustration 1 : Comparaison entre une chauve-souris et un jouet noir en peluche utilisé lors des tests d'efficacité - les jouets permettent de bien représenter les cadavres de chauves-souris (source : Abies)	14
Illustration 2 : Jouet noir en peluche remplacé par un bébé rat pour simuler une chauve-souris lors du test de disparition (source : Abies).....	14
Illustration 3 : Marquage de l'emplacement de cadavres-tests de souris, poussin et caille sur le parc d'El Singla (source : Abies, 2019)	14

Tableaux

Tableau 1 : Calendrier des passages effectués pour le suivi mortalité du parc éolien El Singla (Abies, 2019)	11
Tableau 2 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)	12
Tableau 3 : Surfaces prospectables par éolienne sur le parc (source : Abies)	19
Tableau 4 : Espèces de chauves-souris identifiées et statut de conservation et de protection (Abies)	26
Tableau 5 : Evaluation de la sensibilité à l'éolien des espèces de chauves-souris retrouvées (Abies)	26
Tableau 6 : Répartition des cadavres de chauves-souris selon la distance au mât des éoliennes (Abies)	27
Tableau 7 : Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris par période d'activité (Abies)	30
Tableau 8 : Caractéristiques du plan de bridage des éoliennes de la Bruyère en faveur des chauves-souris (Abies, d'après Altifaune)	30
Tableau 9 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)	31
Tableau 10 : Paramètres de détection et de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies)	31
Tableau 11 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies)	31
Tableau 12 : Calcul du coefficient correcteur pour chaque période définie au cours du suivi de la mortalité (Abies)	32
Tableau 13 : Paramètres des estimations de la mortalité des chauves-souris (Abies) ...	32
Tableau 14 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des chauves-souris survenue durant la période de suivi (Abies, 2019)	33
Tableau 15 : Espèces d'oiseaux retrouvées en 2018 et statut de conservation et protection (Abies, 2019)	34
Tableau 16 : Définition des périodes de calculs lors du suivi 2018-2019 (Abies)	37
Tableau 17 : Paramètres de détection et de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies)	37
Tableau 18 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies, 2018)	37
Tableau 19 : Paramètres des estimations de la mortalité des oiseaux (Abies)	38
Tableau 20 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des oiseaux survenue durant la période de suivi (Abies)	39
Tableau 21 : Calendrier des prospections de terrain et condition météorologiques (source : Abies)	46

