

Brinkmann, R., Schauer-Weissahn, H. & F. Bontadina, 2006.
Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg

Etudes sur les effets potentiels liés au fonctionnement des éoliennes sur les chauves-souris dans le district de Freiburg

Synthèse de Marie-Jo Dubourg-Savage (avril 2006)

NdT : Toutes les publications et rapports ayant mentionné la découverte de cadavres de chauves-souris sous des éoliennes en Allemagne avaient été réalisés jusqu'en juillet 2004 dans des milieux d'agriculture intensive du nord et de l'est du pays. Par ailleurs les victimes étaient généralement découvertes par hasard et non au cours de recherches standardisées. La traduction partielle, présentée ici, concerne des études réalisées en 2004 et 2005 dans la circonscription de Fribourg par Brinkmann *et al.* Elles avaient d'abord pour objectif de vérifier si les parcs éoliens installés sur les sommets boisés de la Forêt Noire étaient également meurtriers et dans l'affirmative de tenter d'estimer l'ampleur des collisions et de comprendre pourquoi.

Il existe aussi un rapport d'une autre étude réalisée par Behr et von Helversen dans la même région qu'il sera intéressant de comparer.

La traduction présentée ici ne reprend que les paragraphes importants de la « méthodologie traditionnelle ». La partie sur l'étude à l'aide d'une caméra thermique fera l'objet d'une traduction ultérieure.

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS

2. RECHERCHE DES CHAUVES-SOURIS SOUS LES EOLIENNES

2.1. Introduction et problématique

2.2 Méthodes

2.2.1. Choix des sites d'étude et des périodes de contrôle

Une recherche systématique de cadavres a donc été entreprise pour 16 éoliennes de parcs différents, de fin juillet à fin octobre 2004. Les contrôles étaient effectués à intervalles de 5 jours. 9 éoliennes (groupe1) étant contrôlées le premier jour et 7 (groupe 2) le jour suivant. En outre quelques-unes de ces machines furent aussi contrôlées de manière aléatoire en complément de la période de contrôle.

En 2004, 18 contrôles systématiques ont eu lieu, plus 4 aléatoires.

Les contrôles concernaient des éoliennes différant par le type/constructeur, la hauteur du moyeu, le diamètre du rotor, le lieu d'implantation (chablis, forêt, prairie) et l'altitude (de 470 à 1000 m).

La mortalité ayant été prouvée en 2004, il s'agissait de voir en 2005

- si les collisions se produisaient aussi lors de la migration de printemps et en début d'été
- s'il existait des différences entre les années dans le nombre de collisions.

Il faut noter que les auteurs indiquent bien qu'en 2005 les éoliennes choisies (8) ne sont pas représentatives de toutes les éoliennes du district de Fribourg, mais qu'elles ont été choisies

parce qu'étant celles où en 2004 la mortalité avait été la plus forte. C'est pour répondre aux deux hypothèses précédentes que le choix s'était porté sur elles.

Les contrôles eurent lieu de début avril à mi-mai et de mi-juillet à mi-octobre, à intervalles réguliers de 5 jours.

En 2005, 30 contrôles ont donc été réalisés sur ces 8 machines.

2.2.2. Taille et structure des aires prospectées

La recherche fut effectuée dans un rayon de 50 m autour pied du mât. La couverture arborée ou arbustive ne permettant pas de contrôler la totalité de la superficie, pas plus que la hauteur de l'herbe dans les prairies à certaines périodes, la structure de la végétation a été classée en 5 catégories :

- ouvert : sans végétation , le plus souvent gravier et chemins
- peu végétalisé : herbe éparses
- très végétalisé : graminées et joncs denses
- très fortement végétalisé : ronces et genêts
- forêt

Seules les trois premières catégories ont été contrôlées et leur aire cartographiée et calculée par Arcview 3.2.

2.2.3. Recherches et enregistrement des données sur le terrain

Transects espacés de 6 m de façon à pouvoir contrôler 3 m de part et d'autre du parcours.

En fonction de la taille et des caractéristiques de la superficie à couvrir, 30 à 50 mn ont été nécessaires par éolienne.

A chaque découverte d'une victime, l'animal a été photographié in situ, sa distance au pied du mât mesurée, une première description superficielle réalisée (blessures apparentes, degré de momification etc). Toutes les données ont été notées sur une fiche standard.

2.2.4. Test de disparition des cadavres

Du 17/08 au 27/08/2005, cinq des huit éoliennes régulièrement contrôlées ont fait l'objet d'un test pour déterminer le temps que mettait un cadavre à disparaître et pouvoir ainsi calculer un facteur de correction pour la prédation.

Dix souris de laboratoire mortes (de couleur similaire à celle des chauves-souris et de taille légèrement supérieure à celle d'une Noctule de Leisler) ont été réparties par éolienne en terrain ouvert, peu végétalisé et très végétalisé. Leur présence a été contrôlée pendant 10 jours consécutifs. Le moment de leur disparition a été protocolisé. Parfois des traces au sol permettaient de trouver la cause de leur disparition. Dans le cas d'insectes nécrophages, la visibilité du cadavre fut contrôlée jusqu'au moment où seule la marque du transect permettait encore de le repérer. A ce moment-là il était considéré comme « emporté ».

Les cadavres étaient répartis le long de transects linéaires (au moins 2 pour tenir compte des différentes classes de végétation) entre 2 et 40m du pied du mât. Une corde était tendue sur le transect avec des marques de couleur pour indiquer l'emplacement des cadavres.

Les souris mortes ont été manipulées avec des gants pour limiter les traces d'odeur humaine.

2.2.5. Test d'efficacité du chercheur

Le 11/10/05, 10 chauves-souris artificielles (fabriquées en fausse fourrure brun foncé et de la taille d'une Noctule de Leisler) ont été disséminées sous 6 des 8 éoliennes régulièrement contrôlées, dans les 3 classes de végétation de la zone à prospecter. Ces fausses chauves-souris ont été lâchées à hauteur du bassin pour qu'elles tombent naturellement. Le test eut lieu au cours d'un contrôle régulier des éoliennes, en veillant à ce que le temps de recherche habituel ne soit pas dépassé.

2.2.6. Statistiques

Les échantillons étaient généralement trop faibles pour permettre une analyse statistique. Quand cela a été possible, les méthodes utilisées sont indiquées.

2.3. Résultats

2.3.1. Nombre, espèces et statut des chauves-souris trouvées

Pour 18 contrôles de 16 éoliennes en 2004 et 30 contrôles de 8 éoliennes en 2005, 45 chauves-souris appartenant à 3 espèces ont été trouvées mortes ou blessées (1 individu mort le lendemain).

La majorité (35) a été trouvée sous les 16 éoliennes contrôlées systématiquement en fin d'été/automne 2004 et 5 lors de contrôles aléatoires, soit un total de 40 victimes pour 2004. En 2005, pour 8 éoliennes, pas de victime de début avril à mi-mai (12 contrôles espacés de 5 jours), mais 10 cadavres de mi-juillet à mi-octobre pour la même intensité de recherche qu'en 2004 (où 31 victimes avaient été trouvées sous ces mêmes éoliennes).

Avec 39 individus, la Pipistrelle commune a été la plus touchée (15 adultes, 21 subadultes, 3 indéterminés). Pour les 2 années confondues, mâles et femelles s'équilibrent, sans qu'il soit possible de dire si l'impact des éoliennes est différent selon l'âge ou le sexe des animaux. Il en est de même pour les 8 Noctules de Leisler retrouvées, mais l'échantillon est trop faible pour en tirer des conclusions.

Outre ces deux espèces, la Sérotine bicolore (1 en 2004 et 1 en 2005) et la Sérotine commune (1 en 2005) ont également été touchées.

2.3.2. Distribution temporelle de la mortalité

Au cours des deux années d'étude, les chauves-souris n'ont été victimes des éoliennes que de mi-juillet à mi-octobre.

Toutefois aucun contrôle n'ayant eu lieu de la fin octobre au début d'avril, ni de la mi-mai à la mi-juillet, les auteurs ne peuvent se prononcer pour ces périodes.

Au cours des deux années, la majorité des individus a été retrouvée entre la fin juillet et le début de septembre, mais avec de nettes différences dans le taux de découverte en 2004, différences qui sont à corrélérer avec les conditions météorologiques.

2004 : 70% des victimes entre le 31/07 et le 18/08

début août nuits très chaudes et peu venteuses

seconde moitié d'août : nuits fraîches, souvent très venteuses et pluvieuses

début septembre : nuits chaudes, généralement peu de vent

20% des victimes entre le 03 et le 06/09

Ensuite les cadavres ont été occasionnels.

2.3.3. Influence du lieu d'implantation et du type d'éolienne

En fonction des résultats obtenus jusqu'à présent, pas de différence dans le taux de découverte des chauves-souris en fonction du type d'éoliennes ou de leur emplacement dans les différents sites ou altitudes. La mortalité est identique dans le piémont (470m) et sur les plus hauts sommets (1100m). Pas de différence notable non plus entre les machines Nordex N62 (moyeu à 69m, diamètre du rotor 62m) et Enercon E66 (moyeu à 86 ou 98m, diamètre du rotor 70m).

Une différence très marquée apparaît en fonction de l'environnement immédiat : les cadavres retrouvés ont été nettement plus nombreux sous les éoliennes situées en forêt que sous celles en prairies (fig.8). Il faut cependant noter qu'en raison de la hauteur de l'herbe et d'accords

avec les agriculteurs, les éoliennes en prairie n'ont pas pu être contrôlées avec la même intensité.

2.3.4. Emplacement des cadavres par rapport au mât de l'éolienne

La majorité des cadavres ont été trouvés jusqu'à 30m de distance (max. 37m bien que la distance prospectée ait été de 50m). Mais les données doivent être analysées en fonction de la surface qu'il était possible de contrôler.

2.3.5. Test d'efficacité de la recherche

20 fausses chauves-souris ont été disséminées par structure de végétation contrôlée. Le taux de découverte est de 84% (16/20) en terrain dégagé, de 77% (14/20) en terrain peu végétalisé et de 40% (6/20) en terrain très végétalisé (fig.13).

2.3.6. Taux de disparition des cadavres

Dans l'ensemble les souris de laboratoire utilisées pour ce test ont disparu relativement vite. Plus de 90% avaient disparu le 6^{ème} jour après leur dépôt. Mais le taux de disparition variait selon les éoliennes.

En moyenne, le taux de disparition au bout de 5 jours était de 69% max. et 48,6% min.

Des Silphidés ont été observés à plusieurs reprises en train d'enterrer les cadavres, des guêpes et des mouches en train de les attaquer et des traces fraîches de sangliers indiquaient que ceux-ci pouvaient dévorer ce qu'il restait.

L'analyse des cadavres en laboratoire a montré que la majorité portait des traces d'attaque post-mortem par les insectes, mais aussi par des musaraignes, éventuellement des mulots et autres micromammifères. Les excréments de renard retrouvés sous les éoliennes indiquent que cette espèce peut aussi avoir contribué à la disparition des cadavres. En revanche aucun rapace diurne ou corvidé n'a été observé emportant un cadavre. Leur rôle est sans doute très faible dans les secteurs boisés étudiés.

2.3.7. Estimation du nombre effectif de victimes

Le nombre effectif de chauves-souris victimes de collision est calculé en tenant compte du taux de découverte (efficacité du chercheur), du taux de disparition des cadavres et de la surface contrôlée par rapport à la superficie prévue dans un rayon déterminé autour de l'éolienne, selon la formule :

$$H = (T-2\%) * S * A * F$$

H = Estimation du nombre effectif de victimes

T = Cadavres trouvés en tenant compte que selon nos calculs 2% des cadavres peuvent provenir de comptages précédents

S = Facteur d'efficacité de recherche, calculé à partir de 1/taux de découverte pour chacune des 3 structures de végétation contrôlées et de leur surface respective par rapport à la surface totale contrôlée sous l'éolienne

A = Facteur de disparition, différencié selon le taux de disparition moyen (58.8% correspond à un facteur 2.43) et la limite inférieure et la limite supérieure de la dispersion (limite inférieure 48.6%, facteur 1.95 ; limite supérieure 69%, facteur 3.23)

F = Facteur de surface, déterminé par le rapport de la surface contrôlée et de la surface non-contrôlée dans un rayon de 40m autour du mât.

Pour les 16 éoliennes régulièrement contrôlées en 2004, l'estimation est de 335 chauves-souris mortes (269-446) avec une moyenne de 20.9 (16.8-27.9) par éolienne (tab. 4). Si l'on tient compte qu'en 2004 aucune chauve-souris (ou très peu) n'a été trouvée sous les éoliennes en terrain dégagé, les chiffres moyens sont nettement plus élevés pour les machines en forêt : au total 297 (238-394) et une moyenne de 37.1 (29.8-49.3) par éolienne.

En 2005, pour ces 8 éoliennes, l'estimation est de 94 victimes (75-125) avec une moyenne de 11.8 (9.4-15.6) par éolienne (tab.5)

2.3.8. Nombre et espèces d'oiseaux morts

9 cadavres d'oiseaux, principalement *Delichon urbica* et *Apus apus* (3 de chaque), 1 *Apus melba* (juvénile bague la même année à Fribourg), 1 *Regulus sp.*, 1 *Hyppolais polyglotta*. Alors qu'en 2004 le rapport chauves-souris/oiseaux était de 40 :5 soit 8 fois plus de CS, il n'était plus que de 10:4 en 2005. Mais dans l'ensemble les chauves-souris découvertes étaient plus nombreuses que les oiseaux, dans un rapport de 5:1 (50 :9) pour la moyenne des deux années.

2.4. Discussion

2.4.1. Espèces et statut des chauves-souris victimes de collision

La Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler sont les deux espèces les plus touchées dans le district de Fribourg, or dans les autres études allemandes (Dürr et Bach 2004) elles étaient nettement moins représentées. En revanche, les victimes les plus communes dans le nord et le centre de l'Allemagne (*Nyctalus noctula* et *Pipistrellus nathusii*) n'ont pas été trouvées dans le cadre de cette étude bien qu'elles hivernent dans les forêts rhénanes dans le piémont de la Forêt Noire, donc relativement près des sites éoliens et qu'elles passent aussi dans le secteur lors des migrations de printemps et d'automne.

L'étude menée en 2004 sur le site de Roskopf près de Fribourg (Behr & Helversen, 2005) donne des résultats analogues : *Pipistrellus pipistrellus* (n=39) et *Nyctalus leisleri* (n=4). Contrairement à ce qui était jusqu'alors admis, à savoir que c'étaient les espèces migratrices se rendant dans leurs quartiers d'hiver qui étaient principalement concernées par la mortalité, cette étude-ci montre que des espèces locales sont vraisemblablement touchées à proximité de leurs colonies de mise bas. Mais il est remarquable que la mortalité ne commence qu'à partir de la mi-juillet, après la dispersion des individus des colonies. Il se peut que les individus aient alors un rayon d'action plus grand, allant chasser plus loin ou réalisant des déplacements nocturnes pour se rendre quelques heures dans des gîtes de regroupement automnal ou d'hibernation. Une étude réalisée en Allemagne (Simon et al 2004) au château de Marburg a montré que les Pipistrelles communes venaient de leurs colonies de parturition distantes de 20-25 km pour se regrouper ou vérifier leur gîte d'hibernation. Ces auteurs ont montré que ce « swarming » y était à son apogée en août. C'est précisément au cours de ce mois que le nombre de victimes sous les éoliennes de la Forêt Noire a été maximal.

2.4.2. Nombre de collisions

Nombres absolus

Le nombre absolu de chauves-souris mortes est étonnamment élevé (40 en 2004) et seuls Behr et Helversen ont trouvé un nombre absolu un peu plus important à Roskopf (44 en 2004 sous 4 éoliennes, mais avec un effort de contrôle plus intense).

Facteurs de correction pour l'estimation du nombre de victimes

Pour calculer le nombre effectif de victimes, des facteurs de correction ont été utilisés pour le taux de découverte, le taux de disparition des cadavres et la surface contrôlée. Le taux de découverte a peut-être été légèrement surestimé par le chercheur savait que de faux cadavres avaient été mis en place. Mais cette efficacité de recherche est comparable avec celle d'autres études (Koford et al. 2005, Kerns et al. 2005)

Le taux de disparition n'a été calculé que pour la seconde quinzaine d'août et pourrait être différent en juillet ou en octobre notamment compte tenu de l'activité biologique plus faible des prédateurs (nécrophores). Mais cela doit être relativisé car c'est bien en août que la plupart des cadavres ont été trouvés.

Une discussion sur l'intervalle entre les contrôles est nécessaire. Les collisions ne sont pas régulièrement réparties sur toute la période de contrôle, mais sont souvent groupées sur certains jours. Le nombre de jours entre l'évènement et le contrôle est donc important. Si un contrôle vient juste d'être effectué quand les chauves-souris entrent en collision avec les éoliennes, beaucoup de cadavres auront disparu au moment du contrôle suivant et le nombre de victimes sera sous-estimé. A l'inverse il y aura surestimation des victimes si le contrôle se déroule juste après l'évènement, car pour l'estimation c'est un nombre moyen de cadavres pour un pas de temps donné qui est fourni. Ceci a été démontré par Arnett et al (2005) pour un pas de temps hebdomadaire à partir de données quotidiennes. Dans leur cas, un contrôle hebdomadaire aurait, malgré les facteurs de correction, donné une sous-estimation des victimes avec un facteur 3, car par hasard les collisions les plus nombreuses se produisaient toujours un ou deux jours après un contrôle. A l'inverse une surestimation ne peut pas être exclue dans les mêmes proportions si la plus forte mortalité se produit juste avant le contrôle. Le pas de temps entre deux contrôles doit donc être le plus court possible. En revanche l'indication d'une fourchette pour le taux de disparition permet de montrer l'ordre de grandeur du nombre de victimes.

Le facteur de correction de surface n'indique qu'une distance de 40m car dans le cadre de cette étude le cadavre le plus éloigné était à 37m. Mais il faut supposer que d'autres cadavres pouvaient se trouver même au-delà des 50m. Behr et Helversen (2005) en ont également trouvé un à 95m de l'éolienne la plus proche.

En prenant un rayon de 40m pour calculer le facteur de surface, le nombre de victimes est sous-estimé. Il n'a pas été non plus tenu compte du fait qu'en limitant les contrôles à avril-mai (2005 seulement) et à août-octobre, toutes les victimes n'ont pas été comptabilisées, ce qui a également entraîné une sous-estimation de la mortalité estimée.

Résultats de l'estimation

L'estimation de la mortalité, pour les éoliennes étudiées dans la circonscription de Fribourg, montre pour la première fois de façon réaliste à quel taux de mortalité il faut s'attendre dans l'ensemble et pour les différentes éoliennes : 335 (269-446) victimes pour 16 éoliennes contrôlées en 2004 et 94 (75-125) pour les 8 éoliennes re-contrôlées en 2005.

Les études montrent qu'en se focalisant sur le nombre absolu de victimes trouvées sous les éoliennes l'ampleur des impacts est fortement sous-estimée. Pour cette raison dans toutes les études sur la mortalité par éoliennes il faut tenir compte du taux de découverte et du taux de disparition des cadavres qui sont spécifiques au site. Si lors des autres études allemandes ces facteurs de correction avaient été calculés et utilisés des valeurs comparables, aussi élevées ou plus fortes auraient été trouvées. Il existe

une série d'études nord-américaines et autrichiennes systématiques et méthodologiquement très détaillées avec lesquelles on peut comparer les résultats estimés de cette étude-ci (tab. 7). Il ressort de cette comparaison que les chiffres de mortalité les plus élevés concernent des éoliennes installées en forêt. C'est ainsi que Kern et al (2005) donnent pour des machines en forêt en Pennsylvanie et Ouest Virginie une moyenne de 25 et 38 victimes par éolienne contrôlée. Ces valeurs correspondent à peu près à celles que nous pouvons indiquer pour 2004 pour toutes ou pour seulement les 8 éoliennes situées en forêt. En revanche, en terrain ouvert (champs cultivés) il n'a été trouvé par exemple dans le parc To of Iowa que 5,9 ou 10,2 individus (2003/2004) (Koford 2005).

Pour 2 parcs éoliens dans l'est de l'Autriche, Traxler et al. (2004) donnent des chiffres moyens de 8 ou 5,3 individus par éolienne, alors que dans notre étude nous n'avons trouvé aucune victime sous les éoliennes en milieu ouvert. Ces données appuient l'hypothèse que les éoliennes situées en forêt sont bien plus meurtrières que les autres (voir aussi §4.4.3 la comparaison entre l'activité des différents sites).

Tab. 7: Mortalité de chauves-souris dans différents parcs éoliens aux USA, Espagne, Autriche et Allemagne

Lieu	Milieux	Période d'étude (PE)	Mortalité par éol/PE	Avec facteurs de correction (Efficacité, Disparition, Surface)
Buffalo Ridge MN P1	Champs et pâturages	1999	0.07	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Ridge MN P2		1998-2001	2.02	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Ridge MN P3		1999-2001	2.32	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Foot Creek Rim WY	Prairie, trembles, arbustes	1998-2001	1.04	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Vansycle OR	Champs et herbages	1999	0.74	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Wisconsin	Champs et pâturages	1999	1.10	Oui (ERICKSON et al. 2002)
Buffalo Mtn. TN	Forêt feuillus et sommet montagne	2001	10	Non (ERICKSON et al. 2002)
Mountaineer, W Virginia	Forêt en crête	31.07-11.09.2004	38	Oui (KERNS et al. 2005)
Meyersdale, Pennsylvania	Forêt en crête	31.07-11.09.2004	25	Oui (KERNS et al. 2005)
Top of Iowa	Terres agricoles près de zones humides	15.04-15.12.2003	5.91	Oui (KOFORD et al. 2005)
		24.03-15.12.2004	10.17	
Navarre NO Espagne	Pâturages et broussailles	1999-2001	2.6	E+D oui, S pas certain (ALCADE & SAENZ 2004)
Prellenkirchen, Est Autriche	Cultures	09.2003 à 09.2004	8.0	Oui (TRAXLER et al. 2004)
Steinberg, Est Autriche	Cultures	09.2003 à 09.2004	5.33	Oui (TRAXLER et al. 2004)

Puschwitz, Saxe	Stades de recolonisation forestière, pinèdes	18.08-10.10.2002	3.40	Non (TRAPP et al. 2002)
Rosskopf, Fribourg	Chablis en forêt	08-10.2004	21.5	S oui, E et D non (BEHR & HELVERSEN 2005)

2.4.3. Variation du nombre de victimes selon les années

En chiffres absolus on a constaté 31 victimes en 2004 et seulement 10 en 2005. Cela montre que le taux de mortalité par collision des chauves-souris peut varier considérablement selon les années.

Les faibles chiffres de 2005 peuvent être attribués aux températures dans l'ensemble plus fraîches de l'été, car les nuits chaudes et peu ventées pour lesquelles on pouvait s'attendre à une recrudescence des collisions ont été beaucoup plus rares qu'en 2004. Mais tant que l'on ignore pourquoi les chauves-souris s'approchent des éoliennes il est difficile d'interpréter ces différences.

2.4.4. Variations saisonnières

La distribution saisonnière des victimes correspond bien à ce qui était déjà connu, c'est-à-dire de juillet à septembre pour la grande majorité. Mais l'absence de cadavres entre début avril et mi-mai contredit ce qui ressort de la littérature à savoir quelques victimes irrégulières au printemps. Mais il faut tenir compte du fait que jusqu'à présent il n'y a eu que très peu d'études pendant cette période.

Les victimes trouvées en 2004 correspondent tout à fait aux résultats obtenus par Behr & Helversen (2005) qui ont également noté que la plupart des cadavres étaient trouvés après des nuits très chaudes et relativement peu venteuses. Ils ont montré qu'à Rosskopf l'activité des chauves-souris près des nacelles des éoliennes contrôlées avait lieu à 95% par des vitesses de vent < 6 m/s.

Le fait que les cadavres soient trouvés après des nuits chaudes et peu ventées se retrouve dans toutes les études réalisées jusqu'à présent (Arnett 2005, Johnson et al 2003, Trapp et al. 2002 etc.). L'explication de prime abord plausible d'une augmentation des risques de collision lors de ces conditions météorologiques, en raison d'une activité plus forte des proies et des chauves-souris est jusqu'à présent aussi peu prouvée que la thèse selon laquelle les victimes sont seulement projetées plus loin par vent fort et ne sont donc pas retrouvées.

En ce qui concerne l'absence de preuves lors des contrôles d'avril à mi-mai il faut tenir compte du fait qu'avec un intervalle de 5 jours entre les contrôles, les victimes peuvent facilement passer inaperçues lorsqu'elles sont peu nombreuses. Pour s'en assurer il faudrait réduire le pas de temps. Mais l'on peut toutefois partir du principe - étayé par quelques données publiées - qu'à cette période les collisions sont beaucoup moins nombreuses. Et pour les périodes non contrôlées on ne peut se prononcer sur une mortalité éventuelle.

2.4.5. Influence de l'emplacement et du type d'éolienne

Aucune tendance n'a été notée quant au type d'éolienne ou à l'altitude du site. Des collisions se sont produites dans toutes les configurations, mais l'échantillon est beaucoup trop faible pour permettre une analyse.

Au cours de l'étude, l'influence souvent discutée des balises lumineuses des éoliennes n'a pas été examinée. Par principe il est possible que les insectes-proies et par voie de conséquence les chauves-souris soient attirés par les feux de positionnement. Lors d'études comparatives réalisées aux USA entre éoliennes avec ou sans feux, aucune différence significative n'a été notée dans l'activité des chiroptères.

3. Autopsie des victimes

3.1. Introduction et problématique

On peut s'étonner que des autopsies vétérinaires systématiques des victimes n'aient pas encore réalisées en Allemagne. Elles auraient pu permettre de donner un complément d'information sur la cause de la mort ou sur le comportement des animaux près des machines. Lors de l'examen des cadavres récoltés dans le cadre de l'étude présente, les questions qui se posaient étaient les suivantes :

- pour quelles raisons les animaux sont-ils morts ? Y a-t-il un rapport avec l'énergie éolienne ou d'autres raisons entrent-elles en jeu ?
- quel est le statut des animaux ?
- quel est leur état nutritionnel ? Ont-ils mangé avant de mourir ?

3.2. Méthodologie

Le Dr. Ursel Häussler s'est chargée des autopsies pour déterminer la cause de la mort et les méthodes et résultats présentés ici sont extraits de ses rapports (Häussler 2004 et com.pers. 2005).

- Contrôle et si possible complément sur le statut de l'animal (espèce, sexe, âge, état reproducteur). Si nécessaire avec vérification au microscope de la production de sperme ou de l'insémination.
- Vérification de l'état de conservation et relevé des blessures externes (tête particulièrement examinée pour rechercher saignements et fractures du crâne) ;
- Biométrie (longueurs de l'avant-bras et du 5^{ème} doigt)
- Autopsie des cadavres presque frais
 - a. Pour vérifier l'état alimentaire général (dernier repas, voies digestives, guano dans le rectum)
 - b. Pour vérifier les blessures internes dans la cage thoracique et l'abdomen.

16 cadavres (12 *Pipistrellus pipistrellus* et 4 *Nyctalus leisleri*) furent autopsiés. Les observations visuelles furent confirmées au microscope stéréoscopique (jusqu'à x 50). Des modifications d'organes et des hémorragies furent constatées. 7 chauves-souris furent congelées après autopsie pour examens ultérieurs. Toutes les autres (autopsiées ou non) mises dans l'alcool à 75%

3.3. Résultats

3.3.1. Blessures et fractures du crâne visibles extérieurement

Sur les cadavres de 2004, seuls 4 individus présentaient des ailes cassées et des blessures à la tête apparentes manifestement en rapport avec la mort de l'animal. A l'exception de 2 individus on constata sur des exemplaires bien conservés (n=14) du sang dans les narines et le plus souvent aussi dans la gueule. En partie des ecchymoses sur la muqueuse buccale de la mâchoire supérieure. L'examen du conduit auditif (sous binoculaire) a permis de constater chez 5 individus du sang derrière le tympan, ce qui suggère – du moins dans ces cas là – des fractures du crâne. Les crânes prélevés et préparés (une pipistrelle et une noctule) ont montré des fractures de l'arcade zygomatique et des déformations des bulles tympaniques ou des fractures de la base du crâne.

En 2005, 6 animaux ont été trouvés avec des fractures des ailes et des blessures à la tête à l'origine de la mort. Comme l'année précédente il s'agissait de fractures de l'avant-bras (2 individus), d'hémorragies des gencives (1 ind.), de sang dans les conduits auditifs (2 ind.) dans les bulles tympaniques (1 ind.) et dans la gueule (1 ind.) ; de fractures de la mâchoire inférieure (1 ind.) de la mâchoire supérieure (1 ind.) et d'une fracture de la base postérieure du crâne (1 ind.).

Aucune blessure n'a pu être attribuée à une attaque de rapace. Il est donc pratiquement exclu que les lieux de découverte des cadavres aient été des postes de plumée ou le terrain de chasse favori d'un rapace.

3.3.2. Résultats des autopsies

Les Pipistrelles communes et les Noctules de Leisler en bon état de conservation et sans blessures apparentes présentaient généralement un hémothorax évident. Ce fut confirmé sur les 4 pipistrelles autopsiées. Des hémorragies aussi importantes dans la cage thoracique permettent de conclure à un traumatisme brutal. La preuve de cette hypothèse suppose une préparation anatomique fine qui n'a pas été réalisée dans le cadre de cette étude.

Le tissu pulmonaire paraissait intact. Mais des effets barotraumatiques sur les alvéoles pulmonaires (dépression ou surpression relatives) à l'origine de l'hémothorax observé ne peuvent être exclus. Par suite de l'hémothorax, les organes de l'abdomen étaient ischémiques. Des déchirures de la paroi abdominale, d'origine inconnue et peut-être post mortem, ont été constatées dans certains cas. Mais pas de « déchirure interne » de l'abdomen consécutives à de fortes pressions dont il sera question dans les causes de la mort.

Tous les animaux disséqués sont morts alors qu'ils étaient en parfait état physique. Ils avaient des réserves de graisse brune. A l'exception d'un seul, les intestins présentaient des aliments en bouillie et la défécation était proche. Aucun estomac n'a été trouvé plein. Pour déterminer plus précisément le type de nourriture et le moment de la dernière ingestion il faudrait pratiquer des examens systématiques.

3.4 Discussion et conclusion provisoire sur la cause de la mort

Les causes de mort naturelle (au sens large) et les maladies sont exclues.

- Apparemment les chauves-souris (dont de nombreux juvéniles) étaient bien nourries.
- Il n'y a aucun signe d'affection causale (infections, fort parasitisme, toxines chimiques).
- Etant donné les réserves de graisse des victimes et le fait qu'elles s'étaient nourries avant leur mort, on ne peut considérer qu'elles pouvaient être affaiblies par une accumulation de toxines résultant de déplacements à longue distance ou une activité de « swarming » consommatrice d'énergie.
- Des attaques de rapaces auraient laissé des blessures caractéristiques.

Les blessures internes sont clairement d'origine traumatique. La seule conclusion possible c'est que la mort des chauves-souris retrouvées est en rapport avec les éoliennes.

4. Observation de l'activité des chauves-souris près des éoliennes à l'aide d'une caméra thermique.