

# 4 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS

## 4.1 Objectifs du suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes du parc éolien de Sambrès rentre dans le cadre de la réglementation ICPE (article 12 de l'arrêté du 26 août 2011) et d'un ensemble de suivis thématiques ciblés sur les effets des éoliennes sur l'activité et la mortalité des chauves-souris.

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

Le suivi de cette mortalité vise donc à apporter des informations précises et ciblées sur :

- les modalités de mortalité observées par une double approche dans l'espace (par éolienne, en fonction de la configuration du parc éolien, des milieux concernés, du type de végétation), et dans le temps (en fonction de la phénologie des espèces, des conditions climatiques....) ;
- le taux de mortalité estimé pour l'ensemble du parc éolien de Sambrès, par unité de temps.
- les espèces les plus exposées en fonction des milieux, et en fonction des conditions météorologiques....

De façon plus générale, idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris retrouvé lors du suivi 2017 est présenté en 7.5 Annexe 2 page 77.

## 4.2 Méthodologie

### 4.2.1 Choix d'une méthode standardisée

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

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

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

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

### 4.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

Le choix des périodes de suivi se fait généralement en fonction des thèmes d'étude à cibler prioritairement et en fonction des résultats de l'étude d'impact, des préconisations administratives et globalement des sensibilités des espèces et des comportements, qu'elles soient supposées ou mal maîtrisées initialement.

De façon générale, [...] *le suivi doit idéalement être basé sur un nombre représentatif de visites, et sur un intervalle de temps réduit entre chaque visite afin de limiter les biais liés à la disparition progressive des cadavres. L'intervalle de temps entre chaque visite doit idéalement être proportionnée à la vitesse de disparition des cadavres, qui doit idéalement être évalué préalablement sur chaque site car elle lui est spécifique et varie selon les saisons et le type de cadavres.* [...] (MEEDDM, 2010). Autrement dit, plus le délai entre chaque visite est important et moins l'estimation du taux de mortalité est fiable et précise.

Dans notre cas précis, nous avons vu que les limites de qualité de l'étude d'impact (notamment pour les chiroptères) ne nous permettaient pas de cibler finement les périodes à cibler en fonction des enjeux potentiels. Aussi, nous nous référons ici aux références bibliographiques nationales et à notre importante expérience de suivis de mortalités pratiqués depuis 2008 en région Occitanie et qui nous permettent d'apprécier que les cadavres d'oiseaux et de chauves-souris sont clairement détectés principalement entre mai et novembre, avec une période plus à risque centrée sur la phase automnale, pour les deux taxons.

Le choix de la pression de suivi, c'est-à-dire le laps de temps entre 2 passages, est un élément fondamental de la qualité de l'étude. En effet, si ce délai de retour est inférieur à la durée moyenne de disparition des cadavres au sol, alors il sera impossible d'être conclusif sur le niveau de mortalité généré par les éoliennes. Concrètement, dans ces conditions, il sera tout simplement impossible d'appliquer les différentes formules mathématiques permettant d'estimer le « taux de reproduction ». Or, par expérience, dans la grande majorité des sites étudiés, et selon les saisons, la vitesse de disparition des cadavres est généralement inférieure à une semaine. Nous proposons ici de nous tenir à une pression de suivi de 2 visites par semaine sur les périodes supposées les plus à risques afin d'exclure tout biais d'analyse sur ces périodes critiques. Le tableau suivant explique le choix de ces périodes supposées

comme les plus à risques en fonction de la phénologie des espèces. Finalement, c'est entre fin mai et début juillet, mais aussi entre la mi-août et la mi-octobre que cette pression de suivi à 2 visites par semaine est retenue. Pour le reste de la campagne de suivi, la pression est d'une visite par semaine. Les tests de prédation nous permettront alors de juger objectivement de la pertinence de ces choix de pression de suivi. Mais dans ces conditions, nous sommes sereins sur l'obtention de résultats pertinents.

Finalement, **entre début mai et début novembre, cette pression de suivi correspondrait à une quarantaine de passages.**

Figure 35 : Calendrier de ciblage des périodes de suivi les plus judicieuses dans le contexte local

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janvier	Février
Activité "classique" des chauves souris	Sortie de gîtes et transits printaniers			Transits et mises bas jusqu'à envd des jeunes			Comportements de sw arming et transits d'automne					
	Sortie d'hibern.	Transits migratoires de printemps	Mise bas	Envol jeunes	Transits migratoires d'automne (+ sw arming)			Entrée hivern.				
Facteurs d'influence théoriques selon les années				Essainages d'insectes + orages			Essainages d'insectes + orages					
	Migrations printanières et nichours précoces			Nichours tardifs			Migratons automnales					
Activité "classique" des oiseaux							Hivernants					

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janvier	Février
Nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris (pour 40 visites)												
			1.0 1.0 1.0	2.0 2.0 2.0	2.0 1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 2.0 1.0 1.0						
Réalisation des tests pour calcul des coefficients correcteurs du taux de mortalité (2 demi-jours en binome)												
				1.0			1.0					

### 4.2.3 Choix des éoliennes suivies

Le choix du protocole repose sur la prospection fine de presque une éolienne sur 2 (le nombre d'éoliennes étant important sur ce parc) et des éoliennes équipées d'un module Batcorder autonome, pour pouvoir croiser les données d'activité avec les données mortalité. Il s'agit des éoliennes : E1, E3, E5, E7, E8, E10, E13, E17, E18, E20, E22, E23, E25 et E26. Au-delà de cette prospection standardisée sous ces éoliennes, nous proposons de passer rapidement sous l'ensemble des autres éoliennes à chaque passage afin de vérifier l'absence d'éventuelles surmortalités très localisées et donc faciles à détecter. Toutefois, en l'absence de protocole de recherche standardisée, les éventuelles mortalités constatées sous ces éoliennes annexes ne pourront être prises en compte dans le calcul du taux de mortalité basé, lui, sur les résultats de suivis des 14 éoliennes suivies de manière « standardisée ».

### 4.2.4 Organisation des parcours de prospection

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

La surface de recherche est de forme carrée. Les études de Kerns, Erickson et Arnett (2005) montrent que près de 80 % des carcasses pouvaient être trouvées à l'intérieur de la moitié de la distance mesurée du bout de pale jusqu'au sol. De façon plus générale, les différents suivis de la mortalité montrent logiquement l'existence d'un gradient croissant de la densité des cadavres en s'approchant du mât de l'éolienne. La surface prospectée idéale fut de 10 000 m<sup>2</sup> (un hectare), représentée par un carré de 100 m de côté, et une distance minimum de 50 m par rapport au mât de l'éolienne (distance supérieure à celle de la projection au sol du champ de rotation des pales d'éoliennes).

La prospection s'est fait le long d'un transect de lignes virtuelles espacées de 3 à 10 m chacune selon la typologie des milieux au sein des carrés.

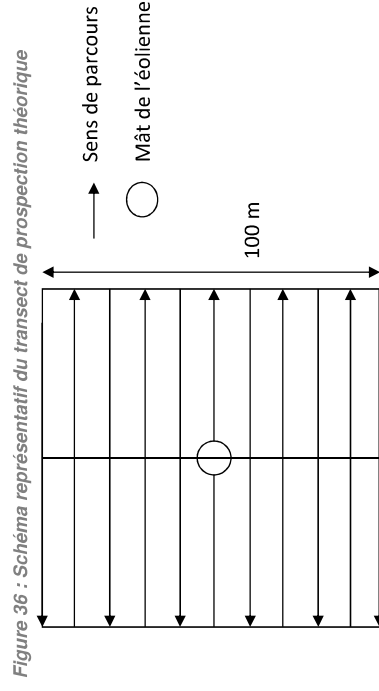


Figure 36 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique

Pour les éoliennes proches des lisières, les parties de carrés localisées sous couvert de boisements ne sont pas prospectées puisqu'on ne pourra pas exclure que certains cadavres soient restés bloqués au niveau de la canopée dans leur chute. La surface non prospectée sera alors évaluée pour prendre en compte ce biais au niveau des calculs du taux de mortalité (coefficient surfacique). La Figure 38 de la page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées.

Au moment des phases de prospection, plusieurs techniques sont utilisées à tour de rôle pour permettre une recherche méthodique. Lorsque nous disposons du GPS de terrain, la carte, le GPS et les repères de terrain permettent de se positionner constamment au sein du carré préenregistré, de visualiser le transect en cours, et orienter la suite du parcours en fonction. Lorsque nous ne disposons pas de GPS, nous utilisons deux piquets métalliques que nous déplaçons régulièrement en bout de chaque ligne de parcours (d'une distance de 6 à 20m par rapport à la ligne précédente), permettant de donner l'axe à suivre pour la nouvelle ligne. Cette méthode est apparue plus efficace que le GPS de façon générale, et notamment dans les secteurs proches des zones boisées. Enfin, lorsque que c'est le même chercheur qui intervient régulièrement, des habitudes de parcours se prennent assez vite après plusieurs passages, ce qui permet progressivement de moins avoir recours à la méthode des piquets.

Figure 37 : Clichés explicatifs de l'organisation du transect par la méthode des piquets (sur un autre parc éolien)

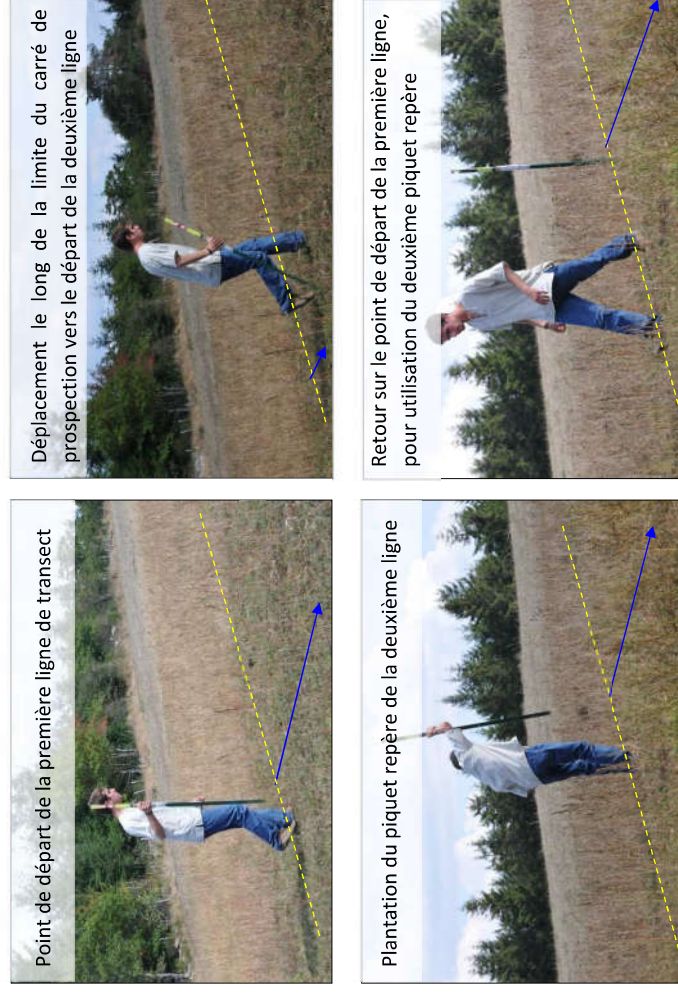
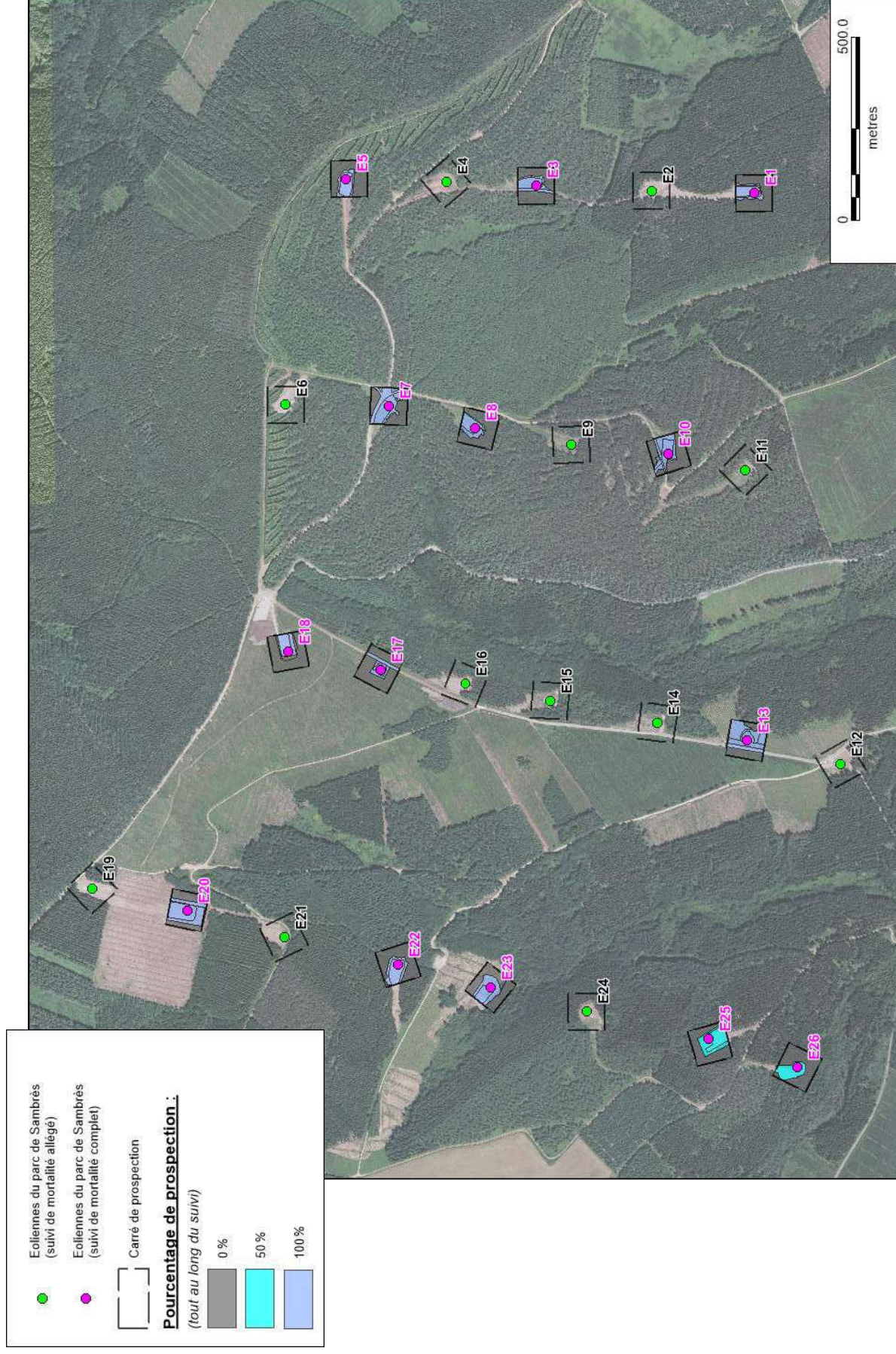




Figure 38 : Carte de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi « standardisé » sous les éoliennes





#### 4.2.5 Recueil des données et destination des cadavres

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

Chaque fois qu'un cadavre est découvert, il est localisé sur une carte de terrain. La distance et l'azimut sont mesurés vis-à-vis du mât de l'éolienne.

Le cadavre est photographié et identifié autant que possible par l'utilisation de différents critères morphologiques plus ou moins disponibles selon l'état du cadavre (forme du tragus, taille de l'avant-bras, cellules alaires, pénis...). Dans la mesure du possible, au-delà de l'espèce, d'autres données sont relevées concernant l'âge, le sexe, l'état de décomposition ou de prédation, l'heure de découverte, l'estimation de la date de mortalité.... Pour éviter les risques de confusion, chaque cadavre est répertorié avec un code permettant son identification a posteriori et la précision du découvreur. Une photo du cadavre est également prise à proximité du sac de congélation préalablement codifié.

Il est alors généralement prélevé pour procéder aux analyses a posteriori.

Tous les cadavres prélevés sont conservés dans un congélateur. En fin de campagne annuelle, l'ensemble des cadavres est rassemblé. Chacun d'entre eux fait alors l'objet d'une deuxième analyse à l'aide de clefs de détermination plus détaillées et pour préciser certains détails pas toujours aisés à déterminer sur le terrain selon les conditions climatiques (critères d'âges, de sexe, indices de reproduction...). Concernant les chiroptères, la phase de détermination se fait donc souvent à plusieurs reprises, par différents chiroptérologues formés aux techniques de captures, sur la base de diverses clefs de détermination des chauves-souris (Clef de détermination des chauves-souris de Midi Pyrénées (DEJEAN, 2007), Clé de détermination illustrée des chauves-souris d'Europe (DIETZ C. & HELVERSEN O., 2004), Cahier technique d'identification des chiroptères (MARMET J., 2014) ...).

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 1 de la page 71.

Figure 39 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris



#### 4.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

##### 4.2.6.1 Organisation générale

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

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

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

Trois sessions de détermination de ces coefficients correcteurs ont été réalisées durant la campagne de suivi (le 29 mai, le 05 juin et le 14 septembre 2017).

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

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

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

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

Figure 40 : Clichés d'un échantillon de « cadavres tests » (sur un autre site)

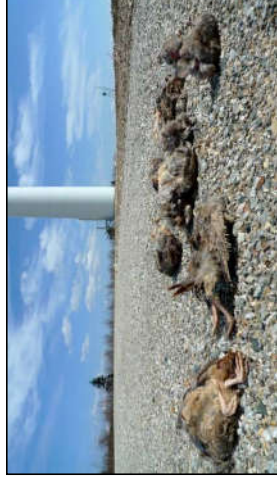


Figure 41 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des cadavres dispersés



#### 4.2.6.3. Tests de disparition (ou « test de persistance »)

Pour apprécier la vitesse de disparition des cadavres, il suffit de revenir sur chaque parcelle après un délai variable, la parcourir de façon méthodique (comme lors du test de découverte) et de s'aider du GPS et/ou des piquets repères, de la carte de terrain et des marquages à la ficelle pour remarquer la disparition ou le déplacement des cadavres par rapport aux points préenregistrés. En effectuant ce travail à plusieurs reprises, on peut alors apprécier l'action des nécrophages par unité de temps. Dans notre cas précis, une visite le lendemain de la dispersion des cadavres est effectuée. Afin d'être plus représentatif et afin d'éviter l'effet selon lequel un seul prédateur pourrait prélever l'ensemble des cadavres déposés sous une seule éolienne, les cadavres ont été dispersés sous toutes les éoliennes du parc.



#### **4.2.6.4. Calculs**

Nous verrons que 4 à 5 formules sont proposées par la littérature spécialisée pour permettre d'estimer, au regard des découvertes de cadavres et des résultats de coefficients correcteurs, la mortalité que le parc aura pu générer par éolienne et par an. Nous développerons un peu plus les particularités de chacune des formules par la suite (cf. chapitre 4.3.5.2 page 53). Mais devant les nombreux biais à prendre en compte dans le cadre d'un exercice d'estimation d'une mortalité annuelle, sans vouloir préjuger de la pertinence mathématique de chaque formule, et pour faciliter des comparaisons pertinentes et objectives entre les résultats avec d'autres résultats de suivis des mortalités menés sur d'autres parcs éoliens, nous présenterons les résultats obtenus avec chacune des formules. Mais nous proposerons également une moyenne entre ces formules qui sera la base de la comparaison interannuelle des résultats.

Précisons également que la typologie de la couverture végétale au niveau de chaque carré de prospection sera prise en compte pour permettre de distinguer l'influence de ce paramètre aussi bien sur la pression de prédation des nécrophages que sur l'efficacité de la recherche. Au cours de chaque passage, le chercheur précise alors au niveau du tableau l'évolution de cette végétation (taille de l'herbe qui pousse, opérations de débroussaillage...), de sorte qu'il sera possible de faire évoluer les valeurs de coefficients correcteurs de façon fine au cours de la campagne de suivi.

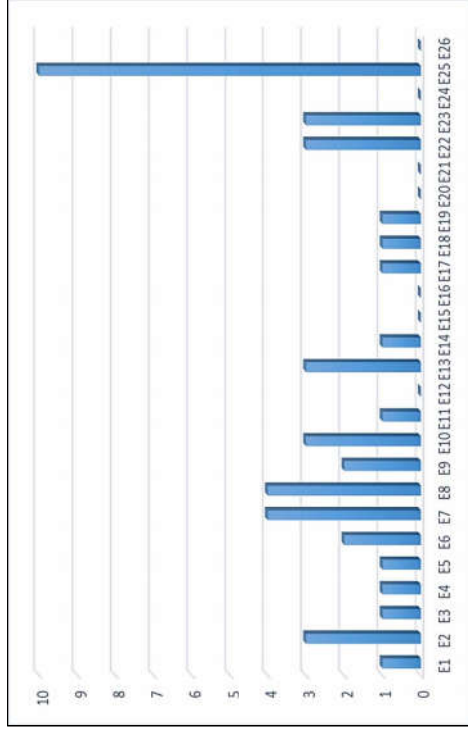
## 4.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

### 4.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

**45 chauves-souris** furent retrouvées sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 2 mai et le 8 novembre 2017. Pour 39 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 6 mois, cela représente une moyenne de 7.5 chauves-souris découvertes par mois pour l'ensemble du parc éolien (soit 26 éoliennes). Une chauve-souris supplémentaire a également été retrouvée lors de la pose des pousins pour le test de prédation du 5 juin 2017. Celle-ci sera prise en compte dans l'analyse des cas de mortalité, mais pas dans le calcul du taux de mortalité, puisqu'elle a été trouvée en dehors de la période de suivi.

Figure 42 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2017 et répartition par éolienne

Eolienne	Nombre de cas de mortalité
E1	1
E2	3
E3	1
E4	1
E5	1
E6	2
E7	4
E8	4
E9	2
E10	3
E11	1
E13	3
E14	1
E17	1
E18	1
E19	1
E22	3
E23	3
E25	10



On note que 19 des 26 éoliennes ont été à l'origine de mortalités avérées en 2017. Une éolienne a été à l'origine de 10 mortalités constatées (l'éolienne E25). Deux éoliennes ont été à l'origine de 4 mortalités constatées (les éoliennes E7 et E8). Cinq autres à l'origine de 3 mortalités constatées (E2, E10, E13, E22, E23). Deux autres sont à l'origine de 2 mortalités constatées (E6 et E9). Les autres éoliennes ont été à l'origine d'une mortalité constatée (E1, E3-E5, E11, E14, E17-E19). Pour les éoliennes bénéficiant d'un suivi d'activité en parallèle, 1 cadavre a été trouvé sous l'éolienne E18, mais aucun sous l'éolienne E26.

Finalement, ces mortalités sont découvertes sur l'ensemble du parc éolien, et sur chaque ligne d'implantation des éoliennes.

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

Le premier graphique de la Figure 44 page 43 représente la chronologie des découvertes de cadavres de chauves-souris sur l'ensemble du parc éolien en 2017.

Le délai qui s'écoule entre la mort des chiroptères et la date des découvertes des cadavres dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l'efficacité du chercheur. Comme le protocole d'étude était basé en 2017 sur une ou deux visites de terrain par semaine selon la période, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier ;

- entre 0 (cas d'une chauve-souris tombée la nuit précédant la visite) et 3-4 jours (en période de 2 visites par semaine)
- entre 0 (cas d'une chauve-souris tombée la nuit précédant la visite) et 6-7 jours (en période d'une seule visite par semaine)
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

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

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

- L'aspect général du cadavre (raideur cadavérique, état de déshydratation des chairs, yeux vitreux, décomposition, putréfaction des chairs,...)
- La fréquentation d'insectes nécrophages et nécrophiles. Sans aller à une datation précise, nous distinguons grossièrement sur les cadavres les phases de :
  - Colonisation par les diptères les plus précoces, et les premières pontes quelques minutes après la mort ; pupes non écloses -> la mort date de moins de 8-20h, c'est-à-dire la nuit précédant la découverte pour un suivi matinal.
  - L'évolution des pontes des diptères ; présence d'asticots -> mort antérieure à 8-20h, c'est-à-dire que la mort a pu se produire deux ou trois nuits en arrière.
  - Les phases plus tardives, de l'ordre du jour ou quelques jours après la mort, de colonisation des coléoptères et hyménoptères, avec notamment la présence de Silphes non fousisseurs tels que le Bouclier sinué (*Thanatophilus sinuatus*) intervenant au stade de putréfaction (digestion extra orale des cadavres).
  - Ou du Nécrophore chasseur (*Necrophorus investigator*) qui creuse des galeries sous les cadavres et les enterre progressivement. L'état d'avancement de l'enfouissement précise aussi un délai de plusieurs heures (ou jours).
- Et l'analyse comparative que nous pouvons faire du processus de décomposition des cadavres tests dispersés sur le site et suivis au cours des deux sessions de test de la campagne de suivi.



Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités. Le deuxième graphique de la page 43 synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités. La différence est peu significative sur une large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d'éventuelles confrontations a posteriori entre ces mortalités et les conditions climatiques par exemple.

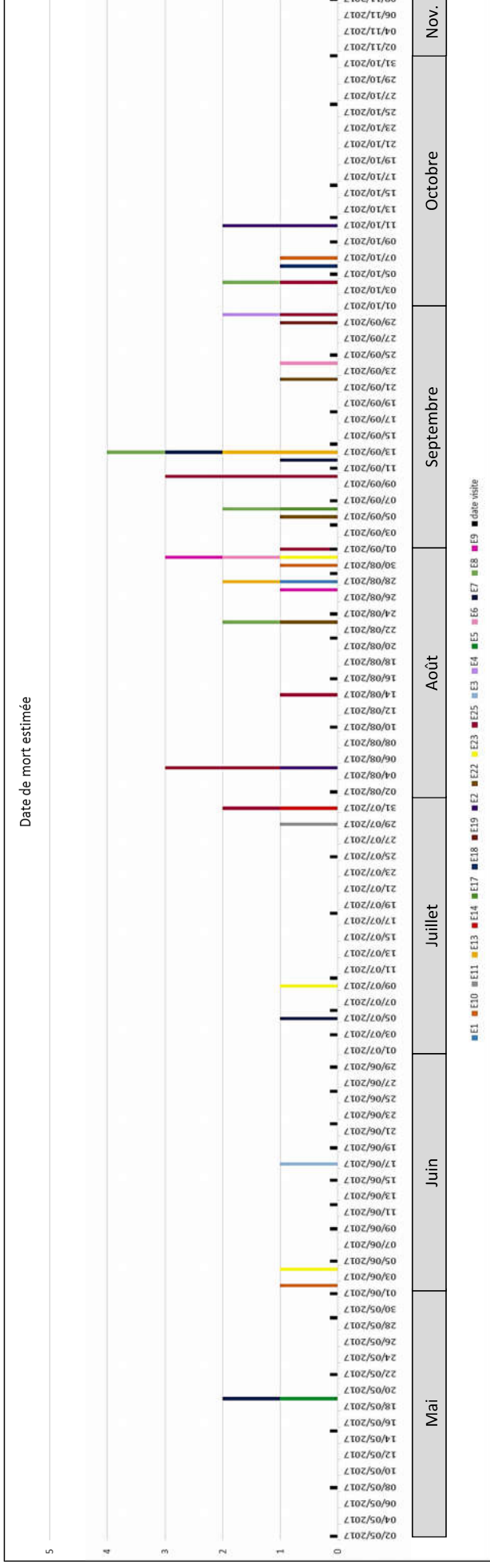
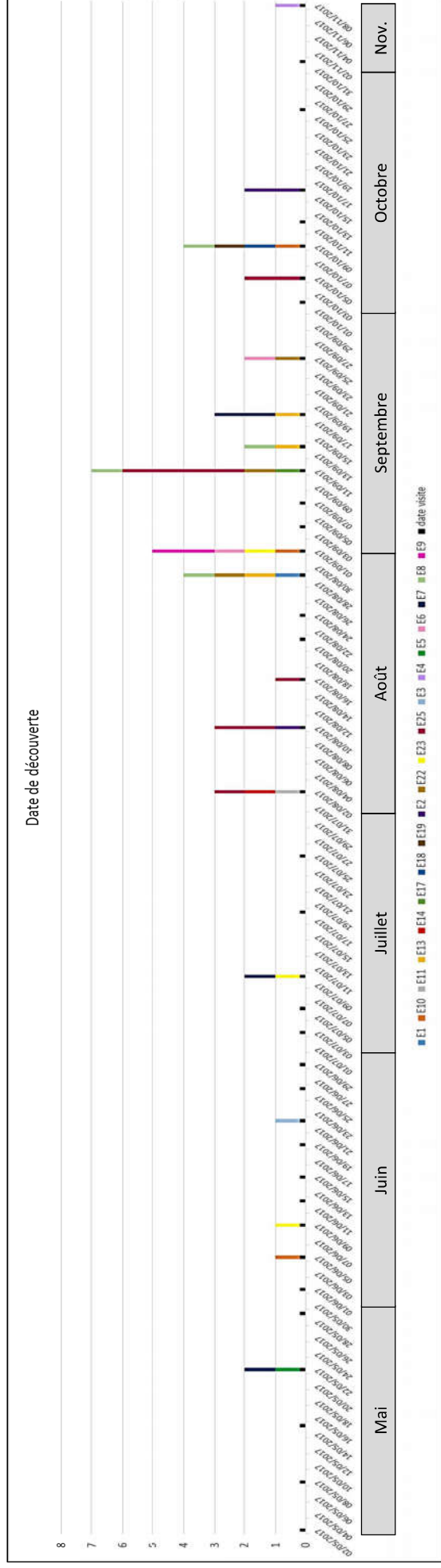
Précisons que, comparativement à d'autres parcs éoliens suivis dans la région avec la même méthodologie, les mortalités constatées sous ceux de Sambrès ont apparemment été peu concernées par les effets de cette entomofaune nécrophage même si l'état de dégradation de certains cadavres était avancé.

Figure 43 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) par un couple de Nécrophore chasseur (*Thanatophilus sinuatus*), sous un autre parc



Les profils généraux des histogrammes mensuels des mortalités constatées de la page suivante permettent une vision de synthèse des périodes sensibles pour les chiroptères.

Figure 44 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2017



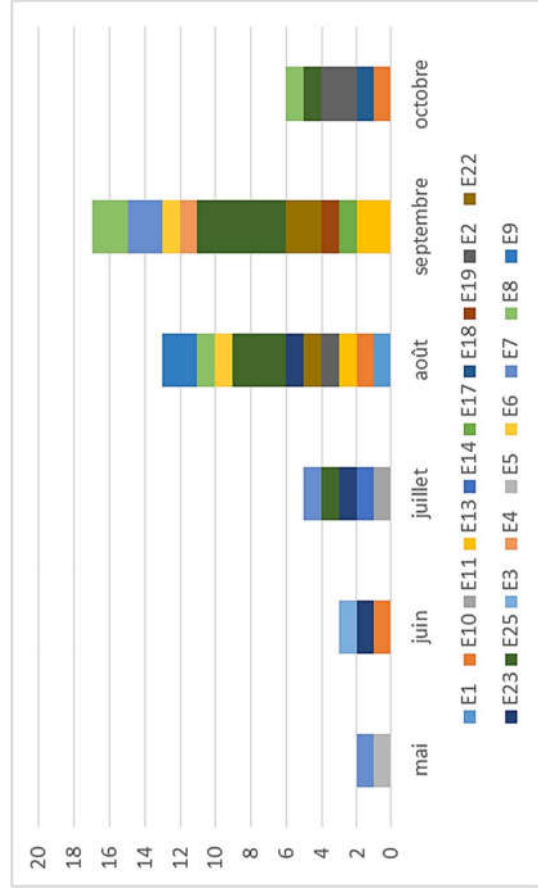


En ce qui concerne les rapports entre chronologie des mortalités et les éoliennes, 46 cas de mortalité sont apparus sous différentes éoliennes entre le 2 mai et le 8 novembre 2017 ; La période séparant ces cas de mortalité varie entre 3 et 30 jours. Parmi ceux-ci, **nous relevons une concentration des mortalités de début août à fin septembre sous plusieurs éoliennes**, et tout particulièrement sous l'éolienne E25 (8 cas de mortalité en 2 mois).

Nous analyserons par la suite à quelle phénoménologie du cycle biologique des espèces correspondent ces périodes de mortalités et dans quelles conditions climatiques générales ont-elles pu avoir lieu.

De ce fait, ces mortalités s'expliquent plutôt par des conditions bien particulières, qui peuvent aussi interagir entre elles ; on peut évoquer des conditions climatiques, jouant sur l'activité des chauves-souris comme celle des éoliennes, des situations phénoménologiques particulières qui pourraient augmenter ponctuellement le niveau d'activité des chauves-souris, ou encore certains comportements précis qui pourraient plus les exposer au risque de mortalité à un moment donné. Nous chercherons par la suite si cette concentration de mortalités s'exprime aussi pour des espèces ou des comportements comparables.

Figure 45 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2017



### 4.3.3 Typologie des cadavres découverts

#### 4.3.3.1 Proportion des mortalités estimées par espèce

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Ce fut le cas en 2017 sur certains cadavres mais la plupart étaient bien conservés au moment de la détermination. Dans notre cas précis, tous les cadavres ont fait l'objet de plusieurs analyses biométriques.

Le cortège d'espèces impactées en 2017 est assez diversifié puisque parmi les 46 cadavres découverts, la Pipistrelle commune représente au minimum 21 cas (mais 7 cas correspondent probablement à cette espèce ou bien à de la Pipistrelle pygmée). Le Vespère de Savi est la seconde espèce la plus retrouvée au sol (10 cas certain, 3 cas probables et 1 possible identifié en Pipistrelle sp ou Vespère de Savi). Les autres cadavres correspondent à de la Noctule de Leisler (2 cas), à de la Pipistrelle de Kuhl (2 cas) et à de la Noctule commune (1 cas).

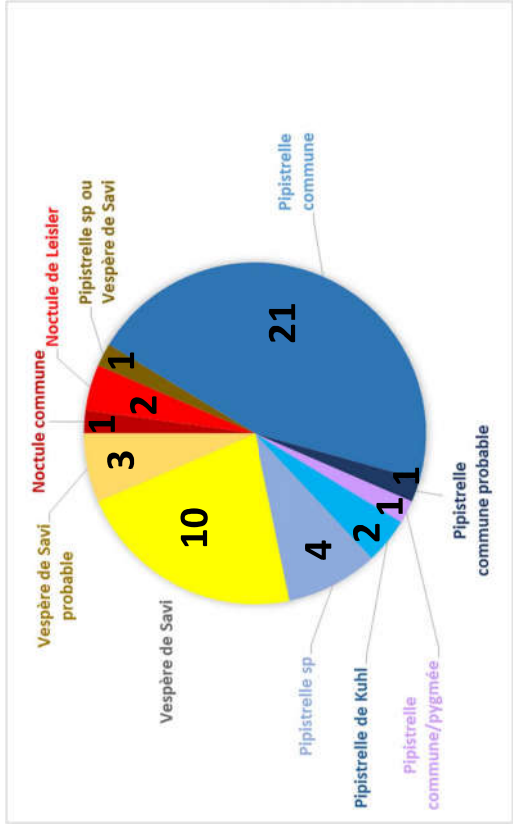
Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 46 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes

Sous-entablées sous les entablées										
Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Statut de protection				Statut de conservation			
			Protec.	Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Espèce déterminante ZNIEFF LR (2009)
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Hsav	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Remarquable
Noctule de Leisler	<i>Myotis leisleri</i>	Nlei	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Quasi menacé	à critère >10 ind.
Noctule commune	<i>Myotis noctula</i>	Nnoc	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Vulnérable	à critère >10 ind.
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Remarquable
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Quasi menacé	
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Ppyg	P		H4	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Préc. Mineure	

Le graphique suivant synthétise la proportion des effectifs touchés par espèce.

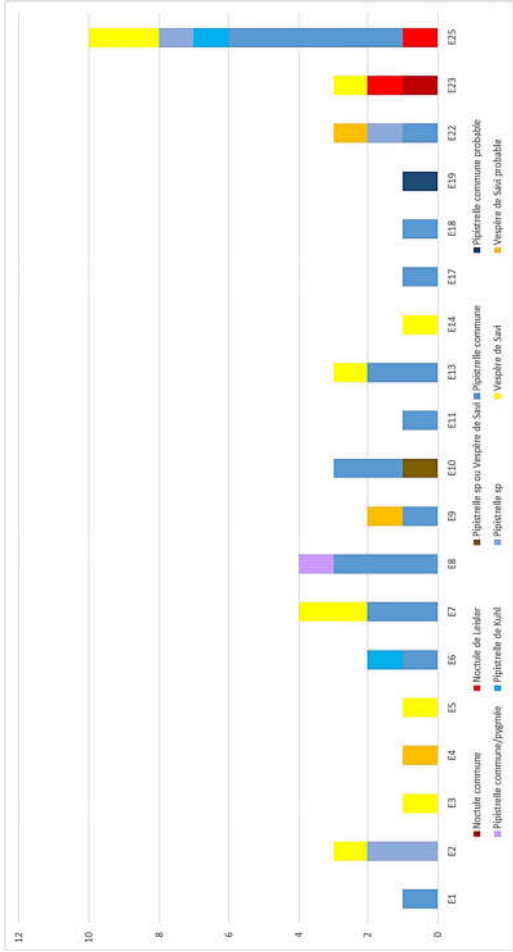
Figure 47 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2017



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

Le graphique suivant précise la répartition des cadavres des différentes espèces par éolienne.

Figure 48 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2017





#### 4.3.3.3 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations

La figure suivante représente les dates estimées (corrigées) des mortalités par espèce en 2017. Il s'agit de rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse en groupe, comportements sociaux...).

Deux types de mortalité peuvent être définis :

- La mortalité dite « régulière » correspond à une mortalité étalée sur la période de suivi et qui apparaît par hasard due à une activité régulière (mais très faible) des chiroptères en hauteur,
- Les pics de mortalité sont quant à eux brefs dans le temps et correspondent à plusieurs cas de mortalité consécutifs. Il s'agit d'une forte mortalité très ponctuelle qui est due à plusieurs facteurs climatiques dont la durée dans le temps ne dépasse pas quelques minutes ou quelques heures et qui augmente le risque de collision pour les chiroptères (conditions orageuses, essaimages d'insectes...).

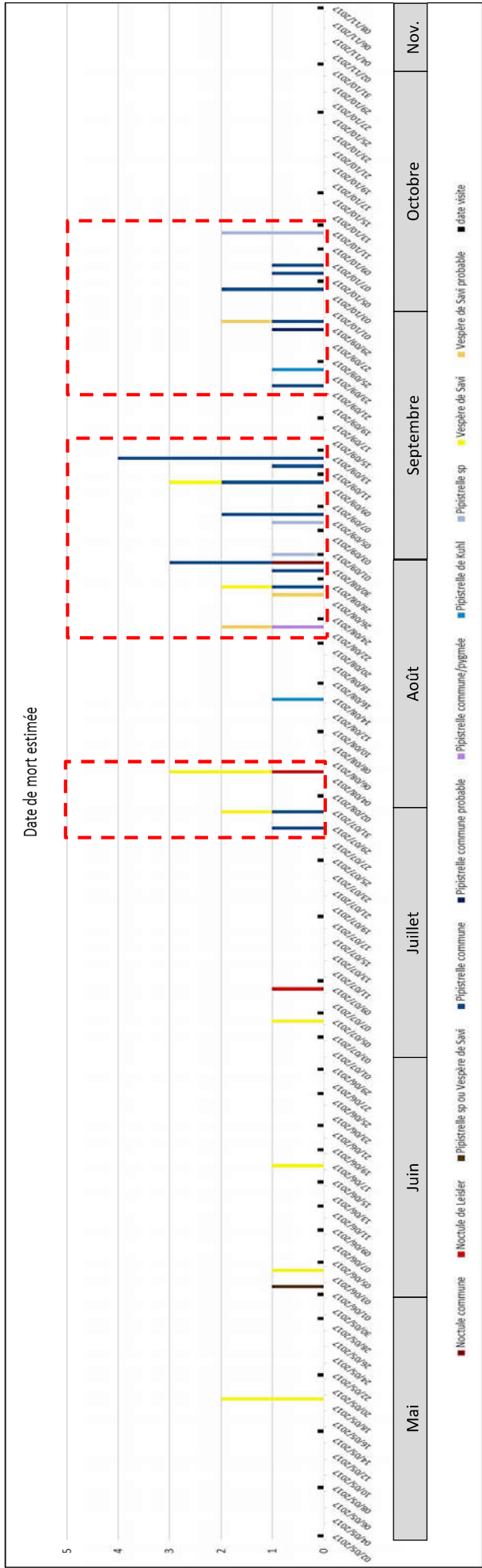
#### ▪ Pic de mortalité

Les pics de mortalité ont lieu vraisemblablement de fin juillet à début août, de fin août à mi-septembre et de fin septembre à mi-octobre. Généralement, selon les espèces, on considère que la période de fin d'été/début d'automne peut aussi bien correspondre à une phase de parades (regroupements de mâles et femelles reproducteurs pour accouplements) qu'à une phase de transits automnaux vers des secteurs d'hibernation, plutôt durant le mois de septembre-octobre (retours des femelles des espèces migratrices, ou transits moins importants en distance pour des espèces dites « résidentes »). Ces types de comportements peuvent théoriquement être propices à des déplacements à une altitude plus élevée que lors des déplacements habituels (chasse, transit). Dans notre cas précis, ce type de comportement migratoire/transit pourrait concerner la Noctule commune. Cependant, plusieurs cas de mortalité d'espèce de lisères pourraient correspondre avec des comportements de chasse d'essaimage insectes liés à des fortes chaleurs lors de cette période.

#### ▪ Mortalité dite régulière

Les mortalités de mai, de juin et de juillet sont plus étalées dans le temps, même si certaines d'entre elles sont espacées de 2 jours.

Figure 50 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (d'après les dates de mortalité estimée) en 2017



#### **4.3.3.4 Analyse croisée entre les données d'activité en hauteur et les données de mortalité au sol**

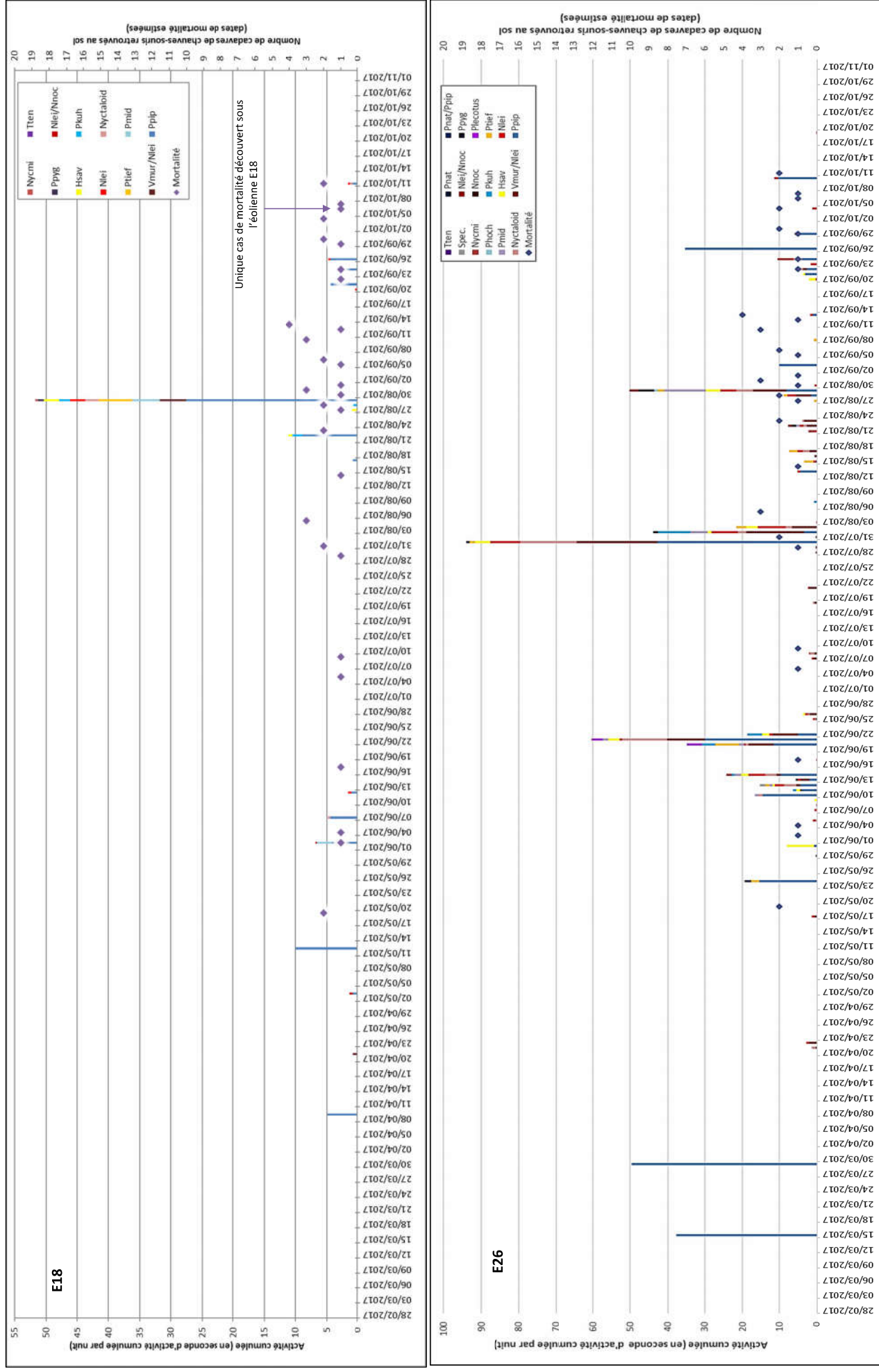
Les figures suivantes permettent de croiser les données d'activité relevée en nacelle d'éolienne (E18 et E26) avec les données de mortalité constatées au sol en 2017. Pour cette analyse, tous les cas de mortalité ont été pris en compte afin de voir s'ils coïncident ou non avec une période de plus forte activité. Pour rappel, seulement 1 cadavre a été trouvé sous l'éolienne E18, et aucun sous l'éolienne E26.

Etant donné qu'il reste difficile d'estimer précisément la date de mortalité des cadavres, il s'agit de porter davantage d'importance à la période d'activité plutôt qu'à une date en particulier.

Au regard des graphiques présentés sur la page suivante, on constate que les données de mortalité coïncident grossièrement avec les périodes d'activité des chauves-souris.

Il est difficile d'aller plus loin dans cette analyse étant donnée les biais liés à l'estimation des dates de mortalité.

Figure 51 : Chronologie d'activité enregistrée en hauteur (en haut : éolienne E26) et répartition des cas de mortalité relevés (à partir des dates de mortalité estimées) sous les éoliennes en 2017





■ Interprétation par espèce (phénologie, comportement de vol...)

- Pipistrelle commune (21 cas de mortalité certain et 7 probables)

En ce qui concerne la **Pipistrelle commune**, les 21 cadavres identifiés en 2017 avec certitude sont notés entre fin juillet (2 adultes), fin août (4 individus dont 2 mâles adultes, 1 femelle adulte et 1 femelle probable adulte) et septembre (6 femelles adulte, 3 mâles adulte, 1 mâle immature et 1 individu de sexe indéterminé) et début octobre (2 mâles adulte, 1 femelle adulte et 1 individu de sexe indéterminé). 6 autres individus sont « probables » (fin août à mi-octobre) car on ne peut être certain de la détermination vu l'état de décomposition des cadavres.

Fin juillet, il est probable que la mortalité ait concerné des individus en phase d'activité de chasse. En août, en septembre et en octobre, il est aussi probable que l'activité de l'espèce relève d'une activité de chasse, mais on ne peut exclure d'éventuels mouvements de transits.

Figure 52 : Cliché de la Pipistrelle commune découverte le 11 septembre 2017 sous l'éolienne E3



- Vespère de Savi (10 cas de mortalité certains et 4 probables)

En ce qui concerne le **Vespère de Savi**, les 10 cadavres identifiés en 2017 sont notés entre fin mai (2 femelles adulte), juin (1 femelle adulte et 1 adulte de sexe indéterminé), juillet (2 mâles adulte), août (2 femelles adultes, 1 immature probable) et septembre (1 femelle adulte). 3 autres individus sont « probables » (fin août et fin septembre) car on ne peut être certain de la détermination vu l'état de décomposition des cadavres ; 1 individu supplémentaire identifié en Pipistrelle sp ou Vespère de Savi est noté début juin. Ce dernier pourrait aussi correspondre à de la Pipistrelle de Kuhl.

Il est difficile d'aller plus loin concernant cette espèce puisque très peu d'informations concerne son écologie (comportements en période d'estivage, comportements migratoires, ...). Malgré tout, on peut supposer que ces individus étaient en train de chasser, profitant des opportunités alimentaires.

Figure 53 : Cliché du Vespère de Savi découvert le 22 mai 2017 sous l'éolienne E5



- Pipistrelle de Kuhl (2 cas de mortalité)

En ce qui concerne la **Pipistrelle de Kuhl**, les cas de mortalité constatés en 2017 sont notés mi-août et fin septembre (2 femelles adulte). A cette période de l'année, l'espèce se regroupe pour les parades (accouplements). Mais il est aussi probable que les cas de mortalité relevés soient liés à une activité de chasse. Les 2 hypothèses sont possibles.

Figure 54 : Cliché de la Pipistrelle de Kuhl découverte le 16 août 2017 sous l'éolienne E25



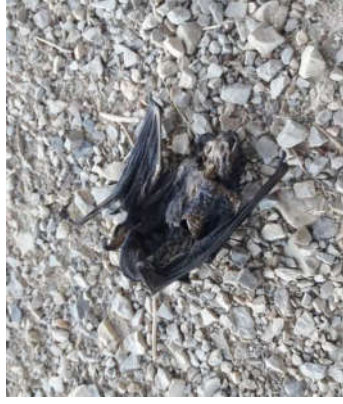
- Noctule de Leisler (2 cas de mortalité)

En ce qui concerne la **Noctule de Leisler**, les cas de mortalité sont intervenus mi-juillet et début août. La période de mortalités constatée suppose que cette espèce exploite le site durant la période estivale (comme le confirme les suivis d'activité en hauteur). En effet, avec l'arrivée des petits, l'activité de chasse de la Noctule de Leisler augmente pour répondre à l'allaitement, les déplacements diminuent en distance et les allers-retours nocturnes à la nurserie deviennent réguliers (Arthur & Lemaire, 2015).

Les cas de mortalité découverts mi-juillet et début août correspondent à deux femelles adultes. Elles peuvent correspondre à des femelles gravides qui ont mis bas dans le secteur durant la période estivale. Les secteurs de chasse de cette espèce ne sont pas forcément très définis, elle est plutôt vagabonde et

recherche des essaims d'insectes qu'elle gobe par filtrage. Elle est capable d'évoluer à des hauteurs importantes pouvant correspondre avec le rotor d'une éolienne. Dans notre cas précis, les individus impactés pouvaient soit être en transit, soit être en chasse au niveau du rotor avec une présence potentielle d'essaims d'insectes en hauteur.

Figure 55 : Cliché de la Noctule de Leisler découverte le 10 août 2017 sous l'éolienne E25



- Noctule commune (1 cas de mortalité)

En ce qui concerne la Noctule commune, l'unique cas de mortalité est intervenu fin août-début septembre. Il s'agit d'une femelle adulte. La période de mortalité constatée suppose que cette espèce exploite ponctuellement le site durant la fin de période estivale/début de période automnale (ce que confirme le suivi d'activité en nacelle d'éolienne avec quelques contacts fin août), ce qui laisse supposer que l'espèce utilise le site en migration. En effet, les migrations se déroulent en deux temps et concernent les femelles : de mi-mars à mi-avril pour leur départ vers la Russie et les Etats baltes, puis du début de septembre à la fin de l'automne pour le retour sur les lieux de parade puis d'hibernation dans nos régions (Arthur & Lemaire, 2015). Durant la migration, elle est capable d'évoluer à des hauteurs importantes pouvant correspondre avec le rotor d'une éolienne. Dans notre cas précis, l'individu impacté pouvait soit être en transit, soit être en chasse au niveau du rotor avec une présence potentielle d'essaims d'insectes en hauteur.

Figure 56 : Cliché de la Noctule commune découverte le 1<sup>er</sup> septembre 2017 sous l'éolienne E23



- Pipistrelle pygmée (7 cas de mortalité probable)

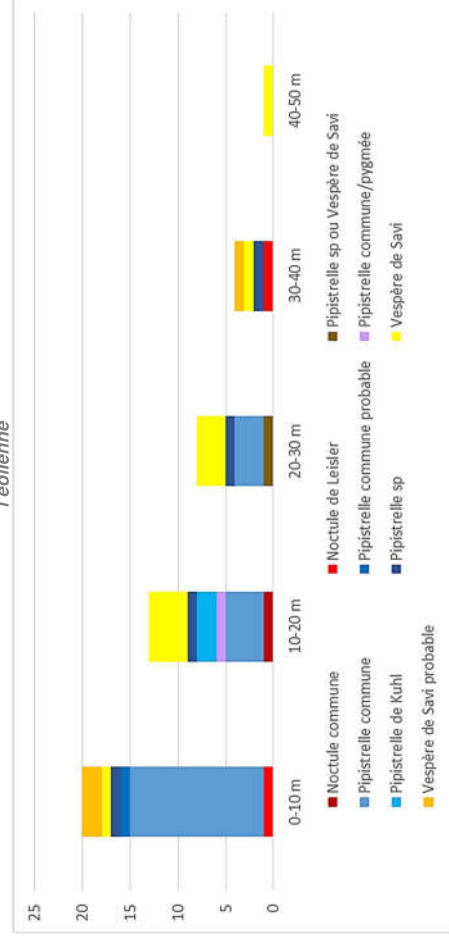
6 individus sont « probables » (fin août à mi-octobre) car on ne peut être certain de la détermination vu l'état de décomposition des cadavres. Il peut aussi bien s'agir de pipistrelles communes que de pipistrelle pygmées. A cette période de l'année, il peut aussi bien s'agir d'une mortalité liée à un comportement de chasse, qu'à un comportement social.

#### 4.3.4 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

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

Lors du suivi de 2017, le graphique suivant témoigne d'une dispersion peu marquée (les cadavres sont découverts à différentes distances du plus proche de l'éolienne à plus de 40 m). En effet, plus de la moitié des cadavres de 2017 est retrouvée à moins de 20m. Cette remarque est assez courante. Elle laisse présager des causes ou des conditions de mortalités particulières pour ces cadavres. Il s'agit donc d'individus impactés dans la partie basse du champ de rotation des pales d'éoliennes (en phase de chasse en altitude à la poursuite d'essaims d'insectes entraînés par les ascendances ou de transit à basse altitude) de façon à être peu dispersés.

Figure 57 : Graphique de répartition des cadavres de 2017 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



Pour préciser cette notion de dispersion selon les espèces, on peut ajouter que :

- La Pipistrelle commune est retrouvée aux différentes classes de distances (de 1 m à 26 m, voire plus en ne tenant compte des individus identifiés en pipistrelle sp), ce qui peut laisser penser que les collisions peuvent avoir eu lieu aussi bien pour des individus volant à la base du rotor que pour des individus volant bien plus haut.
- La Pipistrelle de Kuhl est retrouvée à 15 m du mât de l'éolienne, dans les 2 cas, ce qui peut laisser penser que la collision peut avoir lieu pour un individu volant à la base du rotor.
- Le Vespère de Savi est retrouvé aux différentes classes de distances (de 10 m à 41 m), ce qui peut laisser penser que les collisions peuvent avoir eu lieu aussi bien pour des individus volant à la base du rotor que pour des individus volant bien plus haut.
- La Noctule commune est retrouvée à 10 m du mât de l'éolienne, ce qui peut laisser penser que la collision peut avoir lieu pour un individu volant à la base du rotor.
- La Noctule de Leisler est quant à elle retrouvée à des distances par rapport au mât de l'éolienne (5 et 33 m), ce qui peut laisser penser que les collisions peuvent avoir eu lieu aussi bien pour des individus volant à la base du rotor que pour des individus volant bien plus haut.
- Les cas de mortalité probable de Pipistrelle pygmée laissent penser que les collisions peuvent avoir eu lieu aussi bien pour des individus volant à la base du rotor que pour des individus volant bien plus haut.

La distance moyenne de dispersion pour les 46 cadavres est d'environ 14,43 m. Finalement, nous retiendrons que les dispersions permettent de supposer qu'au moins une petite partie des mortalités constatées peut être liée à des vols hauts (dispersion importante), mais que la plupart des distances de dispersion est faible. On peut alors plutôt supposer que la majorité des mortalités ait été occasionnée, soit à des hauteurs de vols correspondant à la partie basse du champ de rotation des pales d'éoliennes, soit par vent faible. Les deux hypothèses sont possibles.



#### 4.3.5 Taux de mortalité des chauves-souris

##### 4.3.5.1 Planning du suivi de la mortalité et hauteur du type de végétation en 2017

Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents types de végétation.

3 types de recouvrement du sol ont donc été créés :

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

Cette proportion est calculée au prorata de la surface prospectée. Par exemple, si sur une surface de 1 hectare, nous prospectons 0,4 hectares (0,6 hectares de boisement) et que sur ces 0,4 hectares, 0,2 hectares correspondent à du type 1 et 0,2 hectares correspondent à du type 2, nous aurons alors prospecté 50% en type 1 et 50% en type 2.

Le tableau ci-contre montre la part moyenne de chaque type végétation au cours du suivi, ainsi que la mortalité constatée à chaque visite sous les éoliennes suivies.

**A noter que le suivi a été réalisé de façon complète uniquement sur les éoliennes E1, E3, E5, E7, E8, E10, E13, E17, E18, E20, E22, E23, E25 et E26. Le calcul de l'estimation du taux de mortalité prendra en compte uniquement les cas de mortalité découverts sous ces 14 éoliennes. De même, il ne prendra pas en compte le cas de mortalité découvert hors protocole, c'est-à-dire pendant la pose des poussins pour le test prédation du 5 juin.**

Figure 58 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque type de végétation et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque type de végétation et nombre total de cadavres de chauves-souris découverts sous les éoliennes suivies de façon complète)

	Végétation			Mortalité CS
	Type 1	Type 2	Type 3	
02-mai	58.62	33.91	7.47	
08-mai	58.62	33.91	7.47	
15-mai	61.19	31.09	7.72	
22-mai	61.19	31.09	7.72	2
29-mai	60.88	30.55	8.57	
01-juin	61.19	31.09	7.72	
06-juin	61.19	31.09	7.72	
09-juin	61.19	31.09	7.72	1
12-juin	61.19	31.09	7.72	
15-juin	61.19	31.09	7.72	
19-juin	61.19	31.09	7.72	
22-juin	58.62	33.91	7.47	1
03-juil	61.19	31.09	7.72	
06-juil	61.19	31.09	7.72	
10-juil	58.62	33.91	7.47	2
18-juil	61.19	31.09	7.72	
25-juil	61.19	31.09	7.72	
02-août	58.62	33.91	7.47	1
10-août	58.62	33.91	7.47	2
16-août	58.62	33.91	7.47	1
21-août	58.62	33.91	7.47	
24-août	58.62	33.91	7.47	
29-août	58.62	33.91	7.47	4
01-sept	58.62	33.91	7.47	2
04-sept	61.19	31.09	7.72	
07-sept	61.19	31.09	7.72	
11-sept	58.62	33.91	7.47	7
14-sept	61.19	31.09	7.72	2
18-sept	58.62	33.91	7.47	3
21-sept	58.62	33.91	7.47	
25-sept	57.05	34.49	8.46	1
02-oct	45.11	22.92	5.69	
05-oct	57.49	34.50	8.01	2
09-oct	58.62	33.91	7.47	3
12-oct	45.11	22.92	5.69	
16-oct	58.62	33.91	7.47	
26-oct	58.62	33.91	7.47	
01-nov	58.62	33.91	7.47	
08-nov	58.62	33.91	7.47	
<b>Moyenne</b>	<b>59.71</b>	<b>31.64</b>	<b>6.97</b>	<b>34.00</b>