



EOLIENNES EN SUISSE

MORTALITÉ DE CHAUVES-SOURIS

Rapport mars 2008



RÉSUMÉ

La Suisse, comme de nombreux pays européens, développe son parc d'installations éoliennes. La Confédération souhaite mettre en évidence dès à présent tous les facteurs (paysagers et biologiques) qui peuvent remettre en question les nouvelles installations. La présente étude fait le point sur la problématique des chauves-souris et des éoliennes uniquement.

Les influences négatives des installations éoliennes et plus spécialement des parcs éoliens sur les chauves-souris, espèces protégées au niveau fédéral, ne peuvent pas être écartées. Les populations locales et les espèces en migration dans les corridors alpins peuvent être touchées de manière critique.

Avec cinq installations étudiées, seule une petite partie des types de paysages concernés a pu être analysée. Le concept énergie éolienne en Suisse (2004) a dénombré plus de cent sites potentiels et d'autres sites sont encore prospectés. Parmi ces endroits, il faudra attacher une grande attention à ceux qui sont proches de colonies d'espèces en voie de disparition et ceux dans des situations paysagères particulières dans les alpes ou les vallées alluviales.

Mandant	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) • Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Gestion des espèces, CH-3003 Berne • Office fédéral de l'énergie (OFEN)
Auteurs	Yves Leuzinger - Alain Lugon - Fabio Bontadina
Institution mandatée	Natura biologie appliquée
Adresse	Saucy 17, 2722 Les Reussilles
Téléphone	+41 32 487 55 14
e-mail, site Internet	leuzinger@bureau-natura.ch / www.bureau-natura.ch
N° projet / n° contrat	
Responsable du projet	B. Magnin (OFEV) et M. Geissmann (OFEN)
Durée du projet	Mai à décembre 2007
Date	Mars 2008
Approbation OFEV	
Approbation OFEN	



Remarque: La présente étude a été réalisée sur mandat de l'OFEV et de l'OFEN. Seul le mandataire porte la responsabilité de son contenu.

GROUPE DE TRAVAIL

Direction de projet

Yves Leuzinger
Alain Lugon - L'Azuré
Fabio Bontadina - SWILD

Collaboration

Christophe Brossard
Carine Vogel – L'Azuré
Ruth Ehrenbold - Fledermausschutz Luzern
Samuel Ehrenbold - Fledermausschutz Luzern
Kathi Märki - SWILD

Citation

Leuzinger, Y., Lugon, A. & Bontadina, F. 2007. Éolienne en Suisse - Mortalité de chauves-souris. Rapport inédit sur mandat de l'OFEV et l'OFEN, 17 pages.

Fichiers concernés

262 rapport final mars 2008.doc

Table des matières

1	Abstract	5
2	Introduction.....	6
2.1	Eolienne en Suisse et requête de l'OFEV et de l'OFEN.....	6
2.2	Des mammifères particuliers	6
2.3	Evaluation des études nécessaires.....	7
2.4	Objectifs de la présente étude	7
3	Méthodes	8
3.1	Recherches bibliographiques	8
3.2	Les sites retenus	8
3.3	Structures paysagères des sites retenus	9
3.4	Connaissance des populations de chauves-souris dans les secteurs d'études .	10
3.5	Caractéristiques des éoliennes concernées.....	11
3.6	Prospections	11
3.7	Tests de détectabilité et de disparition	12
4	Résumé des connaissances sur le sujet.....	13
5	Résultats.....	15
5.1	Résultats principaux.....	15
5.2	Résultats des tests	15
6	Discussion	18
6.1	Difficultés de prospection de terrain	18
6.2	Résultats bruts et pondérés.....	18
6.3	Représentativité des sites retenus.....	19
7	Conclusions	20
7.1	Avis des experts de cette étude	20
7.2	Précautions lors de nouvelles installations	21
7.3	Propositions d'études complémentaires.....	22
8	Bibliographie.....	23
9	Annexes	24
9.1	Typologie des sites	24
9.2	Documentation photographique des sites étudiés	24
9.3	Données détaillées des visites	24

1 ABSTRACT

There are growing concerns about possible negative impact of wind turbines on bats. In this study we evaluated the occurrence of bat mortality caused by wind turbines in Switzerland.

From about 20 existing wind turbines in year 2007 we selected five medium to large sized turbines in two hilly regions of Switzerland. Between June and October we searched 10 times in regular intervals for carcasses on the ground (total 50 controls) in a circle of up to 40m distance to the tower. We measured detectability and bait removal rates by experiments at every site (using 12 dummy bats and 10 dead mice per site, respectively).

Two bat carcasses were found at two sites, one of the migrating species *N. leisleri* in August, another in September, belonging to the non-migrating species *P. pipistrellus*. The detectability was $74 \pm 13\%$ (mean $\pm$ SD). The removal rate was $72 \pm 25\%$ in the first 2-3 days and an average of 91% in the control intervals of 15 days. Estimates of seasonal bat mortality, corrected for season, detectability and removal rate, revealed an average of 8.2 (range 4.9 – 11.4) dead bats per turbine and season.

This study demonstrates the occurrence of bat mortality caused by wind turbines in Switzerland. However the estimated mortality per season remains in international comparisons small to medium at the studied sites. The mortality of individuals of endangered and protected species is a serious issue, but most important, the long-term effect on populations is difficult to assess. In the case of the investigated wind turbines the negative impact on bats does not generally preclude the development of wind energy sites in Switzerland. We recommend avoiding sites in and near woodlands. The abundance of local and migratory bats at planned sites should be evaluated, obligatory in the case of larger wind parks and at exposed sites (ridge tops, mountain passes, river valleys), in order to consider adequately bat conservation.

2 INTRODUCTION

2.1 **EOLIENNE EN SUISSE ET REQUÊTE DE L'OFEV ET DE L'OFEN**

La Suisse, comme de nombreux pays européens, développe son parc d'installations éoliennes. La Confédération souhaite mettre en évidence dès à présent tous les facteurs (paysagers et biologiques) qui peuvent remettre en question les nouvelles installations. La présente étude fait le point sur la problématique des chauves-souris et des éoliennes uniquement.

Les chauves-souris volant aux alentours des installations éoliennes peuvent se faire happer par les pâles et mourir par les chocs engendrés. Les raisons de la non détection de ces mouvements dangereux par les chauves-souris est en cours d'étude mais demandera de nombreuses recherches.

Idéalement, il faudrait mesurer en Suisse quelle est l'importance du phénomène, le documenter, l'expliquer puis proposer des mesures spécifiques à nos contrées. Cette première étude est un test sur quelques éoliennes choisies afin de mesurer l'ampleur du problème dans nos régions.

Les chauves-souris représentent le tiers de la population mammifère de Suisse. Les femelles mettent au monde un seul petit par année chez la grande majorité des espèces. La stratégie de survie des populations dépend ainsi principalement de la longévité des individus qui ont passé le cas des premières années.

Dans ce contexte, ce groupe peut être particulièrement menacé par des installations isolées du type des éoliennes. C'est avant tout la vitesse des pâles aux extrémités (proche de 300 km/h pour les éoliennes actuelles) qui semble responsable des cas de mortalité chez les chauves-souris.

2.2 **DES MAMMIFÈRES PARTICULIERS**

Les 28 espèces de chauves-souris de Suisse représentent le tiers des espèces de mammifères présents sur notre territoire. Les femelles mettent au monde un seul petit par année chez la grande majorité des espèces. Pour compenser cette faible natalité, la stratégie de survie des populations dépend ainsi principalement de la longévité des individus (longévité moyenne de 5 ans avec des records de plus de 30 ans constatés en Suisse) qui ont passé le cap des premières années. Une mortalité même faible d'adultes (en comparaison avec des populations de souris par exemple) peut avoir des conséquences importantes sur les populations.

Dans ce contexte, ce groupe peut être particulièrement menacé par des installations isolées du type des éoliennes. C'est avant tout la vitesse des pâles aux extrémités (proche de 300 km/h pour les éoliennes actuelles) qui semble responsable des cas de mortalité chez les chauves-souris.

2.3 EVALUATION DES ÉTUDES NÉCESSAIRES

D'un point de vue strictement scientifique, il faudrait aborder le problème de la mortalité des chauves-souris attribuée aux éoliennes par différentes étapes détaillées:

- Une évaluation détaillée des connaissances sur le sujet.
- Une étude des populations de chauves-souris dans les régions où se situent les installations. La présence saisonnière des chauves-souris pour la reproduction, la chasse ou la migration devrait être établie.
- Une analyse des structures paysagères aux alentours des installations.
- Une étude du comportement des chauves-souris aux alentours des éoliennes.
- Une évaluation de la mortalité effective sur la base de la recherche des cadavres.
- Une analyse des caractéristiques des éoliennes prospectées.
- Une analyse comparative entre la mortalité des chauves-souris, les caractéristiques techniques des éoliennes et la structure paysagère.

Dans ces conditions, des propositions de mesures ciblées et fondées pourraient être faites pour le développement des installations.

Le mandant désirait avant tout avoir un aperçu général de la situation en Suisse. Notre projet tient compte de cette volonté en ne reprenant qu'une partie des études potentielles citées ci-dessus.

2.4 OBJECTIFS DE LA PRÉSENTE ÉTUDE

Le but étant clairement de préciser dans une première phase la problématique générale et de voir si la Suisse est aussi concernée par le problème, nous nous sommes concentrés en 2007 sur les points suivants:

- Une évaluation générale des connaissances sur le sujet.
- Une description des populations de chauves-souris connues à proximité des secteurs d'études
- Une analyse des structures paysagères aux alentours des installations.
- Une évaluation de la mortalité effective dans deux régions différentes de Suisse.
- Une analyse des caractéristiques des éoliennes prospectées.
- Un rapport de synthèse et une proposition d'études complémentaires

3 MÉTHODES

3.1 RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

Grâce aux Centres chauves-souris de Suisse et aux connaissances spécifiques des auteurs, une synthèse de la situation a été dressée. Nous avons recherché les informations disponibles sur Internet, les données propres aux auteurs et la bibliographie des études existantes.

3.2 LES SITES RETENUS

Il était important de faire cette première approche dans des sites connus et bien documentés. C'est le cas notamment pour la région du Mont-Soleil dans le Jura-bernois. Idéalement, différents sites représentatifs des diverses conditions géographiques et topographiques prévalant dans le pays devaient être retenus. La définition du minimum d'investigations nécessaires pour chaque site nous a conduits à réduire le nombre de sites en fonction du budget disponible. Nous avons ainsi retenu trois installations sur un site de grandes éoliennes des crêtes jurassiennes (8 éoliennes en activité et 8 autres planifiées pour 2008), une petite éolienne privée dans la même région et une installation en zone collinéenne pré-alpine dans l'Entlebuch.

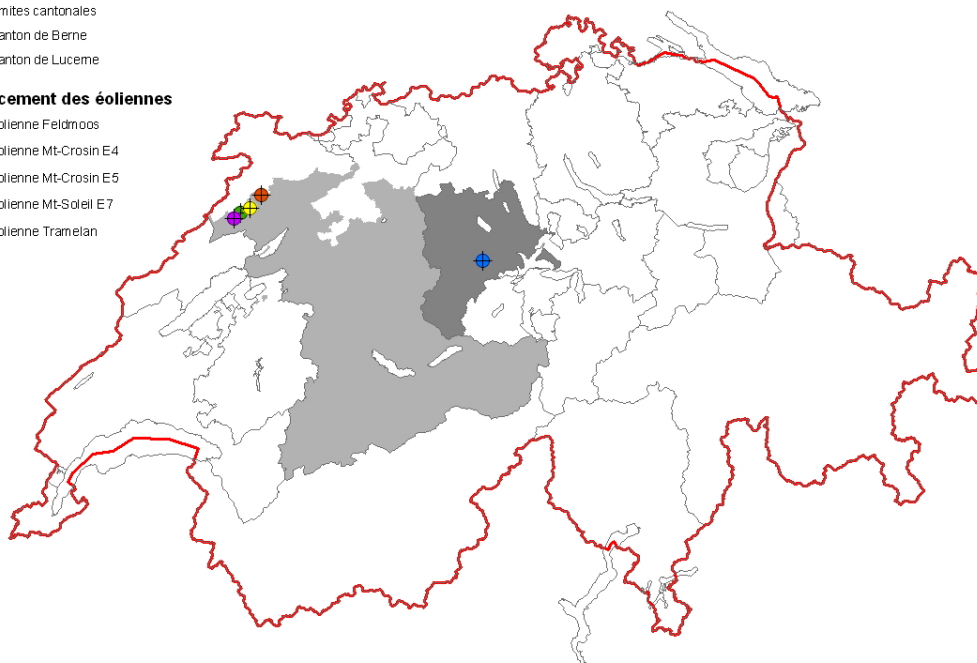
Légende

Cantons

- Limites cantonales
- Canton de Berne
- Canton de Lucerne

Emplacement des éoliennes

- Eolienne Feldmoss
- Eolienne Mt-Crosin E4
- Eolienne Mt-Crosin E5
- Eolienne Mt-Soleil E7
- Eolienne Tramelan



3.3 STRUCTURES PAYSAGÈRES DES SITES RETENUS

La présence de chauves-souris sur un site dépend de plusieurs facteurs. La proximité d'une colonie, la structure paysagère et l'occurrence de passages migratoires sont ceux que nous avons retenus prioritairement.

Pour montrer dans quel contexte les études ont eu lieu, nous avons élaboré pour les différents secteurs une carte de la structure paysagère. Nous avons utilisé une typologie qui a servi à déterminer les composantes paysagères du site de Mont-Soleil pour fixer les conditions d'implantation de nouvelles éoliennes (Leuzinger 2007). Cette typologie se rapproche de celle utilisée par la Confédération pour la cartographie des paysages suisses.

Nos connaissances locales ont ensuite permis de définir les deux autres critères et la faune chiroptérologique principale des régions concernées.

3.3.1 Mont-Soleil - Trois éoliennes

Crête typique de la chaîne du Jura, le site de Mont-Soleil se caractérise par la succession de zones forestières, de pâturages boisés et de zones agricoles à 1200 m d'altitude. Les pâturages alternent avec les prés de fauches et de rares terres cultivées. Les fermes sur le site sont occupées toute l'année. Les prés et les pâtures sont exploités de manière semi-intensive, mais de nombreux pâturages riches en secteurs secs abritent encore une flore diversifiée (et des secteurs de pâturages secs).

Une des éoliennes est proche d'une ferme alors que les deux autres sont implantées au milieu des prés et pâturages.

3.3.2 Tramelan – Une éolienne

L'éolienne privée est située à proximité de la ferme des propriétaires, dans un pâturage. Les alentours sont aussi exploités avec une alternance de pâtures et de prés de fauches semi-intensifs sur un petit plateau jurassien à 1000 mètres d'altitude.

3.3.3 Entlebuch – Une éolienne

Die Windanlage gehört der Windpower AG, eine Aktionsgesellschaft die vom Landbewirtschafter als Nebenerwerb und Familien-AG gegründet wurde. Die Anlage steht in den Voralpen in der Region Entlebuch (seit 2001 UNESCO Biosphärenreservat). Das Land um die Anlage wird als Wiesen und Weiden sowie als Kartoffelacker genutzt.

3.4 CONNAISSANCE DES POPULATIONS DE CHAUVES-SOURIS DANS LES SECTEURS D'ÉTUDES

Jura bernois

Dans cette partie du Jura bernois, les populations de chauves-souris sont relativement bien connues. Les espèces se reproduisant le plus couramment dans la région sont la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*, le Murin de Daubenton *Myotis daubentonii*, le Murin à moustaches *M. mystacinus* et la Sérotine boréale *Eptesicus nilsoni*. Les oreillards *Plecotus sp.* sont fréquents mais jamais abondants et le Grand murin *Myotis myotis* maintient une petite population dans le vallon de St. Imier (une colonie connue). Les sites d'études n'ont jamais fait l'objet de recherches spécifiques, mais depuis 20 ans de prospections aucune observation chiroptérologique n'a été signalée. Des passages migratoires sont évidemment attendus, mais aucune donnée fiable sur la fréquence ou l'abondance de ces passages n'est établie.

Ainsi, on peut attendre principalement des vols en chasse de la pipistrelle et des oreillards vivant dans les fermes des alentours ainsi que des vols migratoires de noctules *Nyctalus noctula* et de pipistrelle de Nathusius *P. nathusii*. Des déplacements régionaux de Sérotines boréales sont aussi suspectés. La densité d'occupation des territoires par les chiroptères est sans doute relativement faible.

Si la plupart des colonies connues sont situées dans les vallons, on doit s'attendre à ce que les chauves-souris exploitent les crêtes comme terrain de chasse prioritairement en fin d'été, durant la migration des insectes, comme c'est le cas sur les cols alpins; aux chauves-souris locales peuvent alors s'ajouter les migratrices, d'où une période critique en août-septembre a priori pour les éoliennes implantées sur les crêtes du Jura. Nos résultats, aussi ténus soient-ils, vont dans ce sens.

Entlebuch

Von den 16 nachgewiesenen Fledermausarten im Kanton Luzern sind im Entlebuch 10 Arten nachgewiesen oder können mit grosser Wahrscheinlichkeit erwartet werden. Dazu gehören residente Arten wie das Grosse Mausohr *M. myotis* oder die Zwergfledermaus *P. pipistrellus* wie auch migrierende Arten wie die Rauhaufledermaus *P. nathusii* oder der Kleine Abendsegler *N. leisleri*. In der Stadt Luzern besteht mit 9 bekannten Kolonien das grösste Vorkommen der gefährdeten Mückenfledermaus *P. pygmaeus* in der Schweiz. Bei dieser Art wird aktuell vermutet, dass sie ebenfalls migriert.

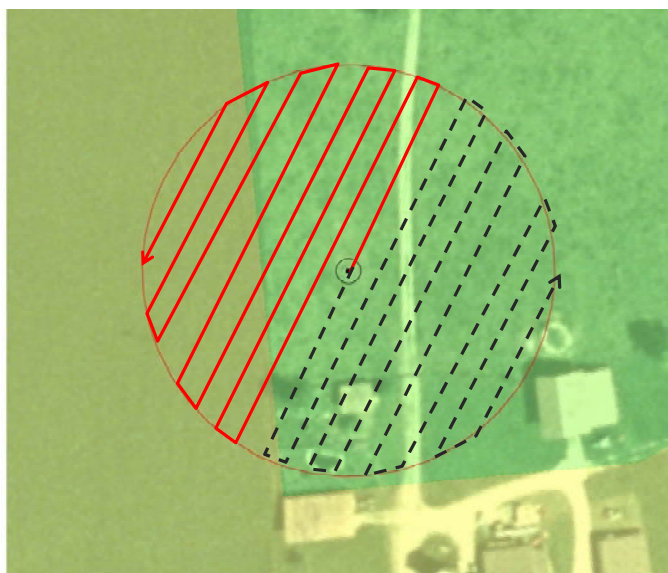
3.5 CARACTÉRISTIQUES DES ÉOLIENNES CONCERNÉES

Les données des firmes exploitant les sites ont été utilisées. De même, ce sont les exploitants directs des éoliennes qui ont fournis les informations concernant le fonctionnement des éoliennes durant les périodes de recherches.

Lieu	Type d'éolienne	No	Hauteur totale	Diam. Rotor	kW Max	Tours / min
Mont-Crosin est (BE)	Vestas V52	E5	77	52	850	14 - 31
Mont-Crosin ouest (BE)	Vestas V47	E4	68.5	47	660	20 - 26
Mont-Soleil (BE)	Vestas V66	E7	100	66	1750	11 - 25
Tramelan, près de la montagne (BE)	Aventa AV-7	Bangerter	24.4	12.8	6.5	20 - 66
Feldmoos (LU)	Vestas N M 52/900 Arctic	Feldmoos	86	52	900	15 - 22

3.6 PROSPECTIONS

Dix contrôles bimensuels ont été réalisés sur chaque site entre juin et octobre. Les prospections ont été réalisées au petit matin, après une nuit pas trop perturbées par le froid ou la pluie, lorsque les conditions étaient favorables à la chasse pour les chiroptères. De même, les nuits sans vent, donc avec des turbines à l'arrêt, ont été ignorées.



Un protocole de recherche a été élaboré dès le départ de l'étude. Les mêmes spécialistes pour chaque site ont parcouru le terrain selon un schéma prédéfini durant 45 mn à chaque passage. L'espacement entre deux parcours transects devait être de 4 mètres environ dans un rayon de 40 mètres autour de chaque éolienne (voir schéma ci-contre, exemple de Tramelan). Des repères dans le terrain ont été placés de manière fixe pour assurer la cohérence du cheminement.

Les cadavres découverts ont été répertoriés par éoliennes, avec emplacements précis, puis déterminés et conservés au congélateur pour d'éventuels contrôles. Les résultats de toutes les sorties ont été reportés sur un tableau de synthèse (annexe 8.3).

3.7 TESTS DE DÉTECTABILITÉ ET DE DISPARITION

Afin de pouvoir interpréter nos données, il est important de pouvoir déterminer dans quelle mesure les cadavres sont détectables et à quelle vitesse la prédation réduit la présence des cadavres. Ces tests doivent être réalisés (une fois chacun) indépendamment pour chaque site et chaque observateur des sites concernés.



Des leurres de chauves-souris ont été confectionnés. Ils ont été mis en place (jetés en l'air pour simuler la chute d'une chauve-souris happée par une pâle) par une tierce personne et le spécialiste effectuant les relevés dans le secteur concerné a réalisé une recherche sur le même type de parcours et durant le même laps de temps que les sorties normales. Le taux de (re-)découverte peut alors être défini.

Parallèlement, des cadavres d'animaux (des demi-campagnols terrestres) ont été déposés sur les sites. Chaque emplacement a été marqué à l'aide d'un spray, à 1 m de distance des cadavres pour éviter de les signaler aux prédateurs. Une nuit plus tard et trois nuits plus tard, les emplacements ont été contrôlés pour savoir combien de cadavres avaient été mangés ou emmenés par des prédateurs. La vitesse de disparition (prédation notamment) peut alors être déterminée pour chaque site.



Ces données ont été utilisées ensuite pour corréler nos découvertes et déterminer la mortalité effective calculée.

4 RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES SUR LE SUJET

Die intensive Entwicklung der Windenergie hat unerwartete negative Auswirkungen auf die Umwelt zu Tage gebracht (Kunz et al. 2007a, 2007b). Während zuerst die Mortalität von Greifvögeln, Geiern und anderen Vögeln durch Windkraftanlagen die Aufmerksamkeit erregte, wurde bei intensiveren Untersuchungen in Europa und Nordamerika (Johnson et al. 2003, Arnett 2005) schnell bemerkt, dass die Mortalität von Fledermäusen an Windenergieanlagen um ein Vielfaches höher sein kann.

Die zeitliche Verteilung der Totfunde in den USA zeigte, dass fast 90% der Mortalität zwischen Mitte Juli und Mitte September auftrat (Erickson et al. 2002). Ein ähnliches Bild zeichnet sich in Europa ab, wo Totfunde mehrheitlich zwischen Juli und Oktober mit gelegentlichen Peaks in den späten Sommermonaten festgestellt wurde (e.g. Brinkmann et al. 2006, Behr & Helversen 2006), wobei festzustellen ist, dass in gewissen Jahreszeiten nicht systematisch gesucht wurde.

Während in Deutschland die Totfunde aufgrund des Artenspektrums zuerst im Zusammenhang mit der Migration im Herbst interpretiert wurden (zB. Bach und Rahmel 2004), zeigten Untersuchungen in Süddeutschland, dass auch lokale Populationen von nicht migrierenden Arten stark betroffen sein können (Behr & Helversen 2006, Brinkmann et al. 2006).

Eine aktuelle Zusammenstellung der bisherigen Totfunde aus Deutschland und Südschweden zeigt, dass sicher 8 Arten durch Kollisionen an Windanlagen betroffen sind (Tabelle 1).

Es wird deutlich, dass nur Arten betroffen sind, die im freien Luftraum fliegen und jagen. Für viele der gefährdeten Kleinen Mausohr-Arten sowie die Hufeisennasen scheinen erwartungsgemäss keine Konflikte zu entstehen. Hingegen sind beide Kategorien betroffen: zum einen migrierende Arten (wie Kleiner Abendsegler *N. leisleri*, Rauhaufledermaus *P. nathusii*) wo Totfunde auch während den vermuteten Zugzeiten anfallen, wie hingegen auch residente Arten (wie die Zwergfledermaus *P. pipistrellus* oder die Nordfledermaus *E. nilsonii*). Die im Sommer anfallenden Totfunde sind wahrscheinlich immer mit lokalen Kolonien verknüpft und können dadurch schneller eine Gefährdung einer Population darstellen als eine Mortalität bei grösseren Populationen einer international weiträumig ziehenden Art.

Art	Name	Summe Totfunde	% Totfunde
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	87	52.4%
Kleiner Abendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	38	22.9%
Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	18	10.8%
Zweifarbefledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	9	5.4%
Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	8	4.8%
Breitflügelfledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	3	1.8%
Grosser Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	2	1.2%
Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	1	0.6%
Total 8 Arten		166	100.0%

Tabelle 1. Zusammenstellung der Artenverteilung bei Totfunden an Windenergieanlagen in Deutschland und Südschweden. Daten aus Brinkmann 2004, Behr&Helvesen 2006, Brinkmann et al. 2006.

Die bisherigen Untersuchungen zu den betriebsbedingten Auswirkungen von Windenergieanlagen in Europa beziehen sich auf Standorte von Anlagen in intensiv genutzten landwirtschaftlichen Gebieten (Dürr 2002, Trapp 2002). Die untersuchten Anlagen in Süddeutschland (Behr & Helversen 2006, Brinkmann 2006) stehen auf bewaldeten Bergkuppen im Schwarzwald. Es gibt jedoch noch keine Untersuchungen aus dem Alpenraum.

Dies ist die erste Studie, die die möglichen Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Fledermäuse in der Landschaft der Schweiz untersucht.

5 RÉSULTATS

5.1 RÉSULTATS PRINCIPAUX

Deux chauves-souris ont été trouvées sous deux éoliennes différentes du site de Mont-Soleil. Il s'agit d'une Pipistrelle (*pipistrellus* / *pygmaeus*) et d'une Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*). Si les noctules sont connues dans la région comme migratrices, les pipistrelles sont abondantes, des petites populations étant connues dans plusieurs fermes.

Cadavre	Information	Date	Type d'éolienne	No
Chauves-souris				
<i>Nyctalus leisleri</i>	Femelle sub-adulte	28.08.2007	Vestas V52	E5
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Femelle adulte	24.09.2007	Vestas V47	E4
Oiseaux				
<i>Regulus ignicapillus</i>		27.10.2007	Neg Micon	Feldmoos

Tabelle 2. Cadavres découverts

Les deux cadavres avaient manifestement subi un choc mais étaient encore tout à fait reconnaissables. La cause de la mort est sans aucun doute due à un choc contre les pâles des éoliennes.

Un cadavre de roitelet triple-bandeau *Regulus ignicapillus* a été trouvé à fin octobre dans l'Entlebuch, pas d'oiseaux sur les sites du Jura.

5.2 RÉSULTATS DES TESTS

Die Kontrollen beschränkten sich auf den Zeitraum zwischen Anfangs Juni und Ende Oktober. Um den eingeschränkten Kontrollzeitraum im Vergleich zur Saison mit Fledermausaktivität (April bis November) auszugleichen, wurde ein Kontrollfaktor nach der folgenden Formel berechnet:

$$\frac{\text{Anzahl Monate mit Fledermausaktivität}}{\text{Anzahl Monate der Untersuchung}} = \frac{8}{5} = 1.6$$

5.2.1 Test de détectabilité

Fünf Experimente, bei denen insgesamt 58 Fledermausattrappen ausgelegt wurden, ergaben eine durchschnittliche Sucheﬃzienz von $74 \pm 13\%$ (Tabelle 3).

Standort	Datum Auslegung	# Attrappen ausgelegt	# Attrappen gefunden	Sucheﬃzienz [%]
JU Tramelan	07.09.2007	12	10	83.3%
JU Mont Soleil	06.09.2007	10	7	70.0%
JU E4	12.09.2007	12	11	91.7%
JU E5	12.09.2007	12	8	66.7%
LU Feldmoos	17.10.2007	12	7	58.3%
5 Experimente	mean	58	43	74.1%
	SD			13.4%

Tabelle 3. Sucheﬃzienz bei 5 Windenergieanlagen erfasst durch die Auslegung von Fledermausattrappen.

5.2.2 Test de disparition

Die 5 Experimente bei denen insgesamt 50 Köder ausgelegt wurden, ergaben eine durchschnittliche Verschwinderate von $72 \pm 25\%$ (Tabelle 4) innerhalb der Expositionszeit von 48 bis 83 Stunden.

Standort	Datum Auslegung	# Köder ausgelegt	# Köder gefunden	Dauer [h]	Verschwinderate [%]
JU Tramelan	06.09.2007, 20:00	10	3	83	70.0%
JU Mont Soleil	06.09.2007, 20:00	10	1	83	90.0%
JU E4	12.09.2007, 13:00	10	7	48	30.0%
JU E5	12.09.2007, 13:00	10	1	48	90.0%
LU Feldmoos	17.10.2007, 10:00	10	2	74	80.0%
5 Experimente	mean	50	14	67	72.0%
	SD				24.9%

Tabelle 4. Verschwinderate bei 5 Windenergieanlagen erfasst durch die Auslegung von Ködern in der Grösse von Fledermäusen (tote halbe Mäuse).

Werden die beobachteten Verschwinderaten in Funktion zur Expositionszeit eingetragen, dann wird ersichtlich, dass die geschätzte Verschwinderate nach einem Tag 45% und nach 4 Tagen bereits 90% ist. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit einen Totfund anzutreffen am ersten Tag noch 55% ist, dann aber schnell auf unter 10% sinkt (figure 1). Die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass ein Totfund noch auffindbar ist, wenn er irgendwann innerhalb der 14 Tage zwischen zwei Kontrollperioden angefallen ist, entspricht 9.25%. Mit den angewendeten Kontrollintervallen können also nur etwa 10% der tatsächlichen Totfunde auch entdeckt werden.

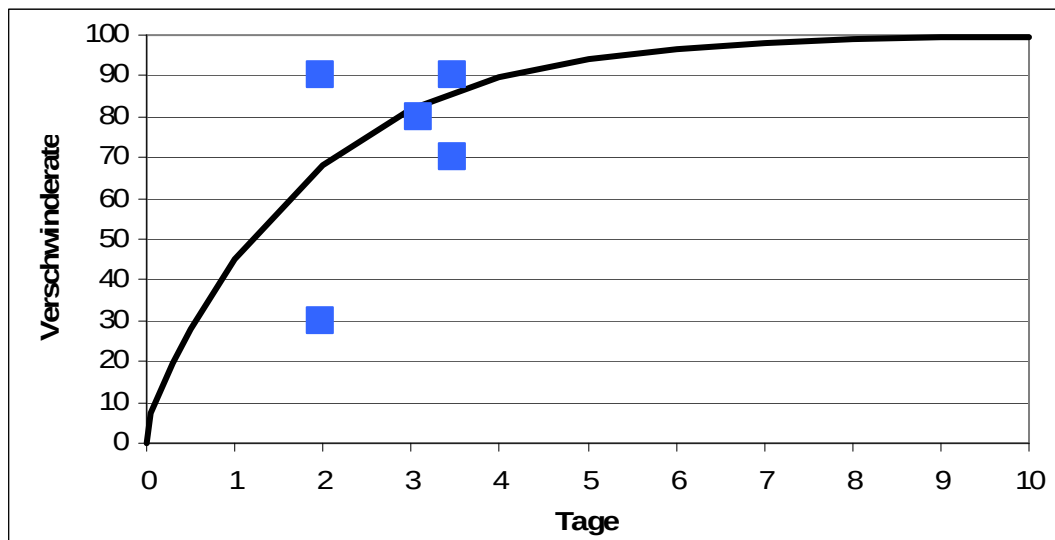


Figure 1. Verschwinderate in Relation zur Expositionszeit. Entsprechend der beobachteten Verschwinderate in Brinkmann et al. (2005) wurde eine Regression (Bertalanffy logistic model) an die Daten angepasst. Im Durchschnitt ist die Verschwinderate während 14 Tagen 90.75%.

5.2.3 Pondération de la mortalité selon les tests

Die Bewertung der Totfunde erfolgt anhand des Korrekturfaktors für den Kontrollzeitraum, der durchschnittlichen Sucheizienz und der mittleren Verschwinderate (tabelle 5).

Die Berechnungen ergeben für das Jahr 2007 an den 5 Untersuchungsorten eine geschätzte mittlere Anzahl von 41 (Bereich von 25 bis 57) toten Fledermäusen. Damit liegt die durchschnittliche geschätzte Anzahl Totfunde pro Anlage und Jahr bei 8.2 (Bereich 4.9 bis 11.4)

	Anzahl Totfunde	Korrektur Saison	Korrektur Sucheffizienz	Korrektur Verschwinderate	Totfunde /Anlage
Faktoren Min		1	1.1	10.8	
Anzahl FM	2.0	2.0	2.3	24.6	4.9
Faktoren Mittel		1.4	1.4	10.8	
Anzahl FM	2.0	2.8	3.8	40.9	8.2
Faktoren Max		1.6	1.7	10.8	
Anzahl FM	2.0	3.2	5.3	57.1	11.4

Tabelle 5. Einbezug von Korrekturfaktoren zur Abschätzung der tatsächlichen Anzahl angefallener Totfunde in der Saison 2007. Es wird eine mittlere Schätzung berechnet und ein unterer und oberer Bereich festgelegt durch Verwendung von minimalen und maximalen Korrekturfaktoren.

6 DISCUSSION

6.1 DIFFICULTÉS DE PROSPECTION DE TERRAIN

La recherche des cadavres dans le terrain est d'autant plus aisée que les surfaces sont uniformes et que la végétation est basse. Dans l'idéal, il serait nécessaire de faucher ou pâturer toute la surface d'investigation de manière régulière durant la période de l'étude. Pour notre cas, les pâtures et les prés de fauche ont été prospectés sans modifications des pratiques culturales.

Les prairies se présentaient ainsi parfois avec des hautes herbes, diminuant fortement la capacité de détection. Dans les pâtures, la texture du sol est très différente selon l'intensité de la pâture et les excréments de vaches forment autant de taches au sol qui perturbent la vision. La présence de refus limite également la découverte des cadavres. Dans le cas de l'éolienne de Tramelan, des annexes à la ferme compliquaient la recherche sur un tiers du site environ, obligeant à rechercher avec plus d'efforts.

Nous estimons toutefois que les recherches ont pu être menées avec sérieux et que les résultats des tests de détectabilité (74 %) sont conformes aux difficultés de détection dans les différents sites.

6.2 RÉSULTATS BRUTS ET PONDÉRÉS

Die beobachteten Totfunde müssen unter Berücksichtigung der methodischen Einschränkungen auf eine saisonale Schätzung hochgerechnet werden. Ein Verfahren, das inzwischen international Standard ist (e.g. Arnett 2005, Eurobats 2006, Kunz 2007b).

Natürlich sind Hochrechnungen immer mit einer grossen Unsicherheit behaftet, insbesondere wenn aus Kostengründen die Untersuchungen auf einen kleinen Zeitraum beschränkt werden mussten. Wir versuchten dies zu berücksichtigen, indem wir neben einem mittleren Schätzwert der Anzahl Totfunde auch einen unteren und oberen Bereich festlegten.

Die Resultate zeigen, dass Kollisionen von Fledermäusen mit Windenergieanlagen auch in der Schweiz vorkommen. Dies ist von Bedeutung, da alle Fledermausarten geschützt sind und die bundesrechtlichen Bestimmungen ein Töten von Fledermäusen untersagen (NHG und Berner Konvention). Zudem wird aufgrund der Hochrechnungen deutlich, dass die Mortalität von Fledermäusen an Windenergieanlagen auch in der Schweiz ein Ausmass annehmen kann, wo ein kritischer Einfluss auf gefährdete und geschützte Populationen nicht ausgeschlossen werden kann.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus internationalen Studien zeigen, dass die geschätzten Totfundwerte in der Schweiz im tieferen bis mittleren Bereich liegen (Tabelle 5).

Standort	Jahr	Beobachtete FM Mortalität/Jahr	FM Mortalität /Turbine*Jahr	Search bias korrigiert	Quelle
Mountaineer WV, USA	April-Nov. 2003	475	47.5	Ja	2
Mountaineer WV, USA	31.7-11.9. 2004		38	Ja	3
Meyersdale, PS, USA	31.7-11.9.2004		25	Ja	3
Rosskopf Freiburg, D		45	21.5	Nein	8
Freiburg, D	2004	31	21	Ja	9
Freiburg, D	2005	10	11.8	Ja	9
Top of Iowa, D	24.03.-15.12.2004		10.17	Ja	4
Buffalo Mtn., TN, USA	2001	30	10	Nein	1
JU und LU, Schweiz	Juni-Okt. 2007	2	8.2	Ja	diese Studie
Prellenkirchen, Ostösterreich	09.2003 bis 09.2004		8	Ja	6
Top of Iowa, USA	15.04.-15.12.2003		5.91	Ja	4
Steinberg, Ostösterreich	09.2003 bis 09.2004		5.33	Ja	6
Puschwitz, Sachsen, D	18.08.-10.10. 2002		3.4	Nein	7
Navarre, NO Spanien	1999-2001		2.6	Teilweise	5
Buffalo Ridge, MN P3, USA	1999-2001	319	2.32	Ja	1
Buffalo Ridge, MN P2, USA	1998-2001	289	2.02	Ja	1
Wisconsin, USA	1999	34	1.1	Nein	1
Foote Creek Rim, WY, USA	1998-2001	138	1.04	Ja	1
Vansycle, OR, USA	1999	28	0.74	Ja	1
Buffalo Ridge, MN P1, USA	1999	5	0.07	Ja	1

Tabelle 5. Vergleich der Mortalität von Fledermäusen bei Windkraftuntersuchungen in Europa und Nordamerika, sortiert nach abnehmender geschätzter Anzahl Totfunde pro Turbine und Jahr.

¹ Erickson et al. 2002, ² Kerns 2003, ³ Kerns et al. 2005 in Brinkmann et al. 2006, ⁴ Koford et al. 2005 in Brinkmann et al. 2006, ⁵ Alcade & Sáenz 2004 in Brinkmann et al. 2006, ⁶ Traxler et al. 2004, ⁷ Trapp et al. 2002, ⁸ Dürr 2004, Behr & Helversen 2005, ⁹ Brinkmann et al. 2006

Die höchste Anzahl Totfunde wurde bei Anlagen über dem Wald festgestellt und bei Standorten auf dem Grat von Hügeln (Kerns 2003, Kunz et al. 2007a). Standorte im Wald sollten in der Schweiz aufgrund des Waldgesetzes keine Bewilligung erhalten, allerdings laufen zur Zeit im Mittelland Baubewilligungen für solche Standorte. Hingegen sind Standorte auf dem Grat von Hügeln und Bergen, ebenso wie auf alpinen Pässen im Konzept Windenergie Schweiz vorgesehen (2004) und gegenwärtig sind mehrere solche Projekte in Planung.

6.3 REPRÉSENTATIVITÉ DES SITES RETENUS

Les sites retenus sont situés en zones de collines, sur des plateaux dégagés (pas en bordure directe de forêts) et en situation sommitale. Pour le Jura, ces sites sont représentatifs de tous les sites potentiels selon les études actuelles. Nous n'avons toutefois pas de situation spécifique de plaine ni de couloirs ou de cols alpins.

De même, tous les sites concernés sont éloignés de colonies de reproduction connues de chauves-souris et les secteurs ne sont pas connus comme lieux de chasse privilégiés.

Die Lage der Anlage in Entlebuch, Kanton Luzern, ist typisch für die Hügelizeone im Voralpengebiet, sie kann als Einzelfall aber natürlich nicht den ganzen Landschaftsraum repräsentieren.

7 CONCLUSIONS

Notre étude a montré que les installations prospectées sont potentiellement dangereuses pour les chauves-souris. Cependant, nos investigations rapides ne permettent pas de conclure de manière définitive sur la gravité du problème. En effet, la mortalité observée est faible, mais les tests de fiabilité de la méthode suggèrent qu'une mortalité plus importante doit être attendue. La mortalité estimée par turbine se situe plutôt dans le bas ou la moyenne de l'échelle en comparaison internationale.

Le constat est donc que les influences négatives des installations éoliennes et plus spécialement des parcs éoliens sur les chauves-souris, espèces protégées au niveau fédéral, ne peuvent pas être écartées. Les populations locales et les espèces en migration dans les corridors alpins peuvent être touchées de manière critique.

Avec cinq installations étudiées, seule une petite partie des types de paysages concernés a pu être analysée. Le concept énergie éolienne en Suisse (2004) a dénombré plus de cent sites potentiels et d'autres sites sont encore prospectés. Parmi ces endroits, il faudra attacher une grande attention à ceux qui sont proches de colonies d'espèces en voie de disparition et ceux dans des situations paysagères particulières dans les alpes ou les vallées alluviales.

Il est donc important d'étudier en détail et à temps chaque projet d'installation afin de repérer les conflits potentiels.

7.1 AVIS DES EXPERTS DE CETTE ÉTUDE

Dans le contexte des éoliennes étudiées, la mortalité des chauves-souris par les éoliennes existe aussi en Suisse. La mortalité est faible mais les effets sur les populations sont difficiles à évaluer sur le long terme. Cette mortalité s'ajoute, dans les régions concernées, à celle des autres infrastructures humaines (p.ex. telles que les routes. Les quelques données dont nous avons connaissance dans la littérature et selon nos propres informations pour la mortalité routière semble au moins aussi significative.)

Ces impacts faibles mais bien présents des éoliennes sur la faune chiroptérologique, ne remettent pas en question de manière générale le développement du parc éolien dans les régions étudiées, pour autant que les précautions préconisées soient mises en application. Il s'agit avant tout de prendre, dès le début des études, la problématique chauves-souris très au sérieux et de renoncer à l'implantation des installations dans les sites où une occupation particulière est constatée et dans les sites où un impact très fort paraît inévitable. L'appréciation d'un éventuel renoncement doit se faire de cas en cas, en tenant compte d'informations complémentaires concernant les espèces présentes sur les sites projetés, de l'état des populations reproductrices et des voies migratoires.

7.2 PRÉCAUTIONS LORS DE NOUVELLES INSTALLATIONS

Sans entrer dans les détails des investigations qui semblent indispensables, nous proposons ici une marche à suivre lors des études pour de nouvelles installations.

- Il est important de demander dans tous les projets de nouvelles installations qu'un volet chauves-souris soit intégré aux études d'impact. Une stratégie globale devrait être établie afin d'unifier les approches de cette problématique sur le territoire de la Suisse.
- Le premier pas logique et cohérent en Suisse consiste à consulter les données des Centres pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO et KOF). Les correspondants régionaux sont à même de compléter ces données brutes afin de connaître le statut des populations de chiroptères dans la région d'implantation.
- Les espèces les plus fréquemment retrouvées mortes sous les éoliennes appartiennent aux genres suivants: *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Pipistrellus*. D'autres espèces peuvent aussi être concernées: *Hypsugo*, *Barbastella*, *Plecotus*, *Miniopterus*, *Tadarida* et même les grands et petits murins, *Myotis myotis* und *Myotis Blythii*. Une attention particulière doit être portée à la présence de gîtes importants de reproduction, d'hibernation ou de transit régulièrement fréquentés par l'une ou l'autre de ces espèces autour du site d'implantation.
- D'autre part, il est nécessaire d'évaluer l'intérêt des milieux situés sur le site d'implantation en tant qu'habitats de chasse pour les chiroptères.

7.3 PROPOSITIONS D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

Les conclusions de la présente étude sont applicables aux zones collinéennes du pays (Jura et Préalpes). Des études complémentaires devront être menées sur des éoliennes en zone de montagne et de plaine, en particulier dans les vallées alluviales, afin de mieux cerner l'impact de ces installations sur les chiroptères pour chacune des grandes unités géographiques du pays.

Les maxima de mortalité de chiroptères liée aux éoliennes sont enregistrés en fin d'été, période de migration de plusieurs espèces de chauves-souris (*Nyctalus sp.*, *Pipistrellus nathusii*, etc.). Des études de cas dans des secteurs utilisés comme couloir migratoire par les chauves-souris seraient hautement souhaitables, notamment sur les cols alpins. Il serait nécessaire de cibler de manière précise l'utilisation dans le temps et la signification de ces couloirs afin de pouvoir élaborer des stratégies générales d'implantation non problématique dans ces zones.

De même, les nouvelles connaissances acquises au niveau international doivent en tout temps être prises en compte.

8 BIBLIOGRAPHIE

- Arnett**, E.B. 2005. Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas. 187 pp.
- Brinkmann**, R., 2004. Welchen Einfluss haben Windkraftanlagen auf jagende und wandernde Fledermäuse in Baden-Württemberg? In: Tagungsführer der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg. Heft 15, "Windkraftanlagen - eine Bedrohung für Vögel und Fledermäuse?". 26 p.
- Brinkmann**, R., Schauer-Weissahn, H. & Bontadina, F. 2006. Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. Report for Regierungspräsidium Freiburg by request of Naturschutzfonds Baden-Württemberg: 66 pp.
- EUROBATS**. 2006. Resolution 5.6. Wind turbines and bat populations. In: Eurobats (2006, Ljubljana). 5th session of the meeting of parties, Ljubljana, Slovenia, 4-6 September 2006, 51-73.
- Dürr**, T. 2002. Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. – *Nyctalus*, 8(2): 115-118.
- Dürr**, T. 2004. Beobachtungsergebnisse über Totfunde von Vögeln und Fledermäusen an Windenergieanlagen im In- und Ausland. - Tagungsdokumentation der Umweltakademie Baden-Württemberg, 15: 5-22.
- Johnson**, G.D., W.P. Erickson, M.D. Strickland, M.F. Shepherd, D.A. Shepherd, and S.A. Sarappo. 2003. Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *American Midland Naturalist* 150:332-342.
- Johnson**, G.D., M.K. Perlik, W.E. Erickson, and M.D. Strickland. 2004. Bat activity, composition and collision mortality at a large windplant in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 32:1278-1288.
- Kunz et al.** 2007a: Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6): 315–324.
- Kunz et al.** 2007b: Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. *Journal of Wildlife Management*, 71(8):2449–2486.
- Leuzinger**, Y., 2007. Paysage et éoliennes, Analyse de l'intégration paysagère des Eoliennes sur le site de Mont-Crosin (BE). Rapport de Natura, biologie appliquée pour Juvent SA. 38 p.
- SFEPM** 2006. Recommandation pour une expertise chiroptérologique dans le cadre d'un projet éolien. Version 31. Mai 2006. <http://www.sfepm.org/%C3%A9oliennescs.htm>
- Trapp** H., **FABIAN**, D., **Förster**, F. & **Zinke**, O., 2002. Fledermausverluste in einem Windpark in der Oberlausitz. – *Naturschutzarbeit in Sachsen*, 44: 53-56.

9 ANNEXES

9.1 TYPOLOGIE DES SITES

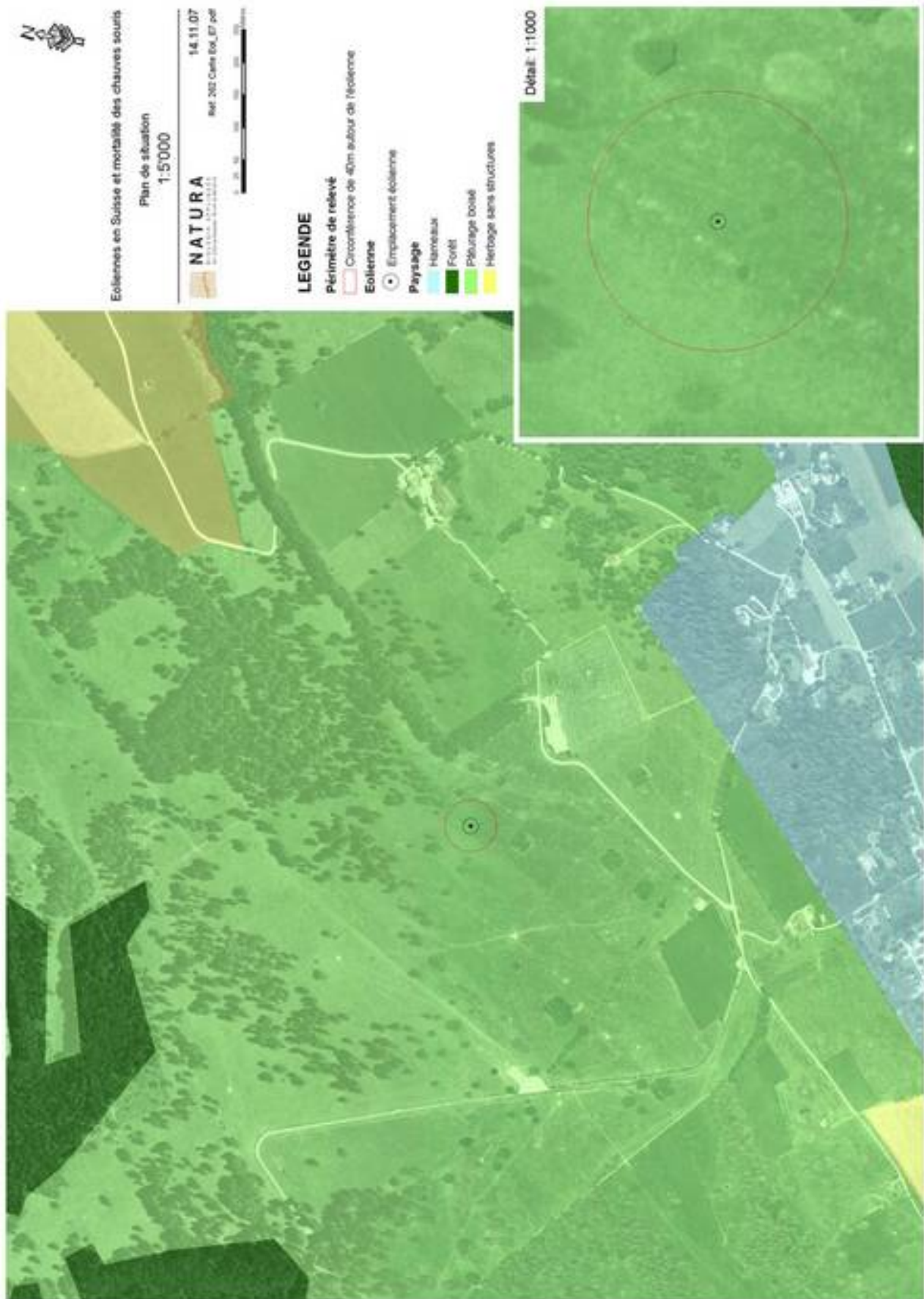
9.2 DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE DES SITES ÉTUDIÉS

9.3 DONNÉES DÉTAILLÉES DES VISITES

ANNEXE 1









LEGENDE

Périmètre de relevé

 Circonférence de 40m autour de l'éolienne

Eolienne

5  Emplacement éolienne

1:5'000



ANNEXE 2

ENTLEBUCH



MONT SOLEIL



MONT CROSIN



TRAMELAN



ANNEXE 3
