

2 SUIVI DE LA MORTALITÉ DE LA FAUNE VOLANTE

Parc éolien d'El Singla (66) - Suivi mortalité de la faune volante - Cycle annuel 2020

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

Février 2021



Maître d'ouvrage : ENGIE GREEN

Intervenants Abies :

- Contrôle qualité : Paul NEAU
- Coordination et rédaction : Eliot UGNON-COUSSIOZ
- 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.....	8
2	METHODOLOGIE DU SUIVI DE LA MORTALITE	10
2.1	Choix d'un protocole standardisé	12
2.2	Calendrier des prospections de terrain	12
2.3	Protocole de recherche des cadavres	13
2.4	Identification des cadavres	13
2.5	Estimation du taux de mortalité	14
2.6	Limites méthodologiques.....	16
3	RESULTATS DU SUIVI DE LA MORTALITE	18
3.1	Occupation du sol des surfaces prospectées	20
3.2	Bilan de la mortalité des chiroptères	27
3.3	Bilan de la mortalité de l'avifaune	35
4	CONCLUSION	40
4.1	Conclusion sur la mortalité des chiroptères.....	42
4.2	Conclusion sur la mortalité de l'avifaune.....	44
5	ANNEXES	46
5.1	Annexe 1 - Caractéristiques des prospections de suivi de la mortalité.....	48
5.2	Annexe 2 - Présentation des données brutes de mortalité par ordre chronologique...	49
5.4	Annexe 3 - Fiche de terrain utilisée lors du suivi de la mortalité	52
5.5	Annexe 4 - résultats de l'application d'estimation de la mortalité réelle de A. Besnard et C. Bernard (CNRS de Montpellier).....	53
5.7	Annexe 5 - Bibliographie	55
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	57

1 AVANT-PROPOS

1.1	Configuration du parc et objet du rapport	7
1.2	Contexte réglementaire et objectifs des suivis réalisés	7
1.2.1	Suivis précédents (mi-2018 à 2019).....	7
1.2.2	Objectifs des suivis réalisés en 2020.....	8
1.3	Contexte environnemental.....	8

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 du cycle annuel de suivi de la mortalité réalisé en 2020, de mi-avril à début novembre.

1.2 Contexte réglementaire et objectifs des suivis réalisés

1.2.1 Suivis précédents (mi-2018 à 2019)

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 du parc a été confié en milieu d'année 2018 au bureau d'études ABIES par le maître d'ouvrage.

Ce suivi de mortalité s'insérait 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.

Les suivis se sont déroulés la première année (2018) entre fin juillet et fin octobre. Suite à la découverte d'un cadavre de Molosse de Cestoni, 4 passages ont été réalisés en janvier 2019 puisque cette espèce peut être active en période hivernale. Enfin, l'année 2019 a été prospectée plus longuement, de début mai à fin octobre.

1.2.1.1 Avifaune

Concernant l'avifaune, seuls trois cadavres ont été trouvés en 2018-2019 sous les 9 éoliennes du parc éolien El Singla (Pie-grièche écorcheur, Hironnelle 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'Hironnelle de fenêtre, qui présente, comme la Pie-grièche, le statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale.

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

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)

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 en 2018-2019 n'ont pas justifié la mise en place de nouvelle mesure de régulation (mortalités globalement ponctuelles pouvant être considérées comme accidentelles).

1.2.1.2 Chiroptères

Au total, 29 chauves-souris (dont deux vivantes) appartenant à sept espèces différentes ont été trouvées sous six des neuf éoliennes du parc entre mi 2018 et fin 2019. 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.

En effet, entre la mi 2018 et la fin Aout 2019, 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 dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du parc s'est révélé insuffisant avec une mortalité importante et concentrée sur les éoliennes E7 et E9 (19 individus sur 21 récoltés durant ce laps de temps).

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 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 individus ont encore été trouvés lors de son fonctionnement à l'automne 2019 (à comparer aux 14 individus obtenus simplement sur les mois de septembre-octobre 2018).

Tableau 1 : Paramètres de bridages initiaux (mi-2018 à mi-2019) (Source : Altifaune)

Eoliennes	Période		Température	Vitesse de vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
Ensemble du parc	15 avril	15 octobre	Paramètre non inclus	< 5,5 m/s	Coucher du soleil	5 h

Tableau 2 : Paramètres de bridage affinés au 30/08/2019 (source : Altifaune)

Eoliennes	Période		Température	Vitesse de vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
E2, E3, E4, E5, E6 et E8	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 5 m/s	Coucher du soleil	2 h
	1 ^{er} Aout	15 octobre			Coucher du soleil	2 h
E1	15 avril	15 mai		< 5,5 m/s	30 min avant le coucher du soleil	3 h
	1 ^{er} Aout	15 octobre			Coucher du soleil	2 h
E7	15 avril	15 mai		< 6 m/s	30 min avant le coucher du soleil	3 h
	15 juillet	15 octobre			Coucher du soleil	2 h
E9	15 avril	15 mai	< 6 m/s	Coucher du soleil	2 h	
	15 mai	15 juillet		30 min avant le coucher du soleil	3 h	
	15 juillet	15 octobre		30 min avant le coucher du soleil	4 h	

Sur l'ensemble de la période suivie et en considérant le renforcement du bridage du 30/08/2019, la mortalité 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), a donné une moyenne de 198 chauves-souris (fourchette de 166 à 229 selon les calculs) sur les neuf éoliennes prospectées en 2018-2019, soit près de 5 chauves-souris mortes par semaine sur l'ensemble du parc.



Cette estimation est à considérer au regard du fait que la période automnale a concentré la grande majorité des mortalités brutes constatées sur le parc. Les 198 chauves-souris impactées estimées auraient donc eu tendance à se concentrer sur cette période de l'année.
 La répartition temporelle des cadavres de chiroptères découverts en 2018 et 2019 est présentée plus en détail en Figure 4 : Répartitions temporelles des cadavres de chiroptères découverts en 2018-2019 (ci-dessous) et 2020 (ci-après) (Abies, 2020) partie 3.2.3.1, et comparée aux résultats obtenus en 2020.

1.2.2 Objectifs des suivis réalisés en 2020

Au vu des cas de mortalités de chiroptères constatés en 2018-2019, le plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris a été de nouveau amélioré et reconduit lors du cycle biologique 2020 et son efficacité suivie dans le cadre d'un nouveau suivi de la mortalité sur le parc éolien d'El Singla. Le suivi continu de l'activité en altitude des chiroptères a également été reconduit en 2020 sur 3 éoliennes afin de poursuivre l'analyse des interrelations entre activité des chiroptères, paramètres de bridage et mortalité constatée.

Ce nouveau plan de bridage, qui a justement été conçu en mutualisant les résultats du suivi de la mortalité de la faune volante sur le parc et du suivi de l'activité des chiroptères en altitude³, est le suivant :

Tableau 3 : Paramètres de bridage mis en place sur le cycle annuel 2020 (Source : Altifaune)

Eolienne	Période		Température	Vitesse du vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8	15 avril	30 juin	> 10 °C	< 5 m/s	Coucher du soleil	2 h
	1er juillet	31 juillet		< 5,5 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 5 m/s		2 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		2 h
E7	15 avril	30 juin		< 6 m/s		2 h
	1er juillet	31 juillet		< 6,5 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		2 h
E9	15 avril	30 juin		< 6 m/s		2 h
	1er juillet	31 juillet		< 7 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		2 h

L'objectif du suivi de la mortalité sur le cycle annuel 2020 est donc de mesurer l'impact du parc éolien sur la faune volante avec ces paramètres de bridage nouvellement ajustés, puis, en fonction des résultats obtenus et en les corrélant à ceux du suivi en altitude de l'activité des chiroptères, de les ajuster à nouveau si nécessaire.

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. Il s'agit d'E70/2300 de la société Enercon.

³ La justification détaillée de ce paramétrage, qui s'appuie sur résultats du suivi de mortalité 2019 sur les enregistrements acoustiques réalisés la même année, est à retrouver dans les rapports de suivis 2019.

Le diamètre du rotor des éoliennes est de 71 m, avec une hauteur de mât de 85 m. La surface balayée est de 3959 m². La hauteur maximale en bout de pale est de 120,5 m, et l'espace libre sous les pales (entre le sol et le bas de la pale) est de 49,5 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.

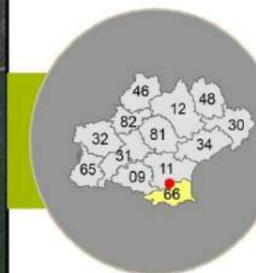


Parc éolien El Singla

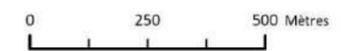
66
Pyrénées
Orientales

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	12
2.2	Calendrier des prospections de terrain	12
2.3	Protocole de recherche des cadavres	13
2.4	Identification des cadavres	13
2.5	Estimation du taux de mortalité	14
2.5.1	Formules de calcul	14
2.5.2	Détermination des coefficients correcteurs	14
2.6	Limites méthodologiques	16
2.6.1	Limites rencontrées lors des prospections de recherche des cadavres.....	16
2.6.2	Limites rencontrées lors des tests d'efficacité de recherche et de disparition des cadavres.....	16
2.6.3	Limites liées à la formule de Winkelmann	17

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 (SFEPM). 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 en 2018 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)⁴. 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).

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).

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus en 2020 des tests d'efficacité des prospecteurs et des tests de disparition des cadavres avec ceux des années précédentes, les protocoles de prospection et de test appliqués en 2020 sont les mêmes que ceux appliqués précédemment.

2.2 Calendrier des prospections de terrain

Le suivi de la mortalité sur le parc s'est déroulé de mi-avril à début novembre 2020 (semaine 16 à 45).

⁴ Yann André, LPO, avril 2004, Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune, Programme national éolien-biodiversité (ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO)

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 prénuptiale et postnuptiale.

A noter que les paramètres de bridage des éoliennes révisés (cf. Tableau 3), initialement prévus pour débuter le 15 avril 2020 (S16) n'ont pu être activés par le turbinier qu'en début de semaine 19 (début mai) du fait de difficultés liés au confinement national entraîné par la crise de la COVID-19. Le bridage en place lors des semaines 16, 17 et 18 de 2020 correspond donc à l'ancien paramétrage actualisé au 30/08/2019 (cf. Tableau 2). Toutefois, pour la période du 15 avril au 1^{er} mai, le paramétrage actualisé en 2020 est le même qu'en 2019, à l'exception de l'éolienne E1 qui passe d'un seuil de démarrage à 5,5 m/s en 2019 à 5 m/s en 2020. Le retard dans l'application du nouveau plan de bridage a donc entraîné un surplus de protection sur l'éolienne E1 comparé à ce qui était prévu pour 2020.

Le suivi a été réalisé à raison d'un passage par semaine soit un total de **30 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 4 : Calendrier des passages effectués pour le suivi mortalité du parc éolien El Singla (Abies, 2020)

Mois	Avril			Mai				Juin		
Semaines	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Périodes d'activité des oiseaux	Migration prénuptiale et nidification									
Périodes d'activité des chiroptères	Transit/migration de printemps					Mise-bas et élevage des jeunes				
Dates	17/04	24/04	30/04	07/05	13/05	19/05	26/05	02/06	10/06	15/06

Mois	Juin	Juillet					Aout				Septembre	
Semaines	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Périodes d'activité des oiseaux	Nidification	Envol des jeunes et migration postnuptiale										
Périodes d'activité des chiroptères	Mise-bas et élevage des jeunes						Swarming, pariades et transit/migration d'automne					
Dates	25/06	02/07	07/07	13/07	21/07	28/07	04/08	11/08	20/08	25/08	02/09	08/09

Mois	Septembre			Octobre				Novembre
Semaines	38	39	40	41	42	43	44	45
Périodes d'activité des oiseaux	Migration postnuptiale							
Périodes d'activité des chiroptères	Swarming, pariades et transit/migration d'automne							
Dates	16/09	24/09	01/10	06/10	13/10	20/10	30/10	06/11

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.

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.

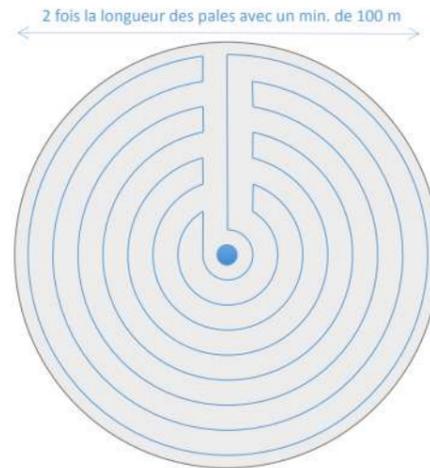


Figure 1 : Représentation schématique de la recherche de cadavres sous une éolienne par transects concentriques (largeur de transects de 5 à 10 m) - d'après le Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres - révision 2018

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*, Biotope, 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.alulawebiste.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 deux sessions de test effectués en juin et en octobre 2020 :

- **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 des oiseaux de tailles variables : poussins et cailles ; et de vrais cadavres de chauves-souris récupérés lors des suivis réalisés ce même parc éolien en 2018 et 2019. 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).

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

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

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 2 sessions en juillet et octobre 2020. Ces tests ont été effectués 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, comme les années précédentes), afin de tenir compte des différents types d'occupation du sol rencontrés sur le parc (vignes, garrigues, plateformes).

Des cadavres de chauves-souris récupérés sur le parc les années précédentes ont été utilisés. Toutefois, ne disposant pas d'assez de cadavres, des bébés rats ou blanchons de souris congelés ont également été utilisés afin de représenter des chiroptères.

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. Enfin, des poussins et des cailles ont été ajoutés pour représenter les oiseaux susceptibles d'être touchés par les éoliennes.

Le tableau suivant synthétise le type de cadavres utilisés lors de chaque session de test :

Tableau 5 : Répartition des cadavres utilisés lors des différentes sessions de tests (Abies, 2020)

	Tests d'été	Tests d'automne
Oiseaux	3 cailles et 3 poussins	3 cailles et 3 poussins
Chiroptères	6 chiroptères	3 chiroptères et 3 jouets pour chats (remplacés par 3 bébés rats pour le test de disparition)

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.

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 deux tests effectués d'une part pour les chauves-souris et d'autre part pour les oiseaux.

L'utilisation, pour moitié des cadavres de 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)

À la suite de leur dépôt et grâce au marquage mis en place (rubalise), les cadavres-test devaient être recherchés à intervalles préalablement déterminés de J+1, J+3 et J+7 puis lors des passages suivants jusqu'à leur disparition complète.

Toutefois, lors de la session de tests d'été, du fait de conditions météorologiques difficiles à J+7, le troisième passage de vérification a été avancé à J+6. La session de tests d'automne n'ayant quant à elle pas fait l'objet de difficultés particulières, les intervalles initiaux ont pu être respectés.

Les résultats à J+6 des tests d'été ont été retenus pour déterminer le taux de persistance moyen des cadavres entre deux passages sur site. Le résultat à J+7 a été retenu pour la session d'automne.

Ainsi, le taux de persistance (P) est obtenu par le rapport entre le nombre de cadavres retrouvés à J+6/7 et le nombre de cadavres déposés au départ.



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)

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 d'été : J0 le 07/07 ; J+1 le 08/07, J+3 le 10/07 ; J+6 le 13/07 ; J+9 le 16/07 ; J+14 le 21/07
- Test d'automne : J0 le 06/10 ; J+1 le 07/10 ; J+3 le 09/10 ; J+7 le 13/10 ; J+10 le 16/10 ; J+14 le 20/10

Les moyennes des deux sessions de tests ont été prise en compte pour déterminer les valeurs annuelles de P (taux de persistance des cadavres), de Z (taux d'efficacité de recherche) et de Tm (durée moyenne de persistance d'un cadavre sur site). La distinction entre les valeurs obtenues d'une part pour les chauves-souris et d'autre part pour les oiseaux reste néanmoins prise en compte dans l'analyse.

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 E9⁵, 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



Illustration 3 : Marquage de l'emplacement de cadavres-tests de chauves-souris, souris, poussin et caille sur le parc d'El Singla (source : Abies, 2020)

⁵ A noter que ces éoliennes ont été retenues pour leur représentativité des milieux présents dans les aires de prospection des 9 éoliennes du parc.

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

Pour le calcul du taux de mortalité selon les formules d'Erickson, Jones et Huso, la durée moyenne de persistance d'un cadavre (t_m) 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 (cf. chapitre 2.5.2.1). 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 :

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

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 LPO⁶, 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 n'a pas évolué au cours des prospections. Un seul coefficient correcteur surfacique a donc été calculé.

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, 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)

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. La date de découverte est donc préférée dans les analyses.

Enfin, du fait de la crise de la COVID-19, des précautions sanitaires supplémentaires ont été prises par les prospecteurs lors des découvertes de cadavres lors de la première moitié du suivi, qui coïncidait avec le début de la crise. Par conséquent, plusieurs cadavres ont été laissés sur site et n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce (Pipistrelle commune/pygmée notamment).

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. En effet, 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

⁶ « Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes », LPO Drôme, 2010.

biais dans la détermination du taux de persistance des cadavres et de la durée moyenne de persistance d'un cadavre.

Dans le cadre de ce suivi, des cadavres de chauves-souris récupérés à El Singla lors des suivis précédents ont été utilisés pour les tests d'efficacité de la recherche. Toutefois, leur nombre étant insuffisant, quelques jouets pour chat (couleur plus réaliste que les bébé rats) ont été utilisés pour compléter les effectifs, puis remplacés par des blanchons de rat lors des tests de disparition.

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 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 2 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	20
3.2	Bilan de la mortalité des chiroptères	27
3.2.1	Mortalité par espèce	27
3.2.2	Distribution spatiale des cadavres	28
3.2.3	Distribution temporelle des cadavres	31
3.2.4	Estimation du taux de mortalité	32
3.3	Bilan de la mortalité de l'avifaune	35
3.3.1	Mortalité par espèce	35
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.

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

Tableau 6 : Surfaces prospectables par éolienne sur le parc (source : Abies)

Eoliennes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Total
Surface prospectée 2020 (m ²)	2 518	4 829	4 431	2 395	4 818	4 569	4 293	4 604	6 616	39 073
% de surface prospectée en 2020	32,1 %	61,6 %	56,6%	30,6%	61,5%	58,3%	54,8%	58,8%	84,5%	55,4 %

Ce tableau montre qu'en moyenne **seulement 55,4 % 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 2020. 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. Ce taux était de 59 % en 2018 et 2019. Cette diminution s'explique par l'embroussaillage de certaines zones de garrigues désormais trop denses pour être prospectables.

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.



Plateforme sous E9 (Abies, juillet 2018)



Jeune vigne libre sous E9 (Abies, juillet 2018)



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)

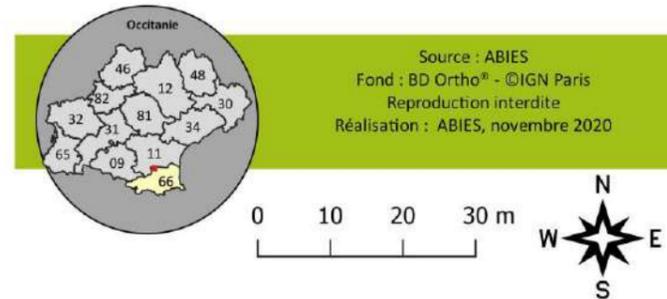
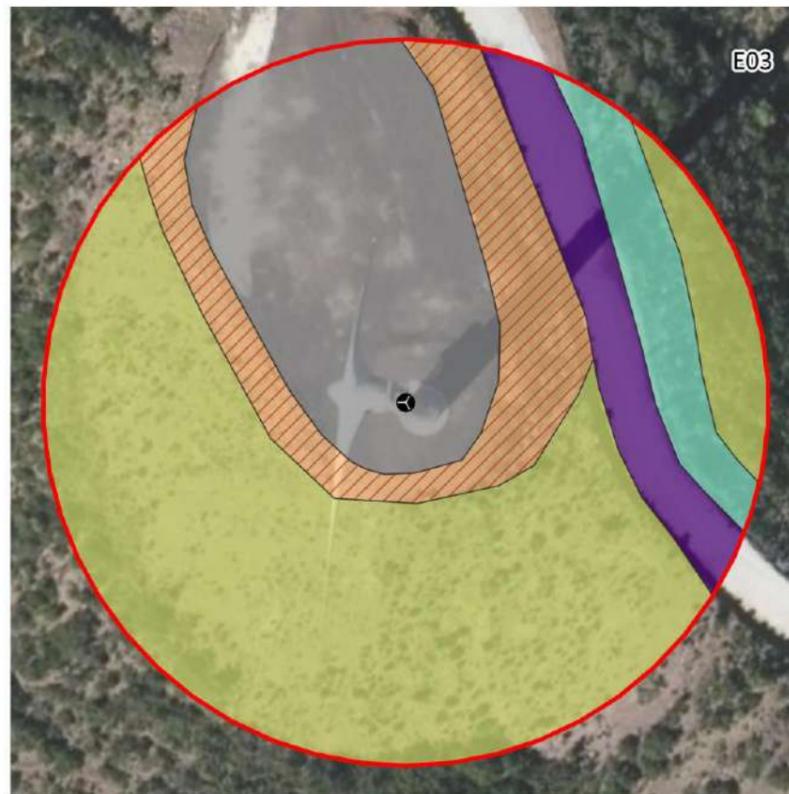


Parc éolien d'El Singla

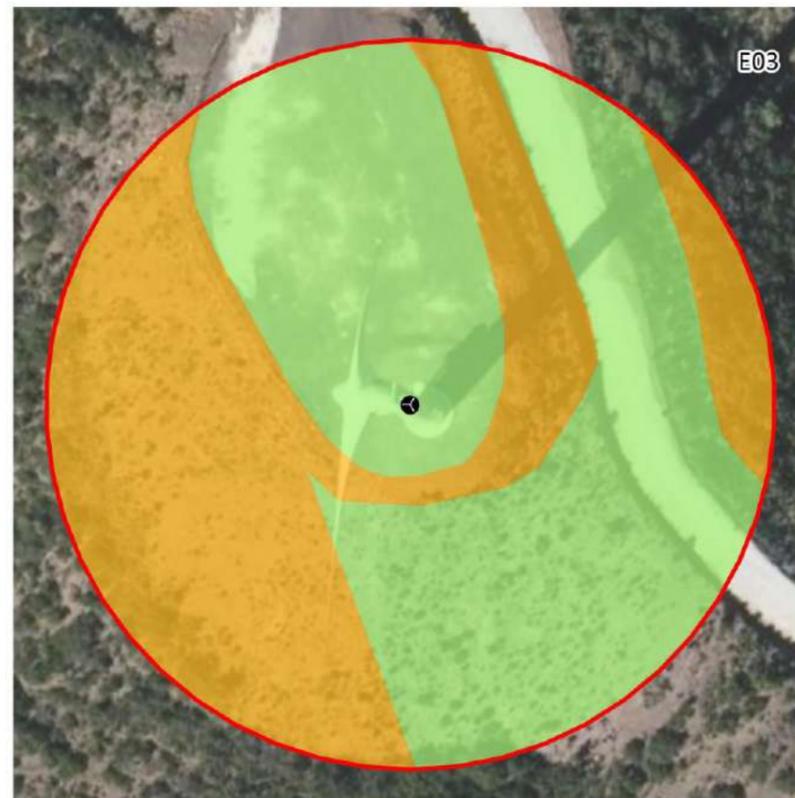


Occupation du sol 2020

- Garrigue
- Piste
- Plateforme
- Talus
- Zone remaniée
- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes



Carte 2 : Occupation du sol sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2020)

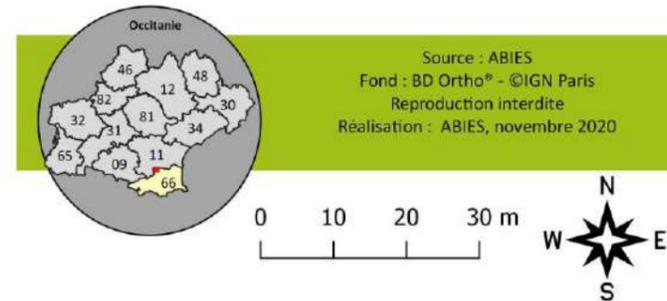


Parc éolien d'El Singla

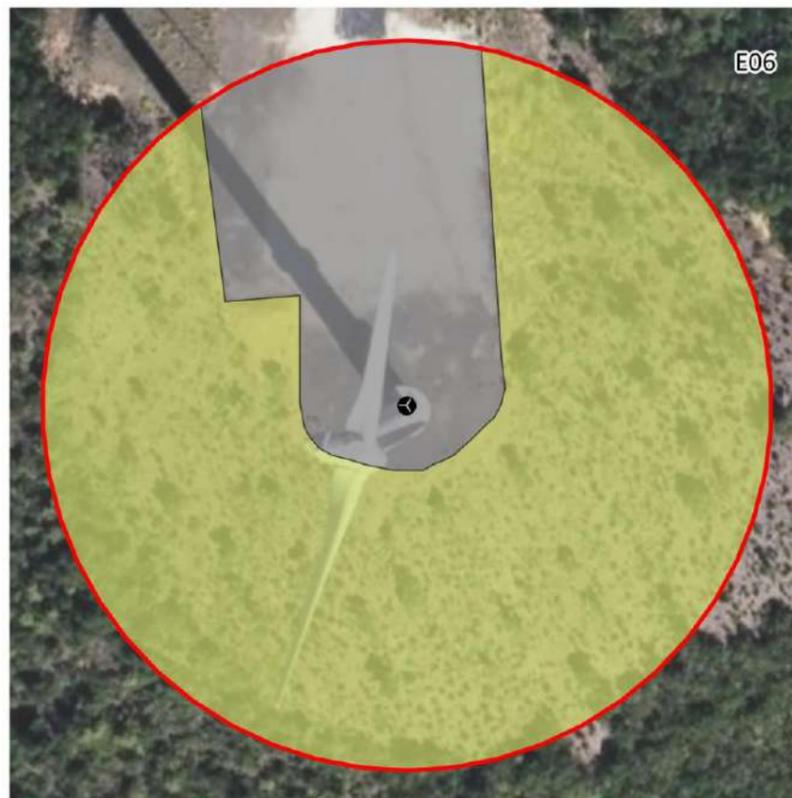


Surface prospectée 2020

- Prospectée
- Non prospectée
- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes



Carte 3 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2020)

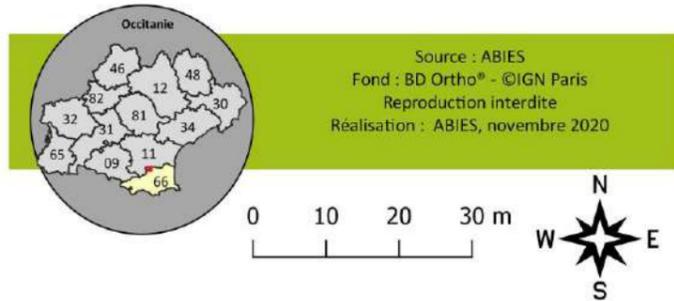


Parc éolien d'El Singla

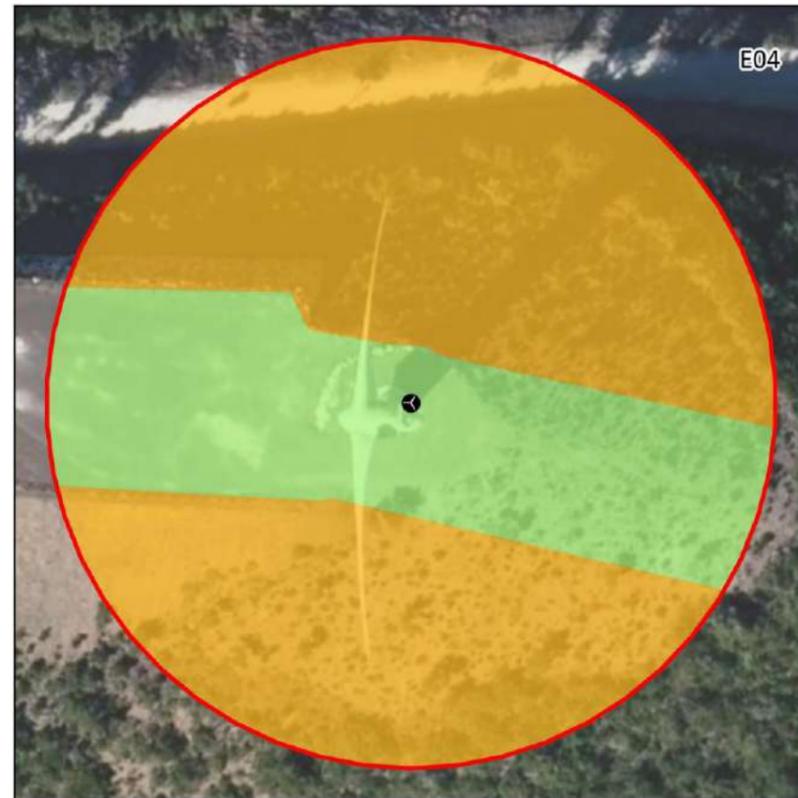


Occupation du sol 2020

- Garrigue
- Piste
- Plateforme
- Talus
- ⦿ Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes



Carte 4 : Occupation du sol sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2020)



Parc éolien d'El Singla

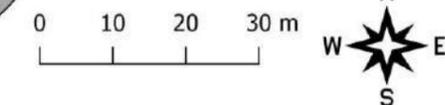


Surface prospectée 2020

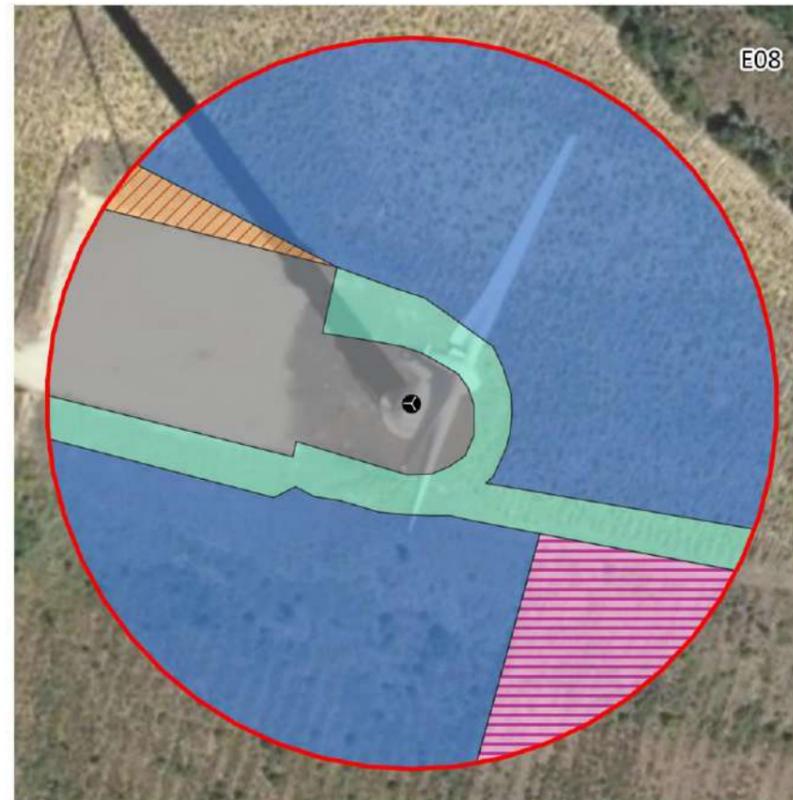
- Prospectée
- Non prospectée
- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes



Source : ABIES
Fond : BD Ortho® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES, novembre 2020



Carte 5 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2020)

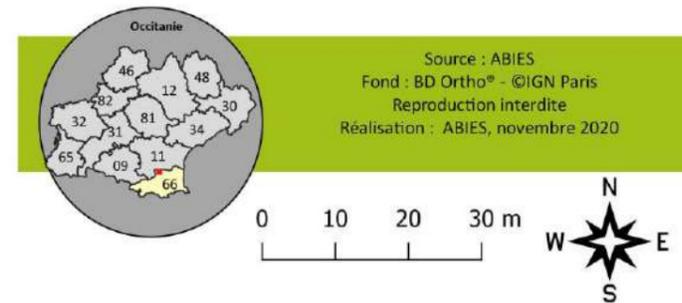


Parc éolien d'El Singla

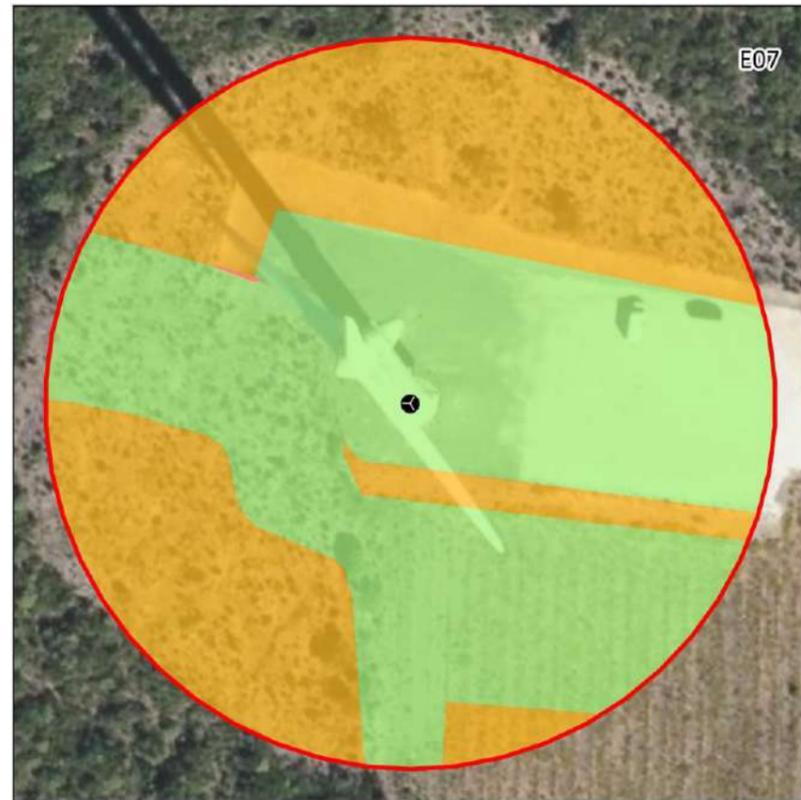


Occupation du sol 2020

- Friche
 - Garrigue
 - Piste
 - Plateforme
 - Roncier
 - Talus
 - Vigne
 - Vigne abandonnée
 - Vigne treillis abandonnée
 - Zone remaniée
-
- Eolienne
 - Eloignement de 50m autour des éoliennes



Carte 6 : Occupation du sol sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2020)

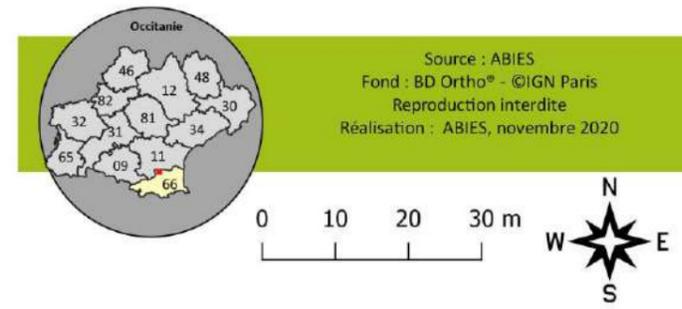


Parc éolien d'El Singla



Surface prospectée 2020

- Prospectée
- Non prospectée
- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes



Carte 7 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2020)

3.2 Bilan de la mortalité des chiroptères

Sur l'ensemble des 30 visites de terrain consacrées au suivi de la mortalité, 9 cadavres de chauves-souris ont été découverts, auxquels s'ajoute la découverte d'une chauve-souris vivante retrouvée au pied d'une éolienne (E9) qui a pu être relâchée le jour même de sa découverte, à une certaine distance de l'éolienne. Cet individu vivant a été comptabilisé comme impacté par le parc éolien au même titre qu'un cadavre puisqu'il est probable que le barotraumatisme qui l'ait fait tomber au sol et la déshydratation qui a suivi aient laissé des séquelles. Le tableau détaillé des découvertes est consultable en Annexe 2 et les cartes Carte 8 Carte 9 présentent leur localisation.

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.

Pour rappel, le suivi de la mortalité réalisé en 2018-2019 avait permis la découverte de 27 cadavres de chauves-souris et 2 chauves-souris vivantes mais probablement blessées par barotraumatisme, soit un total de 29 individus (. Bien que le suivi réalisé en 2018-2019 ait été plus long (1 an et demi), on peut tout de même constater que le nombre de cadavres retrouvés en 2020 est sensiblement inférieur à celui du suivi précédent (18 individus entre fin juillet et fin octobre 2018 ; 11 individus entre début mai et fin octobre 2019).

Il est également rappelé que le plan de bridage des éoliennes en faveur des chauves-souris a été renforcé sur la base des résultats des suivis précédents (cf. partie 1.2.2.). 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 10 chauves-souris trouvées sous les 9 éoliennes du parc éolien d'El Singla en 2020 représentent à minima 2 espèces distinctes (Pipistrelle pygmée et Vespère de Savi) et potentiellement 3 (Pipistrelle commune possible). Les individus découverts sont répartis de la sorte :

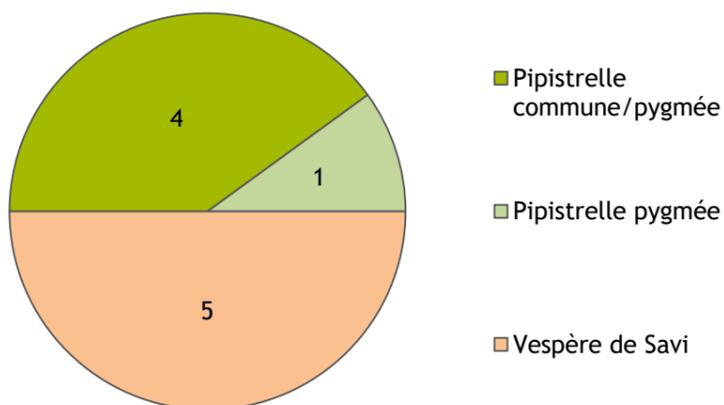


Figure 2 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce en 2020 (Abies 2020)

A noter que quatre 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.

Le tableau suivant précise les statuts de conservation et de protection des potentielles trois espèces de chiroptères retrouvées (cf. Figure 2).

Tableau 7 : 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

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

Espèce	Caractéristiques de vol	Cas de mortalité rapportés (Dürr, 23/11/2020) sur un total de 10 694 cas en Europe dont 2 861 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).	2 431 cas en Europe dont 1 012 en France	Très forte
Vespère de Savi	Vol puissant, rapide, constitué de battements d'ailes d'une grande amplitude. Vol 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

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. 741 cas en Europe dont 305 en France.

Pour rappel, 7 espèces de chauves-souris avaient été retrouvées mortes en 2018-2019 sur le parc, dont des espèces très patrimoniales et sensibles à l'éolien comme le Molosse de Cestoni et les noctules commune et de Leisler.

En 2020, seules 3 espèces moins patrimoniales ont été trouvées à nouveau (Pipistrelles commune et pygmée, Vespère de Savi). Ces trois espèces de chauves-souris peuvent pratiquer le vol à plus de 25 m de hauteur en milieu ouvert et sont donc exposées à des risques de collision/barotraumatisme. Elles sont ainsi toutes connues pour présenter, selon l'espèce, une sensibilité forte à très forte aux éoliennes.

Une des espèces impactées présente un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale, la Pipistrelle commune. Parallèlement, chacune des espèces identifiées présente un enjeu régional modéré d'après la hiérarchisation officielle des enjeux des espèces présentes en Occitanie (DREAL Occitanie, 2019).

3.2.2 Distribution spatiale des cadavres

L'analyse de la distribution spatiale des cadavres de chauves-souris montre que l'éolienne E9 ressort toujours comme étant la plus accidentogène, comptabilisant 4 des 10 cadavres de chauves-souris trouvés en 2020. Ce chiffre reste toutefois très inférieur à celui du suivi précédent, qui s'élevait à 19 cas en 2018-2019 (14 en 2018, 4 en 2019). Deux chauves-souris supplémentaires avaient également été retrouvées vivantes, et de facto non prises en compte dans les calculs d'estimation (mais bien présentes sur ce graphique).

On constate également une baisse drastique de la mortalité sur l'éolienne E7, qui passe de 6 cadavres en 2018-2019 à 0 en 2020. Aucun changement de cet ordre de grandeur n'est à constater sur le reste des éoliennes, qui présentent des scores de l'ordre de 1 à 2 cadavres maximum et une évolution de leurs cas beaucoup plus marginale. On notera malgré tout que l'éolienne E5, au pied de laquelle aucune mortalité n'a été constatée en 2018-2019, ne présente toujours pas de cas de mortalité.

Le graphique suivant illustre l'évolution de la répartition des cadavres trouvés entre 2018, 2019 et 2020 (modification du bridage fin août 2019):

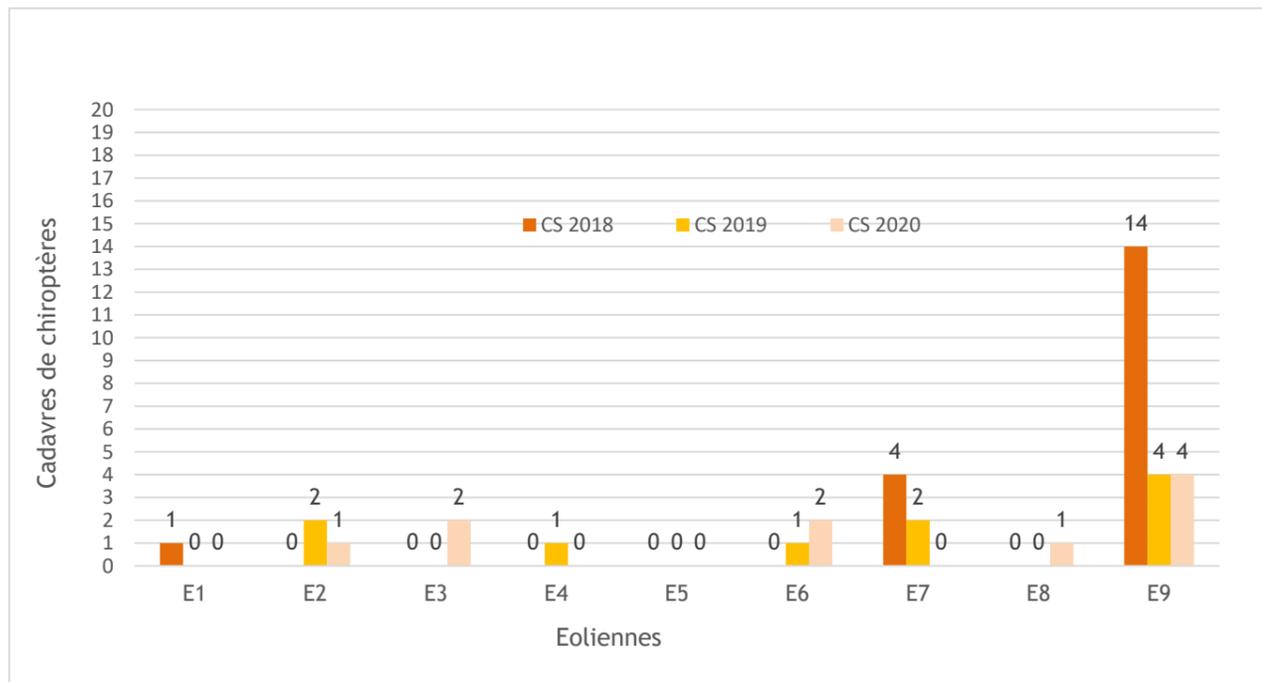


Figure 3 : Répartition des cadavres de chauves-souris par éolienne (source : Abies, 2020)

Par ailleurs, en 2020, comme le montrent les cartes en page suivante, 9 chauves-souris sur les 10 ont été trouvées sur des zones recouvertes de graves, soit au pied de l'éolienne, soit sur la plateforme ou bien les pistes d'accès (la dixième a été retrouvée dans de la vigne, au pied d'E9).

Il s'agit en effet des milieux les plus facilement prospectables car dégagés. Or, d'après les cartes d'occupation du sol (cf. Carte 2, Carte 4, Carte 6), ces zones de graves ne représentent qu'une minorité des milieux présents et prospectés. Ceci tend à démontrer que nos capacités de détection des cadavres de chauves-souris hors milieux très favorables sont limitées par la nature même du site, et qu'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 (cf. partie 3.2.4).

En 2018 et 2019, la majorité des cadavres avait également été découverte dans des zones de graves, ce qui tend à confirmer cette théorie.

Aucune majorité nette ne se dégage dans la distribution des lieux de découverte des cadavres en fonction de leur distance au mât d'éolienne, alors que les références bibliographiques indiquent généralement qu'une majorité de cadavres est trouvée proche des mâts (entre 0 et 20 m). Ces résultats s'expliquent probablement par le nombre relativement restreint de cadavres découverts (10), qui limite l'apparition de tendances dans cette distribution.

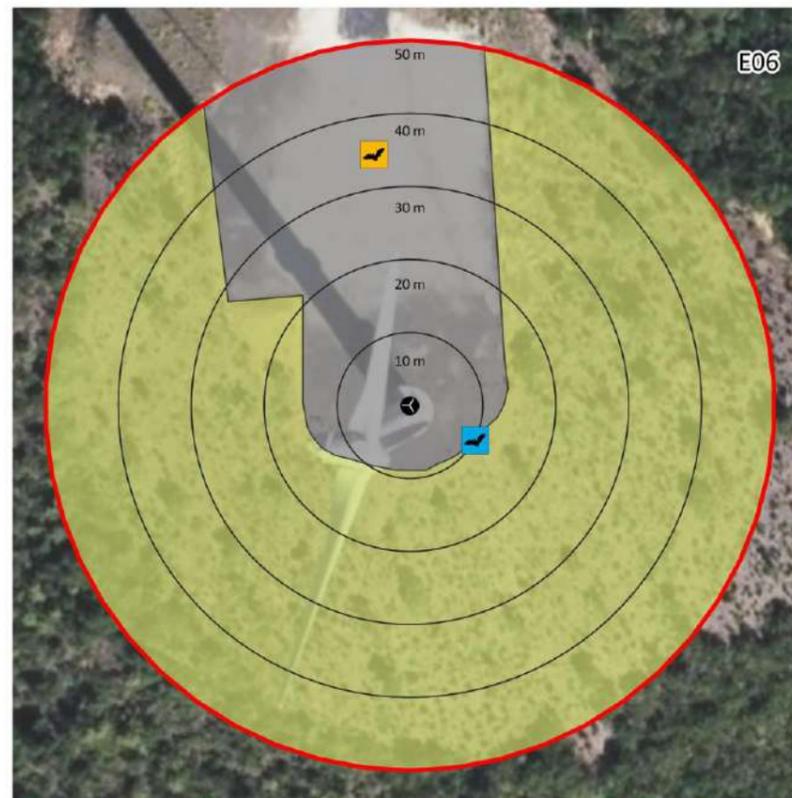
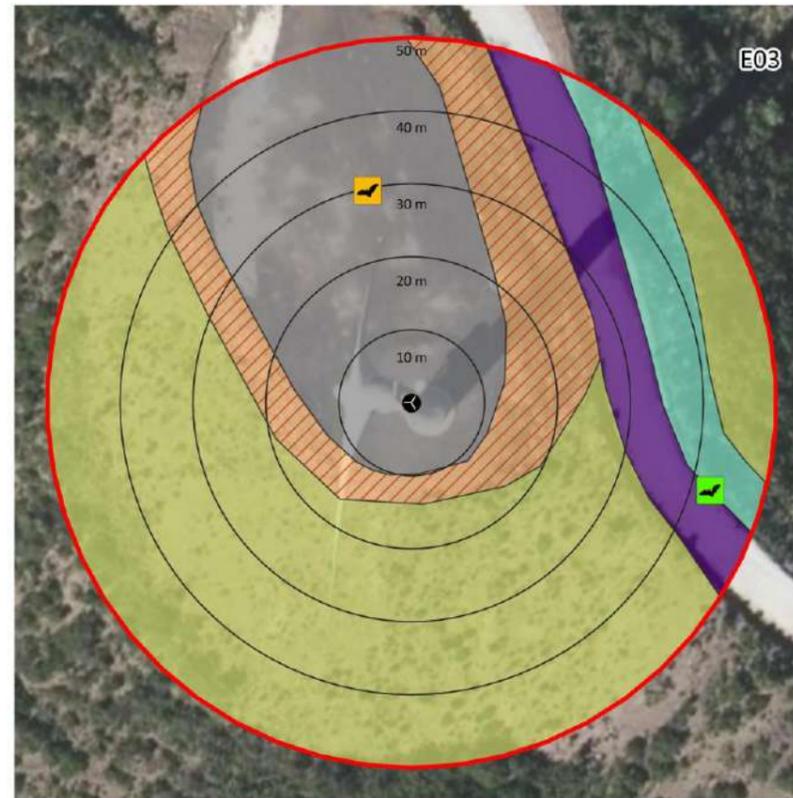
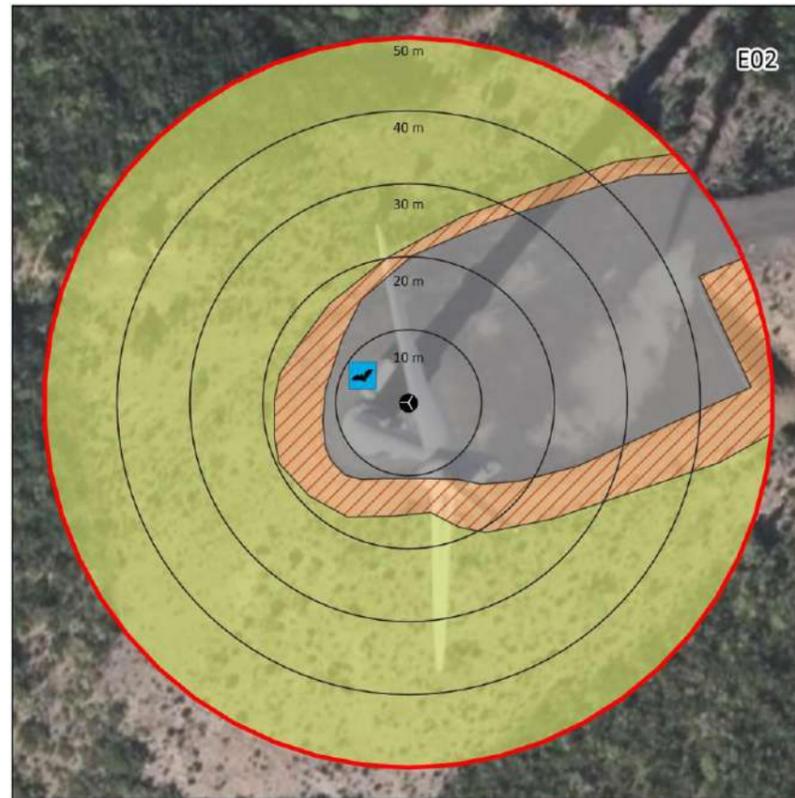
En 2018 et 2019, la répartition des cadavres au pied des éoliennes allait plus nettement dans le sens des références bibliographiques, et pourrait s'expliquer par le plus grand nombre de cadavres retrouvés qu'en 2020.

Tableau 9 : Répartition des cadavres de chauves-souris selon la distance au mât des éoliennes (Abies, 2020)

Distance au mât (m)	Nombre de cadavres	Pourcentage de cadavres
0 à 10 m	3	30 %
11 à 20 m	1	10 %
21 à 30 m	2	20 %
31 à 40 m	3	30 %
41 à 50 m	1	10 %

Une diminution importante du nombre de cadavres retrouvés au pied des éoliennes est constatable entre le suivi de 2018-2019 et celui de 2020, et notamment au pied d'E7 et d'E9 pour lesquelles les résultats sont spectaculaires. La distribution spatiale des cadavres par habitat (zones de graves) semble suivre les mêmes tendances en 2020 que les années précédentes. Enfin, le plus faible nombre de cadavres retrouvé en 2020 par rapport aux années précédentes ne permet pas cette-fois-ci de tirer de conclusions sur la distribution des cadavres en fonction de la distance au mât de l'éolienne.

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 d'El Singla



Localisation des cadavres en 2020 - Chiroptères -

Cadavre

- Pipistrelle commune/pygmée
- Pipistrelle pygmée
- Vespère de Savi

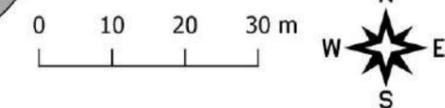
Occupation du sol

- Garrigue
- Piste
- Plateforme
- Talus
- Zone remaniée

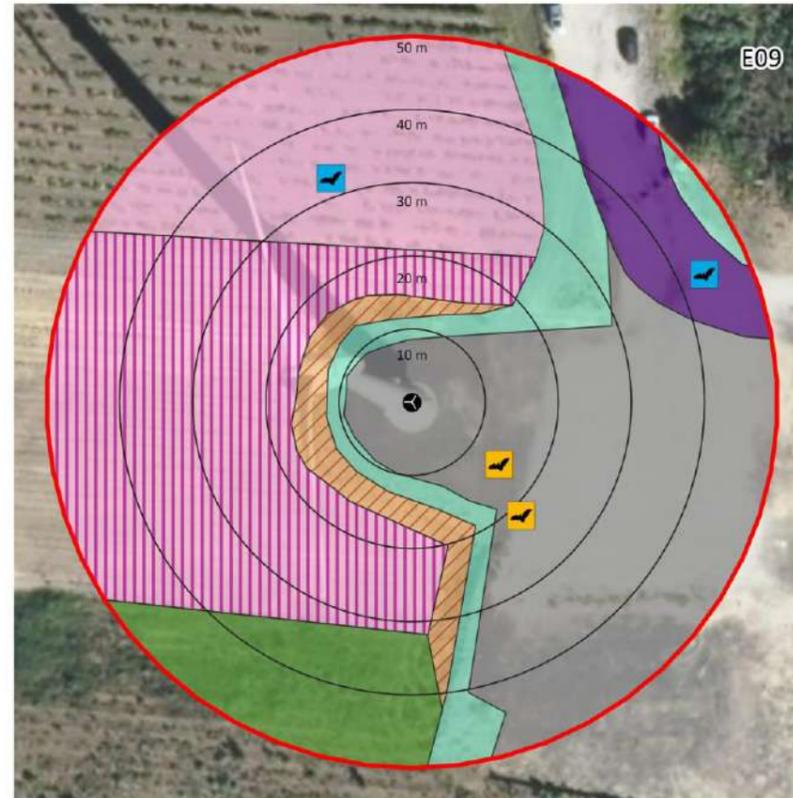
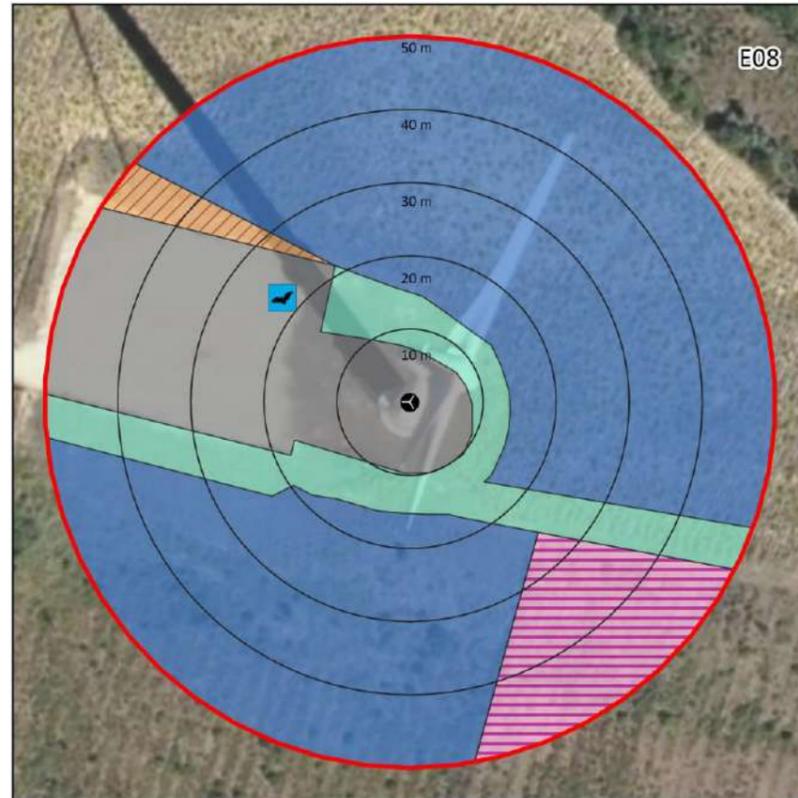
- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes
- Eloignement de 10, 20, 30, 40 et 50m des éoliennes



Source : ABIÉS
Fond : BD Ortho® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIÉS, novembre 2020



Carte 8 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E2, E3 et E6 (source : Abies, 2020)



Parc éolien d'El Singla



Localisation des cadavres en 2020 - Chiroptères -

Cadavre

- Pipistrelle commune/pygmée
- Vespère de Savi

Occupation du sol

- Piste
- Plateforme
- Roncier
- Friche
- Talus
- Vigne
- Vigne abandonnée
- Vigne treillis abandonnée
- Zone remaniée

- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes
- Rayon de 10, 20, 30, 42 et 50m autour des éoliennes

Source : ABIES
Fond : BD Ortho® - ©IGN Paris
Reproduction interdite
Réalisation : ABIES, novembre 2020

0 10 20 30 m

Carte 9 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E8 et E9 (source : Abies, 2020)

3.2.3 Distribution temporelle des cadavres

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

10 cadavres de chiroptères ont été découverts sur l'ensemble du parc éolien au cours de ce suivi ; soit environ 0,3 chauve-souris trouvée morte par semaine en valeur brute sur l'ensemble du parc.

L'ensemble des cadavres a été trouvé entre mi-avril et mi-septembre 2020. Le tableau suivant synthétise la répartition temporelle des cadavres (données brutes) en fonction des phases d'activités du cycle vital des chiroptères.

Tableau 10 : Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris par période d'activité en 2020 (Abies : 2020)

Période d'activité	Nombre de cadavres	Part de cadavres trouvés
De mi-avril à mi-mai (1 mois - 5 semaines) : Transit/migration de printemps	5	50%
De mi-mai à fin juillet (2,5 mois - 11 semaines) : Mise-bas et élevage des jeunes	3	30 %
De début août à début novembre (3 mois - 14 semaines) : Dispersion des jeunes, swarming, pariades et transit/migration d'automne	2	20 %

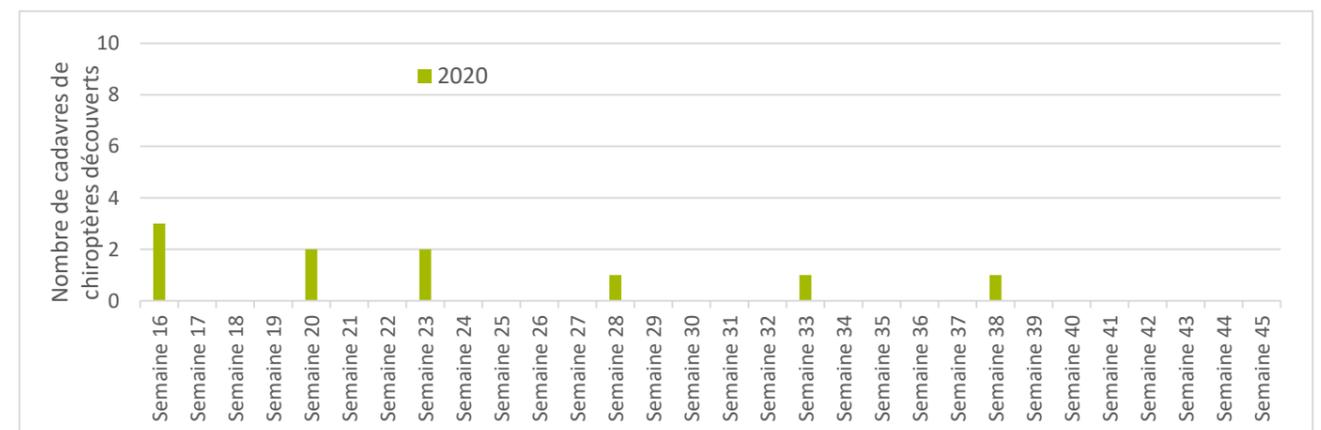
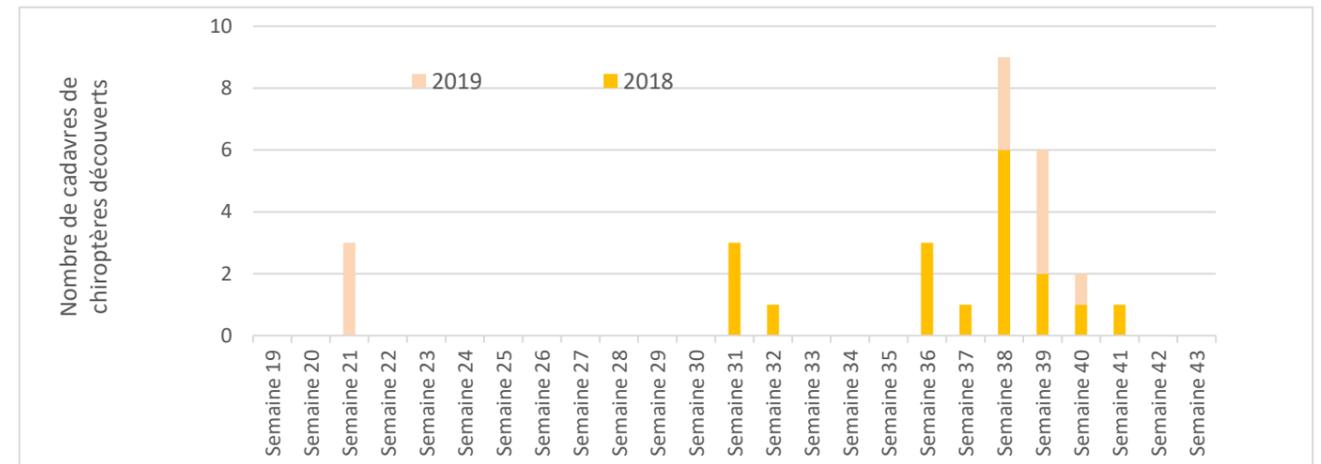
En 2020, seul 20% des mortalités de chiroptères (deux cadavres) ont été constatées en fin d'été et à l'automne 2020, qui correspond pourtant à la période de dispersion des jeunes, swarming et transit/migration automnale habituellement très accidentogène pour les chauves-souris. On peut déjà émettre l'hypothèse que le renforcement des paramètres de bridage effectué en 2020 a pu avoir un effet positif sur la mortalité des chiroptères à cette période.

Le tableau et les graphiques suivants comparent le nombre de cadavres par semaine découverts en 2018-2019 et 2020.

Tableau 11 : Evolution du nombre de cadavres par semaine découverts par période d'activité des chauves-souris entre 2018-2019 et 2020 (Abies : 2020)

Période d'activité	Nombre moyen de cadavres/semaine l'ensemble du parc éolien en 2018-2019	Nombre moyen de cadavres/semaine pour l'ensemble du parc éolien en 2020
Transit/migration de printemps	/	1 cadavre/semaine
Mise-bas et élevage des jeunes	0,3 cadavre/semaine	0,27 cadavre/semaine
Dispersion des jeunes, swarming, pariades et transit/migration d'automne	1 cadavre/semaine	0,14 cadavre/semaine

Figure 4 : Répartitions temporelles des cadavres de chiroptères découverts en 2018-2019 (ci-dessous) et 2020 (ci-après) (Abies, 2020)



Les semaines 1 à 4, prospectées en 2019 à la suite de la découverte du cadavre de Molosse de Cestoni, n'apparaissent pas sur les graphiques dans un souci de clarté (aucun cadavre n'avait été découvert lors de ces prospections). A noter également que la période automnale a été prospectée à deux reprises lors du suivi précédent, en 2018 puis en 2019 : c'est pour cette raison que la distinction est faite dans le premier graphique entre les cadavres découverts en 2018 et 2019.

Alors que les découvertes de cadavres étaient plutôt concentrées sur la fin de l'été et la période automnale en 2018-2019, la répartition temporelle des découvertes est beaucoup plus homogène au long de l'année en 2020. On observe malgré tout une légère prépondérance de la période de transit/migration de printemps dans les cas de mortalité constatées, mais d'une ampleur bien moindre que les pics de mortalité constatés à l'automne des années précédentes.

En effet, la période automnale, très impactée les années précédentes, ne présente quasiment aucun cas de mortalité en 2020.

La mortalité des chauves-souris sur le parc éolien d'El Singla en 2020 concernerait ainsi les populations locales de Pipistrelles (pygmées et potentiellement communes) et de Vespère de Savi avec des individus impactés de manière plutôt ponctuelle au long du suivi et dans une bien moindre mesure que les années précédentes. L'allongement de la période de prospection aux semaines 16, 17 et 18 a permis de mettre en évidence quelques cas de mortalité en période de transit/migration de printemps. A l'inverse, les pics de mortalités constatés à la période automnale en 2018-2019 ne se sont pas reproduits en 2020.

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.

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

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. L'intervalle moyen entre deux passages est de 7 jours sur l'ensemble de la durée du suivi.

Toutefois, lors de la session de tests d'été, du fait de conditions météorologiques difficiles à J+7, le troisième passage de vérification a été avancé à J+6. La session de tests d'automne n'ayant quant à elle pas fait l'objet de difficultés particulières, les intervalles initiaux ont pu être respectés. Les résultats à J+6 ont été retenus pour déterminer le taux de persistance moyen des cadavres entre deux passages sur site pour les tests d'été. Le résultat à J+7 a été retenu pour la session d'automne.

Il est également à noter que le labourage d'une parcelle de vigne comprise dans la zone de test de l'éolienne E9 a entraîné la disparition prématurée d'un cadavre de bébé rat simulant une chauve-souris lors du test de disparition d'automne. La vitesse de disparition de ce cadavre n'a donc pas été prise en compte dans les calculs.

Le tableau suivant synthétise les données concernant ces deux coefficients.

Tableau 12 : Paramètres de détection des cadavres de chauves-souris (Abies 2020)

	Nb de cadavres-test simulant des chiroptères déposés	Nb de cadavres trouvés lors du test d'efficacité	Taux d'efficacité de recherche (Z)
TEST 1 - été 2020	12	3	0,25
TEST 2 - automne 2020	12	5	0,42

Tableau 13 : Paramètres de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies 2020)

	Nb de cadavres-test simulant des chiroptères déposés	Nb de cadavres persistants après l'intervalle	Taux de persistance des cadavres (P)
TEST 1 - été 2020 Persistance à J+6	12	3	0,25
TEST 2 - automne 2020 Persistance à J+7	11	2	0,18

L'efficacité de recherche a été un peu meilleure à l'automne qu'en été, mais reste malgré tout assez faible (34 % en moyenne sur l'ensemble des tests).

Le taux de persistance des cadavres sur le site du parc éolien est globalement très faible (22 % de cadavres restants au bout de 6 à 7 jours en moyenne), signe d'une prédation importante.

3.2.4.1.2 Durée moyenne de persistance

Pour rappel, la durée moyenne de persistance correspond à :

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

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 ci-après présente les données utilisées pour le calcul de tm . Notons que deux 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 14 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies 2020)

TEST 1 - été 2020							
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants					Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+6	J+9	J+14	
E3	6	4	1	1	1	0	2,00
E9	6	5	4	2	0	0	3,17
Moyenne							2,58
TEST 2 - automne 2020							
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants					Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+10	J+14	
E3	6	6	0	0	0	0	0
E9	5	5	4	2	0	0	4,20
Moyenne							2,10

Ainsi, sur l'ensemble du suivi en 2020, la durée moyenne de persistance (tm) des cadavres évaluée lors des sessions de test est de 2,34 jours (contre 3,92 jours en moyenne en 2018-2019).

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 puisque peu d'individus ont été trouvés au cours du suivi de la mortalité en 2020.

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

Tableau 15 : Calcul du coefficient correcteur de surface (avifaune et chiroptères) (Abies 2020)

Cercles concentriques autour des éoliennes	2020		
	Nb de cadavres (Na)	Proportion de surface prospectée (S)	Na/S
0-10 m	3	0,96	3,14
11-20 m	2	0,75	2,65
21-30 m	2	0,67	2,98
31-40 m	3	0,52	5,77
41-50 m	2	0,40	4,95
Somme	12	-	19,49
		a =	1,62

Le coefficient de correction surfacique global (avifaune & chiroptères) a est de 1,62.

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

Paramètre	Commentaire	Valeur
Na	Nombre de cadavres dont la mort est imputable ou probablement causée par les éoliennes	9 cadavres (et un individu vivant) trouvés lors du suivi protocolaire
Z	Taux d'efficacité de recherche	Proportion moyenne de cadavres trouvés lors des deux sessions de test
P	Taux de persistance des cadavres	Proportion moyenne de cadavres restants à J+6 (test d'été) et J+7 (test d'automne)
a	Coefficient de correction surfacique (Avifaune et chiroptères)	a = 19,49/12
tm	Durée moyenne de persistance d'un cadavre	Calcul en 3.2.4.1.2
I	Durée moyenne de l'intervalle entre deux passages	Temps moyen entre deux passages
I-hat	-	I-hat = -log(0,01) x tm

Paramètre	Commentaire	Valeur
ê	Coefficient correcteur de l'intervalle	ê = Min(I:I-hat)/I
p (Jones)	Probabilité de disparition sur l'intervalle	p = e ^{-0,5 x ((Min[I:I-hat])/tm)}
p' (Huso)		p' = tm x [(1 - e ^{-(Min[I:I-hat])/tm})/(Min[I:I-hat])]
O	Nombre d'éoliennes prospectées	-
D	Nombre de semaines prospectées	-

Les quatre formules d'estimation sont présentées ci-après pour toute la durée du suivi 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 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{10}{0,22 \times 0,34} = 231,4$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi équivalente à un cycle biologique d'activité pour les chiroptères, le parc éolien d'El Singla a touché environ 231,4 chauves-souris en 2020 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 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{10 \times 7}{2,34 \times 0,34} = 142,5$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique d'activité), le parc éolien d'El Singla a touché environ 142,5 chauves-souris en 2020 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 $p = e^{-0,5 \times (\frac{Min[I:I-hat]}{tm})}$ et vaut 0,37

Ainsi, pour 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{10}{0,34 \times 0,67 \times 0,37} = 192,2$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique d'activité), le parc éolien d'El Singla a touché environ 192,2 chauves-souris en 2020 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 :

$$p' = tm \times \frac{1-e^{-\frac{Min[I;\bar{I}]}{tm}}}{Min[I;\bar{I}]}$$

et vaut 0,43

Ainsi, pour 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{10}{0,34 \times 0,67 \times 0,43} = 165,4$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi (un cycle biologique), le parc éolien d'El Singla a touché environ 165,4 chauves-souris en 2020 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 en 2020 ; celle-ci correspond à un cycle biologique d'activité complet.

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 17 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des chauves-souris survenue durant la période de suivi (Abies, 2020)

	Estimation de la mortalité en 2020 (nombre de chiroptères morts)				
	Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne
Mortalité par éolienne et par semaine	0,86	0,53	0,71	0,61	0,62
Mortalité pour l'ensemble du parc par semaine	7,71	4,75	6,41	5,51	5,56
Mortalité par éolienne sur la durée du suivi	25,71	15,84	21,36	18,38	18,52
Mortalité pour l'ensemble du parc sur la durée du suivi	231,43	142,53	192,20	165,38	166,71

En conclusion, nous obtenons une moyenne de la mortalité d'environ 0,62 chauve-souris morte par éolienne et par semaine, soit près de 5,6 chauves-souris par semaine sur l'ensemble du parc. Cela correspond à une moyenne d'environ 167 chauves-souris mortes (fourchette de 143 à 192 selon les calculs) sur le parc sur l'ensemble de la période de suivi (qui correspond à un cycle biologique d'activité pour les chiroptères).

En comparaison avec le suivi réalisé en 2018 et 2019, le taux de mortalité reste globalement constant puisqu'il était de 0,5 cadavres estimés par éolienne et par semaine, contre 0,62 en 2020. Ces valeurs, qui restent globalement élevées pour un parc éolien de 9 éoliennes, peuvent sembler assez éloignées de la mortalité brute constatée sur le parc (10 individus) mais il faut garder à l'esprit que l'activité de prédation sur le site s'est révélée encore plus importante en 2020 que lors des tests de 2018-2019, et que la surface prospectable au pied des éoliennes représente à peine plus de la moitié de la surface totale. Le faible taux de découverte de cadavres y contribue également.

Il faut toutefois souligner la différence significative dans la distribution temporelle des impacts et des espèces impactées, puisque contrairement aux années précédentes, aucun pic de mortalité n'a été constaté en période de swarming, pariades et transit/migration d'automne, et seules 2 à 3 espèces ont été impactées (7 espèces en 2018-2019).

Ainsi, les résultats obtenus en 2020 pour les chauves-souris sont en demi-teinte. D'un côté, une stabilité dans les estimations des effectifs impactés (et ce malgré une diminution du nombre de cadavres retrouvés), causée par une activité de prédation plus forte que les années précédentes. De l'autre, l'évitement quasiment total des impacts en fin d'été et d'automne (notamment sur les éoliennes E7 et E9, initialement très accidentogènes à ces périodes) et une diversité d'espèces concernées bien moindre qu'en 2018-2019, probablement imputables à l'affinage du paramétrage du bridage des éoliennes réalisé en 2020.

Des préconisations de modification des paramètres de bridage sont effectuées dans la partie 4.1, en corrélation avec les résultats du suivi acoustique en altitude.

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. Les résultats obtenus via cette application vont dans le sens de nos propres résultats et sont consultables en Annexe 4.

3.3 Bilan de la mortalité de l'avifaune

Sur l'ensemble des 30 visites de terrain consacrées au suivi de la mortalité réalisé entre mi-avril et début novembre 2020, seuls **trois restes d'oiseaux ont été découverts lors des suivis protocolaires**. Le tableau détaillé des découvertes est consultable en Annexe 2.

L'un des restes découvert à proximité de l'éolienne E8 correspond à une plumée d'une espèce de phasianidé non identifiable précisément : il s'agit soit d'une Poule domestique échappée des habitations situées en contrebas de cette même éolienne E8, soit d'une Perdrix grise issue d'un lâcher cynégétique (l'espèce n'est pas présente naturellement dans le secteur).

Dans les deux cas, la probabilité que la cause de la mortalité de cet individu soit une collision avec l'éolienne E8 est minime. Il est en effet bien plus probable que celle-ci soit imputable à une action de chasse ou bien à de la prédation (mammifère terrestre par exemple).

De ce fait, seules les deux autres mortalités constatées sur le site et imputables au parc éolien sont prises en compte dans cette analyse.

Afin de réduire efficacement les risques de collision des oiseaux avec les éoliennes, l'exploitant a mis en place un dispositif d'effarouchement 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 deux oiseaux trouvés appartiennent à deux espèces différentes : Hirondelle de fenêtre et Martinet noir.

Ces espèces présentent un statut de conservation défavorable à l'échelle nationale comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Espèces d'oiseaux retrouvées en 2018 et statut de conservation et protection (Abies, 2020)

Nom commun	Nom latin	Statut de conservation				Statut de protection	
		LR Europe	LR France	LR reg	Enjeu reg DREAL 2019	Directive « Oiseaux »	Protection nationale
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	LC	NT	LC	Faible	-	PN
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	LC	NT	LC	Faible	-	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.

Ces espèces sont connues pour être sensibles au risque de collision avec des éoliennes (source : référencement européen de Dürr, novembre 2020) :

- 411 cas de mortalité relevés en Europe pour le Martinet noir dont 121 en France ;
- 302 cas de mortalité relevés en Europe pour l'Hirondelle de fenêtre dont 12 en France.

Les deux 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. Elles présentent toutes les deux un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale mais sont classifiées dans la catégorie « Préoccupation mineure » à l'échelle régionale. Elles sont toutes les deux protégées sur le territoire français.

3.3.2 Distribution temporelle des cadavres

Le Martinet noir a été découvert en semaine 20, soit à la mi-mai 2020. Aucun individu de cette espèce n'avait été retrouvé au pied des éoliennes lors des suivis précédents. A cette période de l'année, il peut s'agir d'un individu en migration pré-nuptiale ou bien d'un oiseau local chassant sur les zones ouvertes du site.

L'Hirondelle de fenêtre a été trouvée en semaine 40, soit début octobre. Il s'agit visiblement d'un juvénile en migration automnale.

Les deux mortalités d'oiseaux mises en évidence sont réparties au printemps et à l'automne. Aucune mortalité d'oiseau n'a été constatée entre mi-mai et début octobre, ce qui correspond globalement à la période de nidification, d'envol des jeunes et au début de la migration d'automne.

3.3.3 Distribution spatiale des cadavres

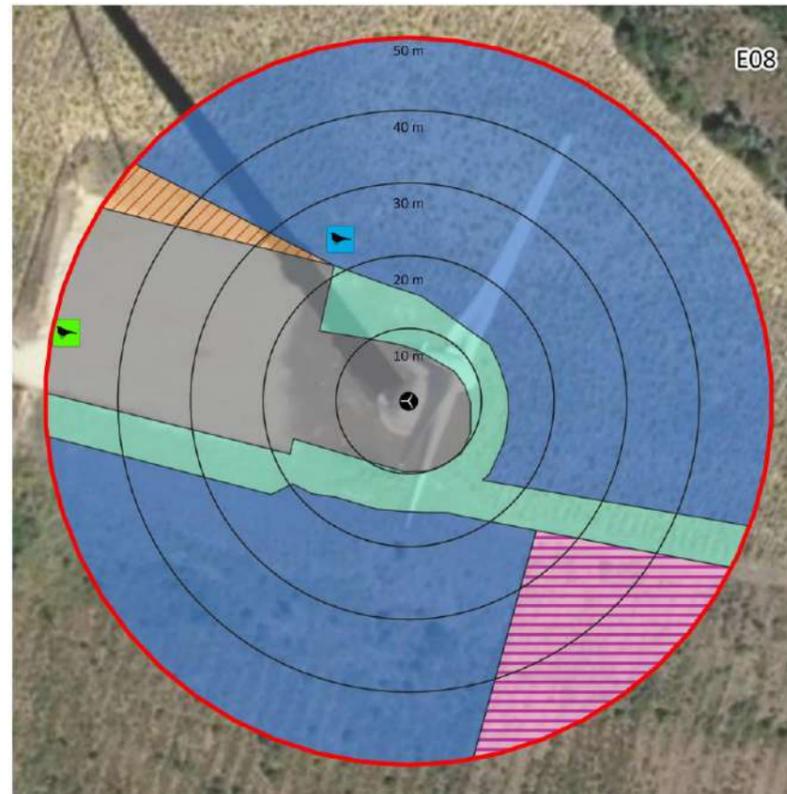
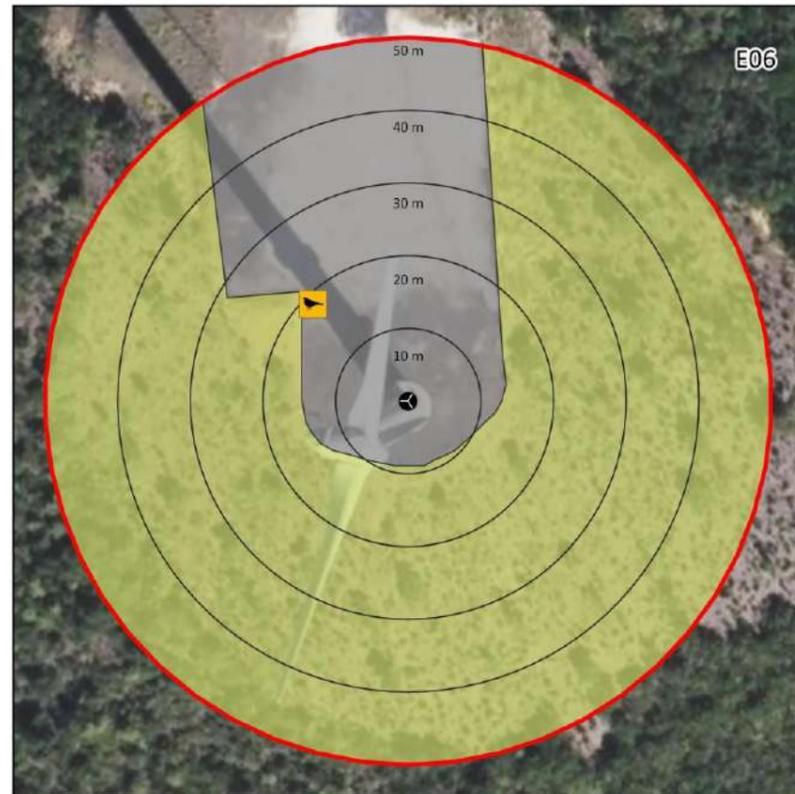
Les oiseaux découverts en 2020 sur le parc El Singla l'ont été sous les éoliennes E8 (Martinet noir) et E6 (Hirondelle de fenêtre). Le faible nombre d'oiseaux retrouvés ne permet pas de conclure de manière significative sur la distribution spatiale des oiseaux. A noter qu'aucune de ces éoliennes n'avait engendré de mortalité d'oiseaux lors des suivis précédents.

De même que pour la majorité des chauves-souris, l'ensemble des oiseaux a été trouvé au niveau des plateformes ou des pistes en graves du parc éolien.

Seules les éoliennes E6 et E8 ont présenté des mortalités en 2020, toutes retrouvées sur des plateformes ou pistes en graviers.

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

Le phasianidé indéterminé dont la mort n'est pas imputable aux éoliennes apparait également sur la carte.



Parc éolien d'El Singla



Localisation des cadavres en 2020 - Oiseaux -

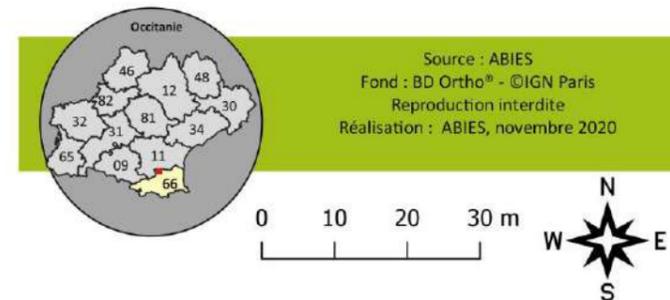
Cadavre

- Hirondelle de fenêtre
- Martinet noir
- Phasianidae sp.

Occupation du sol

- Friche
- Garrigue
- Plateforme
- Talus
- Vigne treillis abandonnée
- Zone remaniée

- Eolienne
- Eloignement de 50m autour des éoliennes
- Eloignement de 10, 20, 30, 40 et 50m des éoliennes



Carte 10 : Localisation des cadavres d'oiseaux découverts sous les éoliennes E6 et E8 (source : Abies, 2020)

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.

Les estimations ont été calculées pour l'ensemble du suivi, qui s'est déroulé de la mi-avril 2020 à début novembre (30 semaines)

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 en début d'été et en début d'automne. L'intervalle moyen entre deux passages est de 7 jours sur l'ensemble de la durée du suivi.

Toutefois, lors de la session de tests d'été, du fait de conditions météorologiques difficiles à J+7, le troisième passage de vérification a été avancé à J+6. La session de tests d'automne n'ayant quant à elle pas fait l'objet de difficultés particulières, les intervalles initiaux ont pu être respectés. Les résultats à J+6 ont été retenus pour déterminer le taux de persistance moyen des cadavres entre deux passages sur site pour les tests d'été. Le résultat à J+7 a été retenu pour la session d'automne.

Il est également à noter que le labourage d'une parcelle de vigne comprise dans la zone de test de l'éolienne E9 a entraîné la disparition prématurée de deux cadavres d'oiseaux (1 poussin et 1 caille) lors du test de disparition d'automne. La vitesse de disparition de ces cadavres n'a donc pas été prise en compte dans les calculs.

Le tableau suivant synthétise les données concernant ces deux coefficients.

Tableau 19 : Paramètres de détection des cadavres d'oiseaux (Abies 2020)

	Nb de cadavres-test d'oiseaux déposés	Nb de cadavres trouvés lors du test d'efficacité	Taux d'efficacité de recherche (Z)
TEST 1 - été 2020	12	8	0,67
TEST 2 - automne 2020	12	9	0,75

Tableau 20 : Paramètres de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies 2020)

	Nb de cadavres-test d'oiseaux déposés	Nb de cadavres persistants après l'intervalle	Taux de persistance des cadavres (P)
TEST 1 - été 2020 Persistance à J+6	12	3	0,25
TEST 2 - automne 2020 Persistance à J+7	10	0	0

Ainsi, contrairement aux tests relatifs aux chauves-souris, l'efficacité de recherche est globalement assez bonne lors des deux tests réalisés en 2020. Ce constat est similaire aux années précédentes.

Comme en 2018-2019, la persistance des cadavres pour les oiseaux est extrêmement faible pour les deux tests réalisés en 2020, signe d'une prédation importante ; 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 ; la moyenne de ceux-ci sera ensuite utilisée pour les calculs d'estimation de la mortalité des oiseaux.

Tableau 21 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies, 2020)

TEST 1 - été 2020							
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants					Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+6	J+9	J+14	
E3	6	5	2	0	0	0	1,5
E9	6	6	6	3	1	0	5
Moyenne							3,25
TEST 2 - automne 2020							
Eolienne	Nombre de cadavres déposés	Cadavres restants					Durée de persistance (tm)
		J+1	J+3	J+7	J+10	J+14	
E3	6	0	0	0	0	0	0
E9	4	4	2	0	0	0	2
Moyenne							1

Ainsi, pour les oiseaux, sur l'ensemble du suivi en 2020, la durée de persistance (tm) évaluée lors des deux sessions de tests est en moyenne de 2,13 jours, ce qui est très peu et témoigne de la pression de prédation importante sur le site.

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 (3.2.4.1.3).

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 22 : Paramètres des estimations de la mortalité des oiseaux (Abies)

Paramètre	Commentaire	Valeur	
Na	Nombre de cadavres dont la mort est imputable ou probablement causée par les éoliennes	2 cadavres trouvés lors du suivi protocolaire	2
Z	Taux d'efficacité de recherche	Proportion moyenne de cadavres trouvés lors des deux sessions de test	0,71
P	Taux de persistance des cadavres	Proportion moyenne de cadavres restants à J+6 (test d'été) et J+7 (test d'automne)	0,13
a	Coefficient de correction surfacique (Avifaune et chiroptères)	a = 19,49/12	1,62
tm	Durée moyenne de persistance d'un cadavre	Calcul en 3.3.4.1.2	2,13
I	Durée moyenne de l'intervalle entre deux passages	Temps moyen entre deux passages	7
Î	-	Î = -log(0,01) x tm	4,25
ê	Coefficient correcteur de l'intervalle	ê = Min(I;Î)/I	0,61
p (Jones)	Probabilité de disparition sur l'intervalle	p = e ^{(-0,5 x ((Min[I;Î])/tm))}	0,37
p' (Huso)		p' = tm x [(1 - e ^{(-((Min[I;Î])/tm))})/((Min[I;Î]))]	0,43
O	Nombre d'éoliennes prospectées	-	9
D	Nombre de semaines prospectées	-	30

Les quatre formules d'estimation sont présentées ci-après pour toute la durée du suivi de 2020 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 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{2}{0,13 \times 0,71} = 60,8$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi en 2020, qui représente un cycle biologique d'activité pour la faune volante, le parc éolien d'El Singla a touché environ 60,8 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 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{2 \times 7}{2,13 \times 0,71} = 22,6$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi en 2020 (un cycle biologique d'activité), le parc éolien d'El Singla a touché environ 22,6 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

Ainsi, pour 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{2}{0,71 \times 0,61 \times 0,37} = 30,7$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi en 2020 (un cycle biologique d'activité), le parc éolien d'El Singla a touché environ 30,7 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

Ainsi, pour 2020, le résultat est le suivant :

$$N = 1,62 \times \frac{2}{0,71 \times 0,61 \times 0,43} = 26,1$$

Ainsi, sur l'ensemble de la période de suivi en 2020 (un cycle biologique d'activité), le parc éolien d'El Singla a touché environ 26,1 oiseaux selon la formule d'Huso.

3.3.4.3 Synthèse des résultats

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 23 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des oiseaux survenue durant la période de suivi (Abies 2020)

	Estimation de la mortalité en 2020 (nombre d'oiseaux morts)				
	Winkelmann	Erickson	Jones	Huso	Moyenne
Mortalité par éolienne et par semaine	0,23	0,08	0,11	0,10	0,10
Mortalité pour l'ensemble du parc par semaine	2,03	0,75	1,02	0,87	0,88
Mortalité par éolienne sur la durée du suivi	6,75	2,51	3,41	2,90	2,94
Mortalité pour l'ensemble du parc sur la durée du suivi	60,75	22,55	30,65	26,08	26,42

En conclusion, nous obtenons une moyenne de la mortalité de **seulement 0,10 oiseau par semaine par éolienne**. Cela correspond à une moyenne d'environ **26 oiseaux morts** (fourchette de 22,6 à 30,7 selon les calculs) sur le parc sur l'ensemble de la période de suivi en 2020 (qui correspond à un cycle biologique pour la faune volante).

Bien que supérieure aux résultats de l'année précédente (0,3 oiseaux tués par semaine sur l'ensemble du parc en 2018-2019 contre 0,88 en 2020), cette estimation reste particulièrement faible. La pression de prédation, plus forte en 2020 que les années précédentes lors des tests de persistance sur l'avifaune, est sans doute responsable de cette augmentation de l'estimation par rapport à l'année précédente. Toutefois, malgré cette augmentation, les résultats bruts et estimés restent peu importants au vu du nombre d'éoliennes et des espèces impactées. Bien que le fonctionnement du dispositif d'effarouchement sonore n'ait pas été analysé ici, il est possible que sa mise en œuvre sur le parc éolien El Singla ait contribué à limiter la mortalité d'oiseaux.

Ainsi, les résultats des suivis de la mortalité des oiseaux sur le parc éolien El Singla, totalisant 9 éoliennes, indiquent une **mortalité brute très faible**, lors des 30 visites sur place, avec uniquement 2 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 26 individus sur l'ensemble de la période.

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

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). 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. **Les résultats obtenus via cette application vont dans le sens de nos propres résultats et sont consultables en Annexe 4.**

4 CONCLUSION

4.1	Conclusion sur la mortalité des chiroptères.....	42
4.2	Conclusion sur la mortalité de l'avifaune.....	44

4.1 Conclusion sur la mortalité des chiroptères

Un cycle biologique d'activité complet a pu être suivi sur le parc éolien El Singla puisque le suivi de la mortalité s'est déroulé entre mi-avril et début novembre 2020. 30 visites sur site ont ainsi été effectuées afin de vérifier l'efficacité des modifications du plan de régulation des éoliennes en faveur des chiroptères.

A noter également 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 55 % 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.

Au total, 10 chauves-souris appartenant à 2 à 3 espèces différentes ont été trouvées sous cinq des neuf éoliennes du parc. Les espèces identifiées avec certitude sont la Pipistrelle pygmée et le Vespère de Savi. La Pipistrelle commune est potentielle, puisque les premiers cadavres retrouvés ont été laissés sur site du fait de précautions sanitaires induites par le début de la crise de la COVID-19 et n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce. Un doute subsiste sur leur appartenance entre pipistrelles pygmées et communes.

Une des espèces impactées présente un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale, la Pipistrelle commune. Parallèlement, chacune des espèces identifiées présente un enjeu régional modéré d'après la hiérarchisation officielle des enjeux des espèces présentes en Occitanie (DREAL Occitanie, 2019). Elles présentent toutes les trois une sensibilité importante à la présence d'éolienne en termes de risques de collisions/barotraumatisme.

L'éolienne E9 semble toujours être la plus accidentogène avec 40% des cas de mortalité constatées, mais ce taux reste sensiblement inférieur à celui constaté en 2018-2019 (62%).

Au vu des dates de découvertes, la mortalité des chauves-souris sur le parc éolien d'El Singla en 2020 concernerait les populations locales de Pipistrelles (pygmées et potentiellement communes) et de Vespère de Savi avec des individus retrouvés morts de manière plutôt ponctuelle au long du suivi et dans une bien moindre mesure que les mortalités brutes des années précédentes. L'allongement de la période de prospection aux semaines 16, 17 et 18 a permis de mettre en évidence quelques cas de mortalité en période de transit/migration de printemps. A l'inverse, les pics de mortalités constatés à la période automnale en 2018-2019 ne se sont pas reproduits en 2020.

En faisant la moyenne des estimations selon les formules d'Erickson, Jones et Huso, nous obtenons une moyenne de la mortalité d'environ 0,62 chauve-souris morte par éolienne et par semaine, soit près de 5,6 chauves-souris par semaine sur l'ensemble du parc. Cela correspond à une moyenne d'environ 167 chauves-souris mortes (fourchette de 143 à 192 selon les calculs) sur le parc sur l'ensemble de la période de suivi (qui correspond à un cycle biologique pour les chiroptères).

En comparaison avec le suivi réalisé en 2018 et 2019, le taux de mortalité reste globalement constant puisqu'il était de 0,5 cadavre estimé par éolienne et par semaine, contre 0,62 en 2020. Ces valeurs, qui restent globalement élevées pour un parc éolien de 9 éoliennes, peuvent sembler assez éloignées de la mortalité brute constatée sur le parc (10 individus) mais il faut garder à l'esprit que l'activité de prédation sur le site s'est révélée encore plus importante en 2020 que lors des tests de 2018-2019, et que la surface prospectable au pied des éoliennes représente à peine plus de la moitié de la surface totale.

Il faut toutefois souligner la différence significative dans la distribution temporelle des impacts et des espèces impactées, puisque contrairement aux deux années précédentes (cf. Figure 4 partie 3.2.3.2.1), aucun pic de mortalité n'a été constaté en période de swarming, pariades et transit/migration d'automne, et seules 2 à 3 espèces ont été impactées (7 espèces en 2018-2019).

Les fortes mortalités observées en 2018 puis 2019 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) avaient conduit à préconiser auprès de la société d'exploitation, la mise en place d'un bridage plus important des éoliennes début 2020.

Les résultats obtenus en 2020 démontrent que le renforcement du bridage a permis une réelle diminution des cas de mortalité brutes constatés, notamment sur les éoliennes initialement les plus accidentogènes (E7 et E9, cf. 3.2.2) et à la période automnale. Toutefois, les estimations du nombre de chiroptères réellement impactées restent importantes, notamment du fait d'une activité de prédation plus forte que les années précédentes.

Ainsi, les résultats obtenus en 2020 pour les chauves-souris sont en demi-teinte. D'un côté, une stabilité interannuelle dans les estimations des effectifs impactés (et ce malgré une diminution du nombre de cadavres retrouvés), causée par une activité de prédation plus forte que les années précédentes. De l'autre, l'évitement quasiment total des impacts en fin d'été et d'automne (notamment sur les éoliennes E7 et E9, initialement très accidentogènes) et une diversité d'espèces concernées bien moindre qu'en 2018-2019, probablement imputables à l'affinage du paramétrage du bridage des éoliennes réalisé en 2020.

Afin de diminuer encore un peu plus les effectifs de chiroptères impactés par le parc, le plan de bridage mis en place gagnerait à être affiné davantage en tenant compte de ces nouveaux résultats ainsi que de ceux du suivi de l'activité en altitude des chiroptères réalisé en 2020 par Altifaune.

Il est rappelé que les paramètres de bridage ont fait déjà fait l'objet des évolutions suivantes :

Tableau 24 : Paramètres de bridage initiaux (Source : Altifaune)

Eoliennes	Période		Température	Vitesse de vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
Ensemble du parc	15 avril	15 octobre	Paramètre non inclus	< 5,5 m/s	Coucher du soleil	5 h

Tableau 25 : Paramètres de bridage affinés au 30/08/2019 (Source : Altifaune)

Eoliennes	Période		Température	Vitesse de vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
E2, E3, E4, E5, E6 et E8	15 avril	15 mai	> 10 °C	< 5 m/s	Coucher du soleil	2 h
E1	1 ^{er} Aout	15 octobre		< 5,5 m/s	Coucher du soleil	2 h
	15 avril	15 mai		< 5,5 m/s	30 min avant le coucher du soleil	3 h
E7	15 avril	15 mai		< 6 m/s	Coucher du soleil	2 h
	15 juillet	15 octobre		< 6 m/s	30 min avant le coucher du soleil	3 h
E9	15 avril	15 mai		< 6 m/s	Coucher du soleil	2 h
	15 mai	15 juillet		< 6 m/s	30 min avant le coucher du soleil	3 h
	15 juillet	15 octobre		< 7 m/s	30 min avant le coucher du soleil	4 h

Tableau 26 : Paramètres de bridage affinés au 15/04/2020 (Source : Altifaune)

Eolienne	Période		Température	Vitesse du vent	Amplitude horaire	
	Début	Fin			Début	Durée
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8	15 avril	30 juin	> 10 °C	< 5 m/s	Coucher du soleil	2 h
	1er juillet	31 juillet		< 5,5 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 5 m/s		2 h
	1er novembre	30 novembre		< 5 m/s		2 h
E7	15 avril	30 juin		< 6 m/s		2 h
	1er juillet	31 juillet		< 6,5 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		2 h
E9	15 avril	30 juin		< 6 m/s		2 h
	1er juillet	31 juillet		< 7 m/s		4 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		2 h

Un suivi de la mortalité des chiroptères et de l'avifaune est d'ores et déjà prévu pour évaluer ces ajustements de paramètres, en suivant la même méthodologie que celle appliquée en 2020 pour pouvoir comparer les résultats.

En mettant en relation ces résultats avec ceux du suivi d'activité en altitude des chiroptères réalisé par Altifaune, les recommandations suivantes d'ajustement des paramètres de bridages sont émises en lien avec l'opérateur-exploitant du parc :

Tableau 27 : Préconisations de modification des paramètres de bridage pour l'année 2021 (Altifaune, 2021)

Eolienne	Période		Température	Vitesse du vent	Horaires	
	Début	Fin			Début	Durée
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8	15 avril	30 juin	> 10 °C	< 6 m/s	Coucher du soleil	5 h
	1er juillet	31 juillet		< 6 m/s		5 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		5 h
	1er novembre	30 novembre		< 5 m/s		3 h
E7	15 avril	30 juin		< 6 m/s		5 h
	1er juillet	31 juillet		< 6,5 m/s		5 h
	1er août	31 octobre		< 6 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		3 h
E9	15 avril	30 juin		< 7 m/s		5 h
	1er juillet	31 juillet		< 7 m/s		5 h
	1er août	31 octobre		< 7 m/s		6 h
	1er novembre	30 novembre		< 6 m/s		3 h

Les paramètres ajustés sont représentés en couleur. La vitesse de vent en-deçà de laquelle les éoliennes restent à l'arrêt sur la plage horaire programmée a été légèrement rehaussée à certaines périodes de l'année et pour certaines éoliennes. De même, les plages horaires ont été étendues (parfois de plusieurs heures), pour augmenter encore un peu plus l'efficacité du bridage mis en place. Pour plus de détails, se référer au rapport de suivi d'activité en altitude des chiroptères rédigé par le bureau d'études Altifaune.

4.2 Conclusion sur la mortalité de l'avifaune

Seuls trois restes d'oiseaux ont été découverts lors des suivis protocolaires. Le tableau détaillé des découvertes est consultable en Annexe 2.

L'un des restes découvert à proximité de l'éolienne E8 correspond à une plumée d'une espèce de phasianidé non identifiable précisément : il s'agit soit d'une Poule domestique échappée des habitations situées en contrebas de cette même éolienne E8, soit d'une Perdrix grise issue d'un lâcher cynégétique (l'espèce n'est pas présente naturellement dans le secteur).

Dans les deux cas, la probabilité que la cause de la mortalité de cet individu soit une collision avec l'éolienne E8 est minime. Il est en effet bien plus probable que celle-ci soit imputable à une action de chasse ou bien à de la prédation (mammifère terrestre par exemple).

De ce fait, seules les deux autres mortalités constatées sur le site et imputables au parc éolien sont prises en compte dans cette analyse. Il s'agit d'un Martinet noir et d'une Hirondelle de fenêtre, qui sont deux espèces connues et observées sur le site d'El Singla.

Les 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. Elles présentent toutes les deux un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle nationale mais sont classifiées dans la catégorie « Préoccupation mineure » à l'échelle régionale. Elles sont toutes les deux protégées sur le territoire français.

Ces deux mortalités d'oiseaux sont réparties au printemps et à l'automne. Aucune mortalité d'oiseau n'a été constatée entre mi-mai et début octobre, ce qui correspond globalement à la période de nidification, d'envol des jeunes et au début de la migration d'automne. **Au vu des dates de découverte des cadavres, le Martinet noir était un oiseau local (non nicheur sur le parc mais qui peut venir chasser sur les zones ouvertes) ou un migrateur tardif, et l'Hirondelle de fenêtre correspond à un individu migrateur.**

Les oiseaux ont été découverts sous les éoliennes E8 (Martinet noir) et E6 (Hirondelle de fenêtre). Le faible nombre d'oiseaux retrouvés ne permet pas de conclure de manière significative sur la distribution spatiale des oiseaux. A noter qu'aucune de ces éoliennes n'avait engendré de mortalité d'oiseaux lors des suivis précédents.

En faisant la moyenne des estimations selon les formules d'Erickson, Jones et Huso, nous obtenons une moyenne de la mortalité de seulement 0,10 oiseau par semaine par éolienne. Cela correspond à une moyenne d'environ 26 oiseaux morts (fourchette de 22,6 à 30,7 selon les calculs) sur le parc sur l'ensemble de la période de suivi en 2020 (qui correspond à un cycle biologique pour la faune volante).

Bien que supérieure aux résultats de l'année précédente (0,3 oiseau tué par semaine sur l'ensemble du parc en 2018-2019 contre 0,88 en 2020), cette estimation reste particulièrement faible. La pression de prédation, plus forte en 2020 que les années précédentes lors des tests de persistance sur l'avifaune, est sans doute responsable de cette augmentation de l'estimation par rapport à l'année précédente.

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, comme les années précédentes et 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.....	48
5.2	Annexe 2 - Présentation des données brutes de mortalité par ordre chronologique...	49
5.4	Annexe 3 - Fiche de terrain utilisée lors du suivi de la mortalité	52
5.5	Annexe 4 - résultats de l'application d'estimation de la mortalité réelle de A. Besnard et C. Bernard (CNRS de Montpellier).....	53
5.5.1	Introduction à l'utilisation de cette application	53
5.5.2	Estimation de la mortalité des chauves-souris	54
5.5.3	Estimation de la mortalité de l'avifaune	54
5.7	Annexe 5 - Bibliographie	55
5.7.1	Ouvrages, articles, revues.....	55
5.7.2	Ressources informatiques et Internet :.....	55

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

Semaine	Date de passage	Prospecteur(s)	Conditions météorologiques			Mortalité
			Pourcentage de couverture nuageuse	Vent (force et direction)	Pluie	
16	17/04/2020	EU	100%	Faible d'E	Non	3 CS
17	24/04/2020	EU	40%	Faible à modéré d'E	Non	Non
18	30/04/2020	EU	100 % puis 50 %	Faible à fort de NO	Oui	Non
19	07/05/2020	EU	0%	Faible d'E	Non	Non
20	13/05/2020	CB	100%	Faible à modéré d'O	Non	1 Oiseau + 2 CS
21	19/05/2020	EU	0%	Très fort d'O	Non	Non
22	26/05/2020	EU	0%	Faible à modéré d'O	Non	Non
23	02/06/2020	EU	50%	Nul à faible d'E	Non	2 CS
24	10/06/2020	CB	10%	Fort d'O	Non	Non
25	15/06/2020	EU	50%	Faible de NO	Non	Non
26	25/06/2020	EU + MM	5%	Faible d'E	Non	Non
27	02/07/2020	TD	100%	Modéré d'O	Oui	Non
28	07/07/2020	EU + MM	0%	Fort d'O	Non	1 Oiseau + 1 CS
29	13/07/2020	TD	60%	Modéré à fort d'O	Non	Non
30	21/07/2020	CB	0%	Faible d'E	Non	Non
31	28/07/2020	EU	80%	Modéré d'O	Non	Non
32	04/08/2020	CB	20%	Très fort d'O	Non	Non
33	11/08/2020	CB	80%	Faible d'E	Non	1 CS
34	20/08/2020	TD	10%	Faible d'E	Non	Non
35	25/08/2020	CB	0%	Nul	Non	Non
36	02/09/2020	AD	0%	Fort de NO	Non	Non
37	08/09/2020	CB	20%	Faible d'O	Non	Non
38	16/09/2020	LD	10%	Très faible du NO	Non	1 CS
39	24/09/2020	LD	100%	Très faible d'O	Non	Non
40	01/10/2020	TD	90%	Fort d'O	Non	1 Oiseau
41	06/10/2020	CB+TD	100%	Faible d'O	Non	Non
42	13/10/2020	CB	100%	Très fort de SO	Oui	Non
43	20/10/2020	LD	100%	Fort d'O	Non	Non
44	30/10/2020	CB	0%	Nul	Non	Non
45	06/11/2020	TD	100%	Faible d'E	Oui	Non

Tableau 28 : Calendrier des prospections de terrain et conditions météorologiques (source : Abies 2020)

Equipe de prospection

AD = Ariane Dupéron

CB = Camille Bouin

EU = Eliot Ugnon-Coussioz

LD = Laetitia Duval

MM = Myriam Mounaïm

TD = Thomas Delhotal

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 pour CS	Sexe - âge	
					Nom français	Nom latin								
17/04/2020	E9	18m	SE	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Vivant !	Non	NA	Non	Vivant relâché sur place	29,4 mm	Indéterminé - Adulte	
17/04/2020	E9	10m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Frais	Mouche	< 24 h	Non	Barotraumatisme	30,2 mm	Mâle - Adulte	
17/04/2020	E3	30m	E	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Frais	Non	< 24 h	Non	Barotraumatisme	30,3 mm	Femelle - Adulte	
13/05/2020	E8	50 m	O	Plateforme (graviers)	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Décomposition avancée	Non	> 48 h	Tête manquante	Collision	/	Indéterminé - Adulte	
13/05/2020	E8	26 m	NO	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Relativement frais	Mouche	24 à 48 h	Non	Barotraumatisme	34,5 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 pour CS	Sexe - âge	
					Nom français	Nom latin								
13/05/2020	E6	35 m	N	Plateforme (graviers)	Pipistrelle commune/pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i>	Relativement frais	Non	24 à 48 h	Non	Barotraumatisme	31,3 mm	Mâle - Adulte	
02/06/2020	E9	40 m	N-NO	Vigne (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Décomposition avancée	Fourmis + mouches	24 à 48 h	Dos brisé + tête manquante	Barotraumatisme	35,5 mm	Indéterminé - Adulte	
02/06/2020	E2	4 m	O-NO	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Mi-sec	Fourmis + coléoptères	24 à 48 h	Non	Barotraumatisme	35,6 mm	Femelle - Adulte	
07/07/2020	E8	30 m	NO	Friche	Phasianidé sp.	<i>Phasianidae sp.</i>	Plumée	Non	< 24 h	Plumée fraîche	Chasse ou prédation	/	Indéterminé - Adulte	
07/07/2020	E9	45 m	NE	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Frais	Non	< 24 h	Non	Barotraumatisme	34,7 mm	Mâle - Adulte	
11/08/2020	E6	5 m	SE	Plateforme (graviers)	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Sec	Non	> 48 h	Non	Barotraumatisme	33,6 mm	Indéterminé - 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 pour CS	Sexe - âge	
					Nom français	Nom latin								
16/09/2020	E3	35 m	NE	Piste (graviers)	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Relativement frais	Une fourmi	< 24 h	Non	Barotraumatisme	27,2	Mâle - Adulte	
01/10/2020	E6	18 m	NO	Plateforme (graviers)	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	Assez frais	Fourmis et guêpes	< 24h	Fracture aile gauche	Collision	/	Indéterminé - Juvénile	

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

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 sur l'ensemble de la période de suivi. Le test réalisé est non paramétrique du fait des faibles effectifs de cadavres relevés sur site.

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	168.88	41.88	514.06	75.27	351.27
Huso	179.14	45.03	566.02	81.12	374.63
Winkelmann	368.00	83.64	892.12	150.55	752.73
Jones	255.94	60.75	814.00	108.86	569.28

L'analyse de la mortalité réalisée par nos soins au sein de ce rapport nous a permis de calculer une moyenne de **167 chauves-souris impactées** au cours du suivi de 2020 pour les 9 éoliennes du parc El Singla. Cette estimation semble cohérente avec les valeurs estimées par l'application (présentées dans la partie précédente), puisqu'elles restent dans le même ordre de grandeur.

En effet, le résultat obtenu au sein du rapport est compris dans l'intervalle de confiance à 95 % de l'application, c'est-à-dire inclus entre la valeur minimale de 41,88 (IC 2,5 min) et la valeur maximale de 569,28 (IC 97,5 max). 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.

5.5.3 Estimation de la mortalité de l'avifaune

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 sur le parc éolien El Singla sur l'ensemble de la période de suivi. Le test réalisé est non paramétrique du fait des faibles effectifs de cadavres relevés sur site.

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	19.09	0.00	62.22	0.00	43.45
Huso	19.93	0.00	75.86	0.00	47.92
Winkelmann	NA	NA	NA	NA	NA
Jones	35.39	0.00	244.78	0.00	108.70

L'analyse de la mortalité réalisée par nos soins au sein de ce rapport nous a permis de calculer une moyenne de 26 oiseaux impactés au cours du suivi de 2020 pour les neuf éoliennes du parc. Cette estimation est tout à fait conforme aux valeurs estimées par l'application fournie par le CNRS de Montpellier, située dans le même ordre de grandeur.

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 (IC 2,5 min) et la valeur maximale de 244,78 (IC 97,5 max). Ainsi la valeur issue de notre calcul dans le corps du rapport appartient à une valeur basse de la mortalité potentielle estimée par l'application du CNRS.

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/>

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien d'El Singla faisant l'objet de ce rapport (Abies, 2018)	9
Carte 2 : Occupation du sol sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2020)	21
Carte 3 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E1, E2 et E3 (source : Abies, 2020) .	22
Carte 4 : Occupation du sol sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2020)	23
Carte 5 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E4, E5 et E6 (source : Abies, 2020) .	24
Carte 6 : Occupation du sol sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2020)	25
Carte 7 : Surfaces prospectées sous les éoliennes E7, E8 et E9 (source : Abies, 2020) .	26
Carte 8 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E2, E3 et E6 (source : Abies, 2020)	29
Carte 9 : Localisation des cadavres de chiroptères découverts sous les éoliennes E8 et E9 (source : Abies, 2020)	30
Carte 10 : Localisation des cadavres d'oiseaux découverts sous les éoliennes E6 et E8 (source : Abies, 2020)	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	13
Figure 2 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce en 2020 (Abies 2020)	27
Figure 3 : Répartition des cadavres de chauves-souris par éolienne (source : Abies, 2020)	28
Figure 4 : Répartitions temporelles des cadavres de chiroptères découverts en 2018-2019 (ci-dessous) et 2020 (ci-après) (Abies, 2020)	31

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)	15
Illustration 2 : Jouet noir en peluche remplacé par un bébé rat pour simuler une chauve-souris lors du test de disparition (source : Abies).....	15
Illustration 3 : Marquage de l'emplacement de cadavres-tests de chauves-souris, souris, poussin et caille sur le parc d'El Singla (source : Abies, 2020)	15

Tableaux

Tableau 1 : Paramètres de bridages initiaux (mi-2018 à mi-2019) (Source : Altifaune) ..	7
Tableau 2 : Paramètres de bridage affinés au 30/08/2019 (source : Altifaune).....	7
Tableau 3 : Paramètres de bridage mis en place sur le cycle annuel 2020 (Source : Altifaune)	8
Tableau 4 : Calendrier des passages effectués pour le suivi mortalité du parc éolien El Singla (Abies, 2020)	12
Tableau 5 : Répartition des cadavres utilisés lors des différentes sessions de tests (Abies,2020)	15
Tableau 6 : Surfaces prospectables par éolienne sur le parc (source : Abies)	20
Tableau 7 : Espèces de chauves-souris identifiées et statut de conservation et de protection (Abies)	27
Tableau 8 : Evaluation de la sensibilité à l'éolien des espèces de chauves-souris retrouvées (Abies)	27
Tableau 9 : Répartition des cadavres de chauves-souris selon la distance au mât des éoliennes (Abies, 2020)	28
Tableau 10 : Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris par période d'activité en 2020 (Abies : 2020)	31
Tableau 11 : Evolution du nombre de cadavres par semaine découverts par période d'activité des chauves-souris entre 2018-2019 et 2020 (Abies : 2020)	31
Tableau 12 : Paramètres de détection des cadavres de chauves-souris (Abies 2020)....	32
Tableau 13 : Paramètres de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies 2020) .	32
Tableau 14 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres de chauves-souris (Abies 2020)	32
Tableau 15 : Calcul du coefficient correcteur de surface (avifaune et chiroptères) (Abies 2020)	33
Tableau 16 : Paramètres des estimations de la mortalité des chauves-souris (Abies) ...	33
Tableau 17 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des chauves-souris survenue durant la période de suivi (Abies, 2020)	34
Tableau 18 : Espèces d'oiseaux retrouvées en 2018 et statut de conservation et protection (Abies, 2020)	35
Tableau 19 : Paramètres de détection des cadavres d'oiseaux (Abies 2020)	37
Tableau 20 : Paramètres de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies 2020)	37
Tableau 21 : Calculs de la durée moyenne de persistance des cadavres d'oiseaux (Abies, 2020)	37
Tableau 22 : Paramètres des estimations de la mortalité des oiseaux (Abies)	38
Tableau 23 : Résultats des calculs d'estimation de la mortalité des oiseaux survenue durant la période de suivi (Abies 2020).....	39
Tableau 24 : Paramètres de bridage initiaux (Source : Altifaune)	42
Tableau 25 : Paramètres de bridage affinés au 30/08/2019 (Source : Altifaune)	42
Tableau 26 : Paramètres de bridage affinés au 15/04/2020 (Source : Altifaune)	43
Tableau 27 : Préconisations de modification des paramètres de bridage pour l' année 2021 (Altifaune, 2021)	43
Tableau 28 : Calendrier des prospections de terrain et conditions météorologiques (source : Abies 2020)	48

