

## **ETUDE DE L'ACTIVITE ET DES TERRAINS DE CHASSE EXPLOITES PAR LE MINIOPTERE DE SCHREIBERS EN VUE DE SA CONSERVATION**

Suze-la-Rousse (Drôme)

Site Natura 2000 « Sables du Tricastin » FR8201676



LIFE « Conservation de trois chiroptères cavernicoles dans le sud de la France » - LIFE 04NAT/FR/000080

CORA 26 – SFEPM



# **ETUDE DE L'ACTIVITE ET DES TERRAINS DE CHASSE EXPLOITES PAR LE MINIOPTERE DE SCHREIBERS EN VUE DE SA CONSERVATION**

Suze-la-Rousse – Site Natura 2000 « Sables du Tricastin » FR8201676

Rédaction : Stéphane VINCENT

Réalisé dans le cadre du :

LIFE Nature « Conservation de trois chiroptères cavernicoles  
dans le sud de la France »  
LIFE 04NAT/FR/000080

Maître d'ouvrage :

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères  
Parc Saint Paul  
18000 BOURGES

Opérateur local :

Centre Ornithologique Rhône-Alpes – Drôme  
3 côte des chapeliers  
26100 Romans-sur-Isère

Ce travail doit son existence à un formidable partenariat entre le CORA Drôme et la SFEPM...

et toutes les personnes ayant participé à cet ambitieux programme de conservation. Que celles-ci en soient toutes sincèrement remerciées :

Jérôme MARGNAT et Robert BREMAND, propriétaires du tunnel du Château de la Borie, ont très gentiment accepté de nous laisser œuvrer sur leur terrain pour la protection des chauves-souris.

Mélanie NEMOZ, Robin LETSCHER, Yoann PEYRARD et Thomas DEANA se sont particulièrement investis dans cette étude, mais également Alexandre BRINGARD et Frédéric MANALT.

Stéphane AULAGNIER a apporté une aide précieuse à l'analyse statistique des données et la relecture de ce rapport.

Merci au Muséum d'histoire naturelle de Genève nous ayant permis gracieusement l'accès à quelques références bibliographiques internationales.

Max LUCET, Aurélie FOUCHER, Jean-Loup FIRMERY, Laura DEFREINE, Claire PLANCHON et Vincent FORAY se sont investis remarquablement durant leur stage dans ce travail.

Quarante trois bénévoles motivés ont donné sans compter de leur temps et de leur sommeil durant de nombreuses nuits : Benjamin ALLEGREINI, Francois AROD et Dominique, Léa BELIGNE, Oussama BABA ALI, Manu BOURON, Anne-Sophie BUYTET, Eléonore COSTE, Christine CSINIDIS, Céline DEFREINE, Rémy FISCHER, Julien GIRARD CLAUDON, Grégory LEMOINE, Elise LENNE, Eric LOSSON, Yannick MASSE et Estelle, Florence MATUTINI, Benjamin PLUMECOQ, Laurent PETTER, Florence PORTAL, Stephane POURRAT, Tristan KASZMAREK, Loic RASPAIL, Sébastien ROUE, Aurore SEIGNEMARTIN, Karine SILVENTE, Olivier SOUSBIE, Claudia STEINACKER, Jacques THIEBAUD, Julien TRAVERSIER, Jean Paul VIERON, Xavier UNGER

Enfin, cette étude n'aurait pu exister sans le soutien financier de la Commission Européenne, de la DIREN Rhône-Alpes, du Conseil Régional Rhône-Alpes, du Département de la Drôme et des fondations Nature et Découvertes et MAVA.

## SOMMAIRE

Table des figures .....	6
Table des tableaux.....	8
1 Introduction .....	9
1.1 LIFE « Conservation de trois chiroptères cavernicoles dans le sud de la France ».....	9
1.2 Objectifs de l'étude .....	10
2 Matériel et méthode .....	12
2.1 Site d'étude.....	12
2.1.1 Le tunnel du château de la Borie.....	12
2.1.2 Contexte paysager et climatique .....	13
2.2 Population étudiée .....	15
2.2.1 Colonie étudiée .....	15
2.2.2 Suivi de la population de Minioptères de Schreibers.....	15
2.2.3 Période de suivi télémétrique et échantillon étudié .....	16
2.3 Suivi par radiolocalisation .....	16
2.3.1 Ressources humaines .....	16
2.3.2 Matériel utilisé .....	16
2.3.3 Capture et équipement.....	17
2.3.4 Protocole de collecte des données.....	18
2.3.4.1 Organisation du suivi .....	18
2.3.4.2 Principe de l'estimation de la position d'un animal par radiolocalisation.....	19
2.4 Cartographie et description des terrains de chasse.....	20
2.4.1 Traitement des données.....	20
2.4.2 Typologie des habitats .....	22
2.4.3 Variables descriptives des points de Homing In.....	22
2.4.4 Cartographie et description des points de Homing in .....	24
2.4.5 Comparaison des points de <i>homing in</i> et de points témoins .....	24
2.5 Etude du régime alimentaire (LUGON, 2006).....	24
3 Résultats .....	25
3.1 Données de radiolocalisation.....	25
3.1.1 Durée des suivis.....	25
3.1.2 Nombre de localisations par individu suivi.....	25
3.2 Activité et rythme nocturne des Minioptères .....	28
3.2.1 Heure de sortie et de retour au gîte.....	28
3.2.2 Durée de l'activité nocturne .....	29
3.2.3 Temps consacré au repos nocturne .....	30
3.3 Domaines vitaux individuels .....	30
3.3.1 Représentativité des domaines vitaux individuels .....	30
3.3.2 Surfaces des domaines vitaux individuels .....	31

3.3.3 Utilisation des domaines vitaux .....	34
3.3.3.1 Routes de vol.....	34
3.3.3.2 Surfaces des zones de chasse intensives.....	34
3.3.4 Terrains de chasse.....	34
3.4 Domaine vital de la colonie de Minioptères .....	35
3.4.1 Surface.....	35
3.4.2 Dispersion des individus.....	36
3.4.2.1 Eloignement du gîte.....	36
3.4.2.2 Directions de dispersion .....	36
3.4.3 Recouvrement inter-individuels des domaines vitaux, des zones de chasse intensives et des terrains de chasse .....	36
3.3.4 Liens avec d'autres gîtes.....	40
3.5 Sélection de l'habitat par les Minioptères de Schreibers .....	41
3.5.1 Comparaison des domaines vitaux individuels et de la zone de chasse intensive .....	41
3.5.1.1 Analyse compositionnelle des habitats .....	41
3.5.1.2 Intervalles de confiance de Bonferroni.....	41
3.5.2 Description des terrains de chasse .....	42
3.5.2.1 Habitats sélectionnés par le Minioptère de Schreibers sur ses terrains de chasse .	42
3.5.2.2 Test d'indépendance des variables descriptives des habitats sélectionnés .....	48
3.6 Régime alimentaire de <i>Miniopterus schreibersii</i> (LUGON, 2006) .....	50
3.6.1 Composition du régime alimentaire .....	50
3.6.2 Phénologie des captures.....	52
<b>4 Discussion .....</b>	<b>53</b>
4.1 Activité de chasse.....	53
4.2 Exploitation des domaines vitaux .....	53
4.3 Dispersion de la colonie.....	54
4.4 Régime alimentaire.....	54
4.5 Comportement de chasse.....	56
4.6 Habitats favorables pour la chasse.....	57
<b>5 Conclusion .....</b>	<b>59</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>61</b>

## Table des figures

---

Figure 1 : Aire de répartition du Minioptère de Schreibers dans le paléarctique occidental (Source : MITCHELL-JONES <i>et al.</i> , 1999) .....	10
Figure 2 : Répartition actuelle du Minioptère de Schreibers en France (Source : VINCENT, 2005) .....	11
Figure 3 : Localisation du tunnel et du pSIC « Sables du Tricastin » .....	13
Figure 4 : Vues du tunnel du château de la Borie .....	13
Figure 5: Localisation de la zone d'étude en Drôme .....	14
Figure 6: Normales de températures et de précipitations à Montélimar (©Météo France) .....	14
Figure 7 : colonie de parturition de Minioptères de Schreibers du tunnel de la Borie.....	15
Figure 8 : Photographie d'un émetteur de 0,65 g (M. Némoz) .....	18
Figure 9 : Pose d'un émetteur sur le dos d'un Minioptère (tonsure et encollage).....	18
Figure 10: Estimation de la position d'un animal par triangulation d'azimuts synchrones .....	20
Figure 11 : Domaine vital ( ) , zone de chasse ( )et terrain de chasse ( ) de la femelle 148.180. ( = gîte).....	21
Figure 12 : Méthodologie de description des points de <i>homing in</i> .....	24
Figure 13 : Localisations obtenues pour les 21 femelles suivies avec succès .....	27
Figure 14 : Répartition horaire des sorties et rentrées au gîte des femelles de Minioptères équipées en 2005, en pourcentage : par tranche de demi-heure. (Les heures sont indiquées en temps CEST - Central European Summer Time = UTC+2) .....	28
Figure 15 : Répartition horaire des sorties et rentrées au gîte des femelles de Minioptères équipées en 2006, en pourcentage : par tranche de demi-heure. (Les heures sont indiquées en temps CEST - Central European Summer Time = UTC+2) .....	29
Figure 16 : Boîtes à moustaches des durées d'activité des femelles gestantes et allaitantes.....	30
Figure 17 : Surface moyenne du domaine vital de la femelle « Fafa » (148 940) en fonction du nombre de localisations .....	31
Figure 18 : Boîtes à moustaches des surfaces des domaines vitaux des femelles gestantes et allaitantes.....	31
Figure 19 : Domaines vitaux individuels et domaine vital de la colonie estimés par la méthode du Polygone Convexe Minimal.....	32
Figure 20 : Représentation des terrains de chasse des femelles suivies (n=14) .....	33
Figure 21 : Boîtes à moustaches des distances gîtes-terrains de chasse des femelles gestantes et allaitantes.....	35
Figure 22 : Diagramme des orientations des localisations des Minioptères suivis.....	36
Figure 23 : Recouvrement des domaines vitaux individuels sur les 10 km autour du gîte.....	38
Figure 24 : Carte du réseau des gîtes exploités par le Minioptère de Schreibers .....	39
Figure 25 : Histogramme des occurrences des habitats recensés sur les 43 terrains de chasse identifiés.....	42
Figure 26 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les 43 terrains de chasse identifiés. ....	43
Figure 27 : nombre d'habitats différents par terrains de chasse identifiés (n=43) .....	44
Figure 28 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les terrains de chasse des femelles gestantes (n=27).....	45
Figure 29 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les terrains de chasse des femelles allaitantes (n=16). ....	46
Figure 30 : Différence de distribution des habitats représentés sur les terrains de chasse des femelles allaitantes et gestantes (n = 40) .....	47

Figure 31 : Comparaison des hauteurs des lisières entre les points de homing in et les points relevés aléatoirement .....	48
Figure 32 : Boite à moustaches des longueurs des lisières entre les points de homing in et les points relevés aléatoirement en fonction des milieux (1 : forêts feuillues ou mixtes, 2 : vergers, 3 : milieux ouverts, 4 : milieux urbains, 5 : milieux aquatiques).....	48
Figure 33 : Distribution des type de structures horizontales entre les points de homing in et les points aléatoires .....	49
Figure 34 : Distribution des types d'éclairages nocturnes entre les points de <i>homing in</i> et les points aléatoires. ....	50
Figure 35 : Volume relatif moyen des différents ordres d'invertébrés consommés à Suze-la-Rousse... ...	50
Figure 36 : Phénologie des différents ordres d'insectes consommés à Suze-la-Rousse; volumes relatifs moyens en pourcent.....	52

## Table des tableaux

---

Tableau 1: Synthèse des comptages de Minioptères dans le tunnel de la Borie.....	16
Tableau 2 : Données biométriques des 21 femelles de Minioptère de Schreibers du tunnel de la Borie suivies. F = femelle ; G = gestante ; A = allaitante ; AB = avant bras.....	17
Tableau 3 : Typologie des habitats relevés sur les terrains de chasse du Minioptère.....	22
Tableau 4 : Fiche de terrain de relevé des habitats et de description des points de <i>homing in</i> .....	23
Tableau 5 : Données télémétriques issues du suivi des 21 femelles de Minioptère de Schreibers du tunnel de la Borie. F = femelle ; G = gestante ; A = allaitante ; AB = avant bras ; PCM = polygone convexe minimum.....	26
Tableau 6 : Durée moyenne de l'activité nocturne des Minioptères .....	29
Tableau 7 : Surface des domaines vitaux de la colonie.....	35
Tableau 8 : Surface de recouvrement en hectares des domaines vitaux des femelles gestantes et allaitantes.....	37
Tableau 9 : Autres gîtes utilisés par les Minioptères.....	40
Tableau 10 : Matrice de hiérarchisation des milieux utilisés par 14 femelles de Minioptère de Schreibers, basé sur la comparaison de la composition des milieux utilisés en chasse ( <i>Homing in</i> ) avec la proportion de milieux présents à l'intérieur du Polygone Convexe Minimum de la colonie par la méthode de l'analyse compositionnelle des habitats. Les milieux sont classés selon leur importance de zéro (habitat le moins important) à 4 (habitat le plus important). .....	41
Tableau 11 : Tableau de la sélection des habitats par le Minioptère de Schreibers par comparaison de la composition des milieux utilisés en chasse ( <i>Homing in</i> ) avec la proportion de milieux présents à l'intérieur du Polygone Convexe Minimum de la colonie à l'aide des intervalles de confiance de Bonferroni (E.T. = écart type).....	42
Tableau 12 : Habitats dominants recensés dans les 43 terrains de chasse.....	44
Tableau 13 : Composition du régime alimentaire de <i>Miniopterus schreibersii</i> à Suze-la-Rousse (Drôme), Carroussel (Haute Saône) et Ste-Catherine (Doubs); les résultats sont exprimés en volumes relatifs moyens (en %).....	55

# 1 Introduction

## 1.1 LIFE « Conservation de trois chiroptères cavernicoles dans le sud de la France »

Le Sud de la France possède une grande richesse chiroptérologique, puisqu'il accueille 31 espèces de chauves-souris sur les 33 recensées à ce jour en France. Cette zone géographique n'échappe cependant pas à la tendance générale d'érosion de ses richesses. Les chauves-souris cavernicoles figurent parmi les plus menacées, en particulier le Rhinolophe euryale *Rhinolophus euryale*, le Murin de Capaccini *Myotis capaccinii* et le Minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii*, dont l'aire de répartition française est approximativement limitée à la moitié sud du pays et dont le statut est très précaire.

Ce constat a incité la SFEPM en 1999, à créer un poste de coordination pour la conservation des Chiroptères dans le Sud de la France, dont l'objectif était de structurer les démarches de conservation des chauves-souris dans chacune des régions, mais également entre les régions, les chauves-souris ne se limitant pas aux frontières administratives... Ce travail passe par l'animation interrégionale du réseau de Chiroptérologues du Sud de la France, la coordination des démarches auprès des administrations et collectivités et l'aide à la mise en oeuvre de protections ponctuelles. Après 5 années, un véritable programme de conservation interrégional, sur 5 régions du Sud de la France (Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Rhône-Alpes) a été initié : le programme LIFE Nature « Conservation de 3 Chiroptères cavernicoles dans le Sud de la France : *Rhinolophus euryale*, *Myotis capaccinii* et *Miniopterus schreibersii* ».

L'objectif général du programme LIFE est de participer au rétablissement, dans un état de conservation favorable, des populations françaises de 3 espèces de chauves-souris cavernicoles : *Rhinolophus euryale*, *Myotis capaccinii* et *Miniopterus schreibersii* (étant entendu que ces actions profiteront à toutes les autres espèces de chauves-souris syntropiques).

Le programme s'articule autour de trois grands axes d'intervention :

- un volet « Protection » visant à assurer la pérennité d'un réseau de gîtes offrant sécurité et tranquillité aux Chiroptères tout au long de l'année,
- un volet « Etude » dont les actions visent à connaître les habitats environnant les gîtes et utilisés par les Chiroptères pour se nourrir, afin de les conserver,
- un volet « Communication » rassemblant des actions de sensibilisation du grand public et des acteurs locaux (création d'outils, organisation de manifestations, publication d'articles, etc.).

Le programme LIFE porte sur 5 régions du Sud de la France : Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Rhône-Alpes. Les actions planifiées concernent un réseau de 13 Sites d'Intérêt Communautaire, incluant des gîtes clés des trois espèces concernées par le programme.

## 1.2 Objectifs de l'étude

Le statut des populations de Minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii* en France métropolitaine est préoccupant (ROUE et Groupe Chiroptères S.F.E.P.M., 1997 ; MITCHELL-JONES *et al.*, 1999 ; VINCENT, 2005). Considérée comme Vulnérable (SAINT GIRONS, 1994), c'est une espèce prioritaire du Plan National de Restauration des Chiroptères (C.P.E.P.E.S.C. & S.F.E.P.M., 1999) et inscrite à l'annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore. A l'échelle mondiale, elle est considérée comme quasi menacée (LC) sur la liste rouge (IUCN, 2004). Le caractère très grégaire du Minioptère de Schreibers dans ses gîtes, de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers d'individus, concentre les populations de l'espèce dans un nombre très limité de cavités : une vingtaine de sites rassemble environ 90% de la population française en hiver. Cet état de fait rend l'espèce très fragile aux différentes atteintes portées à ses habitats, notamment ses gîtes.

Le Minioptère est présent sur une très large zone de répartition : Afrique, Asie du sud-est jusqu'à l'Australie. Espèce cavernicole d'affinité méditerranéenne, sa répartition dans le paléarctique occidental se cantonne au bassin méditerranéen de manière large : du Portugal à la Turquie et l'Afrique du nord (figure 1). Le Minioptère est une espèce très mobile au cours de son cycle annuel. Des déplacements de plusieurs centaines de kilomètres entre différents gîtes ont été mis en évidence (SERRA-COBO & BALCELLS, 1985 ; SERRA-COBO, 1990 ; DWYER, 1966 ; DWYER, 1968 ; AVRIL, 1997). L'espèce a connu, durant l'année 2002, un épisode de mortalité exceptionnelle à l'échelle de l'Europe de l'ouest (France et Péninsule Ibérique). Suite à cette épidémie d'origine pathogène probable, la population française a chuté d'environ 50% (ROUE & NEMOZ, 2004 ; HAQUART & SFEPM, 2005). Les comptages hivernaux de 2004 ont permis de recenser en France 73 450 individus (FAUVEL *et al.*, en prép.) alors qu'environ 132 000 étaient en moyenne comptabilisés sur la période 1999-2002 (HAQUART & SFEPM, 2005).

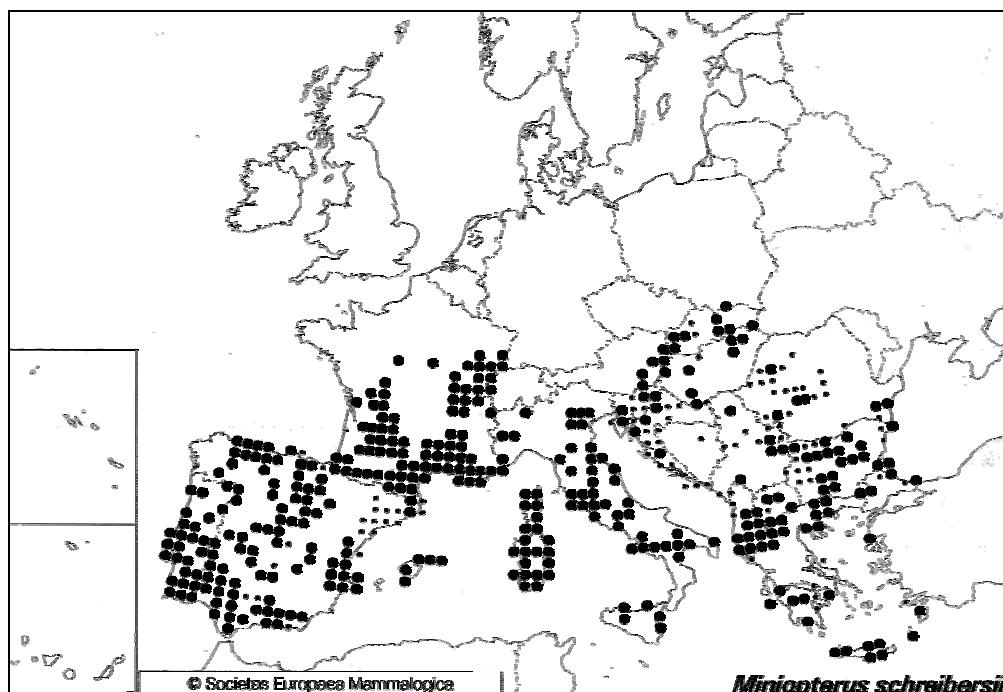


Figure 1 : Aire de répartition du Minioptère de Schreibers dans le paléarctique occidental (Source : MITCHELL-JONES *et al.*, 1999).

En France, l'espèce est présente dans la moitié sud du pays (figure 2), où l'on distingue plusieurs "noyaux de populations", clairement interconnectés, recouvrant le massif du Jura, le sud de la région Rhône-Alpes et la Provence, le Piémont Pyrénéen, le pourtour sud et sud-ouest du Massif Central et la Corse (VINCENT, 2005).

Les connaissances relatives tant à son activité de chasse, son régime alimentaire, que les terrains de chasse qu'il exploite restent très fragmentaires (ROUE & BARATAUD, 1999). Le Minioptère de Schreibers est reconnu comme un des Chiroptères européens les moins connus et a été considérée comme prioritaire pour des études autoécologiques par la Conférence des Partis à l'Accord sur la Protection des populations de chauves-souris d'Europe.

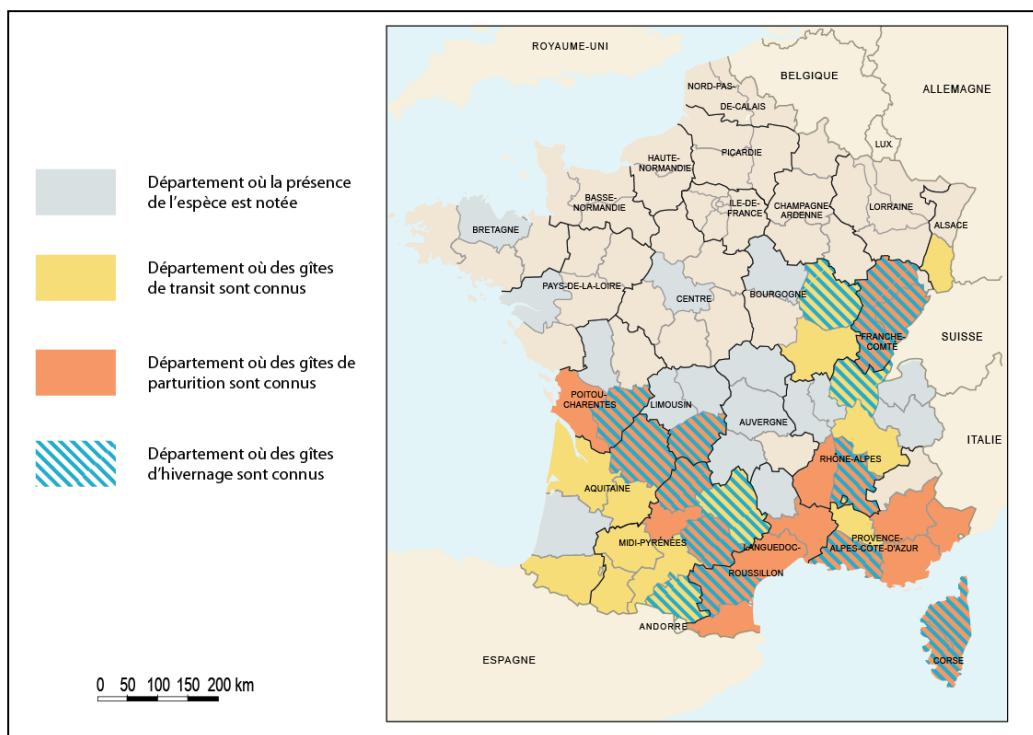


Figure 2 : Répartition actuelle du Minioptère de Schreibers en France (Source : VINCENT, 2005).

La littérature est très modeste relativement aux études menées sur l'identification et l'utilisation des terrains de chasse du Minioptère de Schreibers. Il n'existe à notre connaissance que le travail mené en Franche-Comté par LUGON et al. (2004) à ce propos. Les Minioptères adultes exploitent des domaines vitaux de l'ordre de 3000 ha alors que dans leur phase d'émancipation juvénile ils peuvent être amenés à exploiter de très vastes surfaces (environ 14 000 ha). La surface utilisée, au cours d'une saison d'activité, par une colonie de 2000 à 4000 individus a été estimée à près de 200 000 ha. Ce qui représente un rayon d'action d'environ 30 km. Les terrains de chasse représentent des surfaces de l'ordre de quelques dizaines d'hectares. La stratégie d'utilisation de l'habitat montre que les individus se répartissent l'espace en exploitant fidèlement, nuit après nuit, de petites portions du territoire, ce probablement afin de réduire les risques de compétition intraspécifique. Les immatures explorent de vastes régions souvent éloignées de la colonie, entrant de ce fait régulièrement en compétition avec des femelles "territoriales", ce qui permettrait d'expliquer les changements fréquents de terrains de chasse (LUGON et al., 2004). Les habitats exploités par l'espèce sont les milieux urbanisés et les forêts de feuillus. La structure des milieux fréquentés semble prépondérante, notamment en ce qui concerne la présence d'éclairages artificiels dans les milieux urbanisés, la présence de lisières ou d'éclaircies en forêt et la diversité de la structure horizontale des habitats. Les espaces dégagés présentant de fortes densités en proies (richesse entomologique des écotones) semblent être optimaux pour cette espèce au vol rapide et peu manœuvrable (LUGON et al., 2004).

Le régime alimentaire du Minioptère de Schreibers a très peu été étudié. LUGON (1998) a montré sur 2 colonies étudiées en Franche Comté que sa diète est très spécialisée et principalement constituée de Lépidoptères nocturnes (93 et 76 % du volume des taxons consommés). La consommation de chenilles à certaines saisons a aussi été mise en évidence (4,5% du volume des proies sur l'un des sites étudié). Il semble consommer en faible proportion des Diptères, des Hyménoptères et des araignées. La concentration par phototropisme des proies préférentielles du Minioptère sous les lampadaires expliquerait l'importante exploitation des milieux urbains, en particuliers par les femelles en période de gestation, moment où l'embryon exerce une forte contrainte sur sa mère (LUGON *et al.*, 2004).

Cette étude qui s'inscrit dans le volet d'acquisition de connaissances du programme LIFE, a pour objectif de déterminer le régime alimentaire, l'activité et les terrains de chasse exploités par la population de Minioptères de Schreibers du site Natura 2000 « Sables du Tricastin » FR8201676.

Le suivi des Chiroptères s'avère particulièrement fastidieux du fait principalement de leur activité nocturne, de leur vol battu qui leur permet de se déplacer sur de longues distances à grande vitesse (jusqu'à 60 km/heure) et de leur petite taille qui constraint fortement le type de matériel adéquat. Avec la miniaturisation des émetteurs, la radiolocalisation s'avère la méthode la plus performante pour un suivi individuel à distance (plusieurs kilomètres) des Chiroptères. Le suivi par radiolocalisation consiste en fait à estimer en temps réel la position d'un animal équipé d'un émetteur, grâce à la triangulation d'azimuts synchrones de réception du signal de l'émetteur par plusieurs postes "antenne-récepteur" répartis dans le paysage.

Il permet ainsi l'étude du comportement spatial des animaux suivis. Dans notre cas, nous nous intéresserons principalement à :

- l'activité nocturne des animaux,
- l'occupation et le partage de l'espace par l'échantillon suivi,
- la sélection de l'habitat par le Minioptère de Schreibers.

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 Site d'étude

#### 2.1.1 Le tunnel du château de la Borie

Le tunnel du château de la Borie se situe sur la commune de Suze-la-Rousse (Drôme), à l'extrême sud de la région Rhône-Alpes (France). La zone d'étude recouvre ainsi les régions administratives Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Le tunnel est inclus dans le périmètre de la proposition de site d'intérêt communautaire « Sables du Tricastin » FR 8201676 (figure 3).

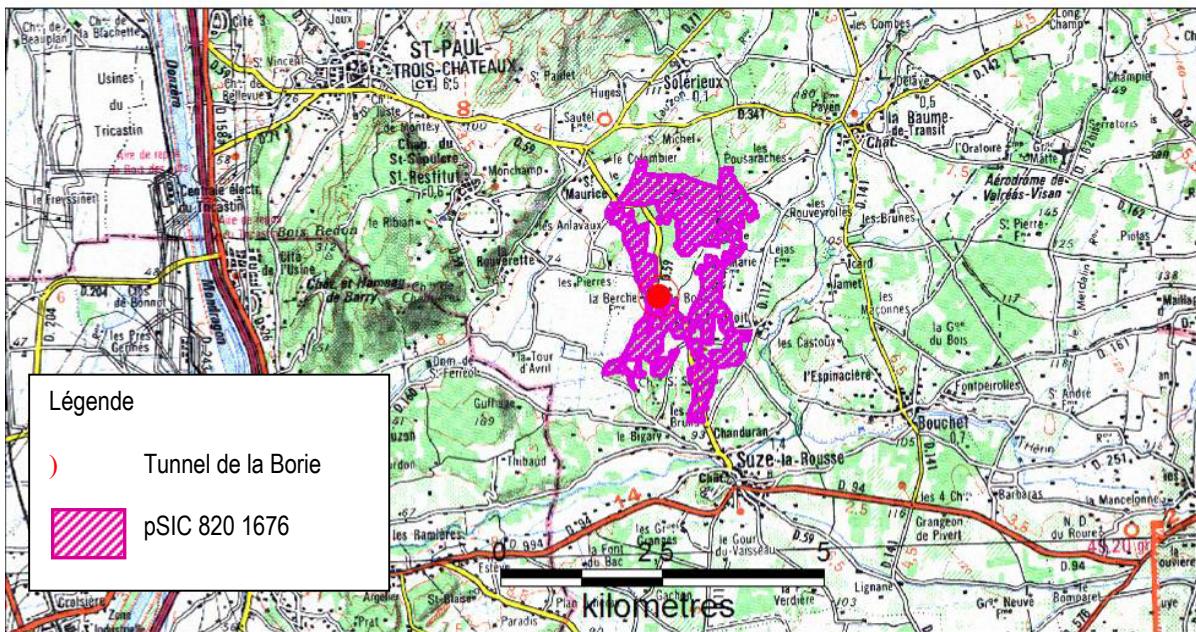


Figure 3 : Localisation du tunnel et du pSIC « Sables du Tricastin ».

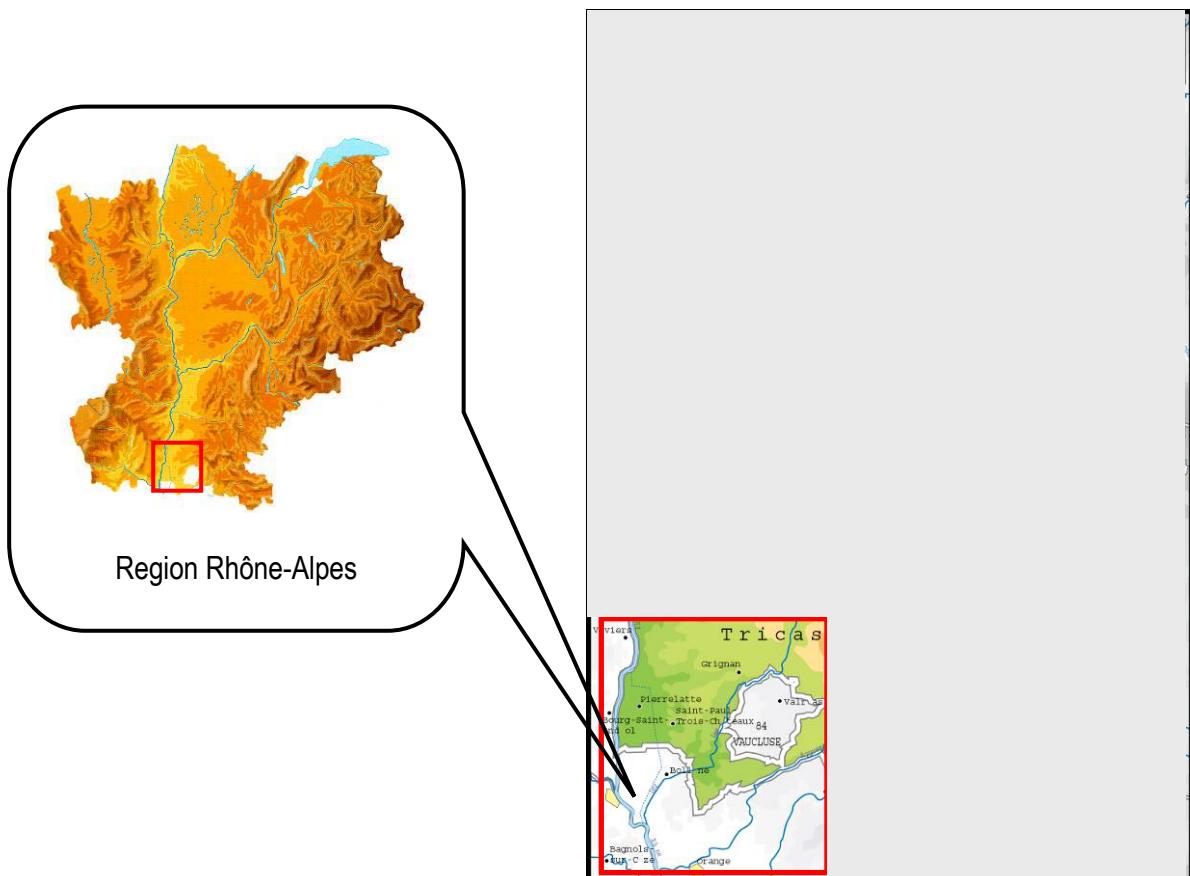


Figure 4 : Vues du tunnel du château de la Borie.

Ce tunnel de 600 m de long a été creusé dans les affleurements tendres de molasses et de grès, faciès géologiques bien représentés dans les environs de Suze-la-Rousse. Ce souterrain qui a pour vocation de drainer un ancien marécage, évacue de l'eau tout au long de l'année (figure 4).

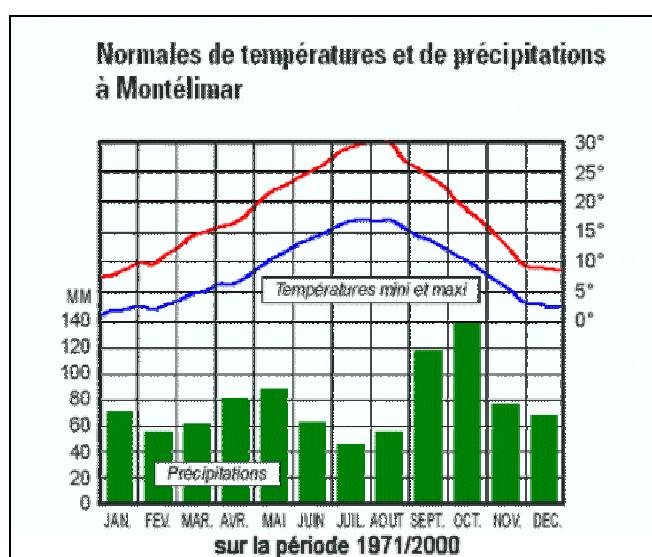
### 2.1.2 Contexte paysager et climatique

La zone d'étude recouvre le Tricastin, secteur de la Drôme provençale, situé entre la vallée du Rhône et le massif préalpin des Baronnies (figure 5). Il s'agit d'une région alternant secteurs de plaines alluviales (Rhône, Lez, Ouvèze) et secteurs de collines de basses altitudes. Les cultures occupent une place prépondérante dans les paysages, notamment l'arboriculture et les céréales dans la vallée du Rhône et la vigne dans le nord du Vaucluse et la vallée de l'Eygues. Le relief est quant à lui recouvert d'une végétation de type méditerranéenne (séries végétales du chêne vert *Quercus ilex* et du chêne pubescent *Quercus pubescens*).



**Figure 5: Localisation de la zone d'étude en Drôme**

Comme toute la basse vallée du Rhône, le Tricastin est soumis aux influences climatiques méditerranéennes ainsi qu'aux effets du mistral dont les fréquences maximales se produisent en hiver ou au début de l'été, c'est-à-dire durant les périodes sèches. La variabilité des précipitations (environ 750 mm/an), leur brutalité, leur répartition irrégulière dans l'année et une sécheresse estivale prononcée, jointes aux effets desséchants du vent (mistral), expliquent l'ambiance climatique assez aride de ces coteaux, voués en grande partie à la culture de la vigne.



**Figure 6: Normales de températures et de précipitations à Montélimar (©Météo France).**

## 2.2 Population étudiée

### 2.2.1 Colonie étudiée

Le tunnel du château de la Borie accueille de mars à octobre une colonie de parturition de Minioptères de Schreibers *Miniopterus schreibersii*. Il est également fréquenté par environ 600 femelles de *Myotis blythii* et *M. myotis*. Cette colonie rassemble environ 50 % de l'effectif reproducteur de Minioptères de la région Rhône-Alpes (VINCENT & ISSARTEL, 2005). Ce gîte est aussi fréquenté par quatre autres espèces de Chiroptères : le Murin à oreilles échancrées *Myotis emarginatus*, le Murin de Bechstein *Myotis bechsteini*, le Murin de Natterer *Myotis nattereri* et le Petit rhinolophe *Rhinolophus hipposideros*.

Le tunnel du château de la Borie est jugé d'importance nationale pour la conservation des chauves-souris (ROUE & SFEPM, 2004). Sur la même base d'évaluation mais au regard d'informations complémentaires, il a été classé d'importance internationale par VINCENT & ISSARTEL (2005).



### 2.2.2 Suivi de la population de Minioptères de Schreibers

Bien que connu de longue date, le suivi scientifique des populations de Chiroptères de ce gîte est régulièrement réalisé depuis 2002 seulement. Chaque été, un ou plusieurs contrôles permettent de dénombrer les différentes espèces de Chiroptères se reproduisant dans le tunnel. Les comptages en sortie de gîte n'étant pas possible sur ce site, l'estimation des effectifs est réalisée par comptage sur photo. Les effectifs de juvéniles sont estimés grâce à des contrôles nocturnes de la colonie (tableau 1).

Résultats des suivis de populations de chiroptères du Tunnel du Château de la Borie			
Année	Espèce	Nombre d'adultes	Remarques
1996	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	6000	Essaim de 3 m <sup>2</sup> (adultes et jeunes)
2002	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	Au moins 1000	Colonne indénombrable Pas de juvéniles observés
2003	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	2000-2500	Essaim de 1 m <sup>2</sup> d'adultes 2300 juvéniles comptés
2004	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	4000	Essaim de 1,6 m <sup>2</sup> d'adultes 3750 jeunes comptés
2005	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	2500-3000	2500-3000 (essaim de 1,2 m <sup>2</sup> )
2006	Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	4000-5000	Essaim de 2 m <sup>2</sup> d'adultes 2000 juvéniles observés à minima

Tableau 1: Synthèse des comptages de Minioptères dans le tunnel de la Borie.

### 2.2.3 Période de suivi télémétrique et échantillon étudié

Vingt-et une femelles ont été suivies par radiolocalisation : 9 femelles gestantes et 12 femelles allaitantes. Notre effort s'est concentré sur ces deux statuts reproducteurs car il est en effet reconnu que l'allaitement et la gestation sont deux états physiologiques contraignants pendant lesquels les besoins énergétiques sont les plus importants (O'DONNELL, 2002) et déterminant quant au succès de la reproduction.

En 2005, les suivis se sont déroulés du 14 au 28 mai et ont concerné 9 femelles gestantes. En 2006, ils se sont déroulés du 15 au 28 juin sur 12 femelles allaitantes (tableau 2).

## 2.3 Suivi par radiolocalisation

### 2.3.1 Ressources humaines

Le suivi s'est déroulé pendant 13 nuits, en 2005 comme en 2006. Chaque nuit en moyenne 13 personnes étaient sur le terrain pendant 10 heures (de 21h00 à 7h00). Ce qui représente un équivalent de 338 nuits x homme sur les deux années. Outre l'encadrement du suivi par 4 salariés en 2005 et en 2006, la mise en œuvre de cette étude a aussi nécessité la participation de 8 stagiaires et 43 bénévoles (19 en 2005 et 25 en 2006).

### 2.3.2 Matériel utilisé

Chaque équipe était munie d'un ensemble récepteur/antenne (1 Australis26K de Titley™ ou 1 LA12Q d'AVM™ ; 1 antenne 4 brins de Televilt™ ou 1 antenne 3 brins de Titley™), d'un talkie-walkie (XTN 446 Motorola™), d'un GPS (GEKO 201 Garmin™), d'une boussole à miroir et de cartes 1/25000ème (Top 25 © IGN).

Les émetteurs utilisés provenaient de trois fabricants différents, Biotrack™, Titley™ et Holohil™. Les modèles utilisés pesaient 640, 800 et 890 mg.

### 2.3.3 Capture et équipement

Tous les individus ont été capturés en fin de nuit à l'aide d'un filet japonais ou d'un *harp-trap* placé près de l'entrée à l'intérieur du tunnel, lors de leur retour au gîte. Cette démarche permet de limiter le dérangement de la colonie et de l'individu (repos de l'animal la journée suivant la manipulation et moindre perturbation dans le comportement de l'individu la nuit suivante). La capture de cette espèce protégée a nécessité l'intervention de personnes habilitées par autorisations préfectorales dérogatoires à la loi du 10 juillet 1976 (Thomas DEANA, Mélanie NEMOZ, Stéphane VINCENT).

En 2005, 4 captures ont été réalisées à J 0 (14/05/05), J+5 (19/05/05) J+8 (22/05/05) et J+11 (25/05/05). Elles ont permis l'équipement de 10 femelles gestantes (tableau 2). En 2006, 5 captures ont été effectuées à J 0 (15/06/06), J+3 (18/06/06), J+4 (19/06/06), J+7 (22/06/06) et J+10 (25/06/06) et ont permis l'équipement de 15 femelles allaitantes (tableau 2).

Nom individu	fréquence émetteur	Date de capture	Sexe	Etat sexuel	AB (mm)	Poids (g)	100 x poids de l'émetteur / poids
Zig-zag	148 506	14/05/2005	F	G	45,9	17	4,71
Mireille	148 655	14/05/2005	F	G	45,8	17	4,71
Clairette	148 920	14/05/2005	F	G	46	18	4,94
Punky	148 942	19/05/2005	F	G	45,8	18,5	4,81
Suzette	148 9202	22/05/2005	F	G	45,6	18	4,94
Boulette	148 605	22/05/2005	F	G	46,3	17,5	4,57
Speedy	148 905	22/05/2005	F	G	46,2	18	4,44
Benoite	148 020	25/05/2005	F	G	45,1	17,5	3,89
Yaourte	148 032	25/05/2005	F	G	46,5	18,5	3,68
Agrippine	148 878	15/06/2006	F	A	45,5	16	5,00
Berta	148 899	15/06/2006	F	A	45,8	15,5	5,16
Cunégonde	148 940	15/06/2006	F	A	46,5	15,5	5,16
Didi	148 930	18/06/2006	F	A	46	15,5	5,16
Fafa	148 940	19/06/2006	F	A	45,2	15	5,33
Guinguette	148 041	19/06/2006	F	A	46,1	15,5	5,16
Helico	148 9302	22/06/2006	F	A	46,4	15,5	5,16
Irma	148 016	22/06/2006	F	A	46,1	16	5,00
Jamon	148 949	22/06/2006	F	A	45,9	16	5,00
Lilith	148 082	25/06/2006	F	A	45,1	14	5,71
Micmac	148 652	25/06/2006	F	A	44,6	15	5,33
Nunuche	148 949	25/06/2006	F	A	46,5	14	5,71
				Moyenne	45,8	16,3	4,9
				Ecart-type	0,5	1,1	0,4

Tableau 2 : Données biométriques des 21 femelles de Minioptère de Schreibers du tunnel de la Borie suivies. F = femelle ; G = gestante ; A = allaitante ; AB = avant bras.

La masse des émetteurs posés variait entre 640, 800 et 890 mg afin d'être en dessous des 10% de la masse totale de l'animal recommandés pour ne pas occasionner une gêne trop importante pour les chauves-souris (KENWARD, 1987 ; BONTADINA et al., 2002) (figure 8).

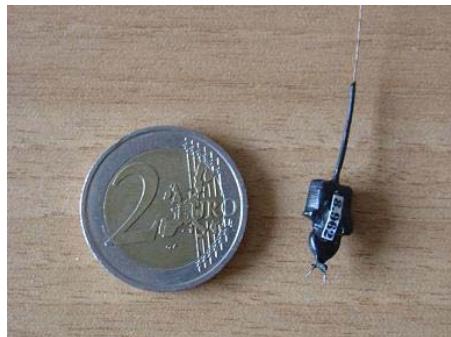


Figure 8 : Photographie d'un émetteur de 0,65 g (M. Némoz)

Chaque individu a été mesuré, pesé et son état général a été contrôlé. L'émetteur était encollé (colle chirurgicale Skinbond™ ou colle pour faux cils Duo Professional™) puis posé sur le dos de l'animal après une légère tonsure (figure 9). Le temps de séchage était de l'ordre de quelques minutes, laps de temps pendant lequel l'animal était gardé au calme dans un pochon. La tenue des émetteurs constatée a été de 2,4 nuits en moyenne. Ils tombaient ensuite naturellement par décollement ou arrachage de poils.



Figure 9 : Pose d'un émetteur sur le dos d'un Minioptère (tonsure et encollage)

## 2.3.4 Protocole de collecte des données

### 2.3.4.1 Organisation du suivi

Le suivi était réalisé chaque nuit du crépuscule à l'aube, soit en moyenne de 21h00 à 7h00. Un relevé d'azimut était pris toutes les 5 minutes pour chaque animal dans la mesure du possible, ce qui permettait de suivre jusqu'à 3 individus la même nuit.

Chaque nuit un minimum de cinq équipes de deux personnes étaient équipées chacune d'un véhicule, d'un ensemble récepteur/antenne, d'un talkie-walkie, d'un GPS, d'une boussole et de cartes 1/25000ème © IGN.

Les équipes étaient réparties en :

- postes fixes : équipes placées sur des positions hautes et dégagées du relief (point haut) afin d'optimiser la précision et la qualité de réception du signal. Elles pouvaient suivre plusieurs individus à raison d'un relevé toutes les 5 minutes par individu. Certaines équipes ont utilisé un système d'antenne Null Peak (AVM™) afin d'avoir une meilleure réception du signal et une erreur angulaire plus faible.

Une équipe fixe jouait le rôle de coordinateur. Son objectif était d'estimer en temps réel la position des individus suivis, grâce aux informations transmises par talkie-walkie par les autres équipes, afin d'optimiser le placement de toutes les équipes. Pour cela elle dessinait une triangulation sommaire des azimuts synchrones sur une carte carroyée GPS.

- postes mobiles : équipes se déplaçant afin de se rapprocher le plus possible de l'animal, jusqu'à la situation de *homing in*.

#### 2.3.4.2 Principe de l'estimation de la position d'un animal par radiolocalisation

L'émetteur, placé sur le dos de l'animal, émet à intervalles réguliers des signaux électromagnétiques de fréquence déterminée, qui se propagent via une antenne d'émission omnidirectionnelle.

Pour connaître la localisation de cet émetteur, nous avons utilisé deux techniques :

- la triangulation d'azimuts synchrones,
- le *homing in*.

La triangulation d'azimuts synchrones nécessite au minimum deux stations de réception situées en des lieux dont les coordonnées géographiques sont connues (JANEAU, 1998). Chacune de ces stations mesure l'azimut de réception, c'est-à-dire la direction du signal en degré grâce à un équipement antenne-récepteur-boussole. L'émetteur se situe théoriquement à l'intersection des azimuts. En réalité, il existe toujours une erreur angulaire liée au matériel, à l'observateur, aux conditions climatiques, etc. On doit donc considérer que chaque azimut est la bissectrice d'un angle dont la valeur est le double de l'erreur angulaire potentielle de la mesure. L'émetteur se situe donc dans l'aire délimitée par l'intersection des angles obtenus à partir des points de réception. Cette aire est appelée « polygone d'erreur » (figure 10).

La mobilité de l'émetteur impose le relevé synchrone des azimuts.

Le ***homing in*** correspond à la situation où la position de l'animal est estimée identique à celle de l'observateur réceptionnant le signal avec une erreur de 50 m (WHITE & GAROTT, 1990). Les récepteurs utilisés (Australis26K de Titley™, LA12Q d'AVM™) nous permettent de conclure à une situation de Homing in lorsque le gain est au minimum (atténuateur actionné dans le cas du LA12Q) et que le signal est réceptionné avec une même intensité sur 360°.

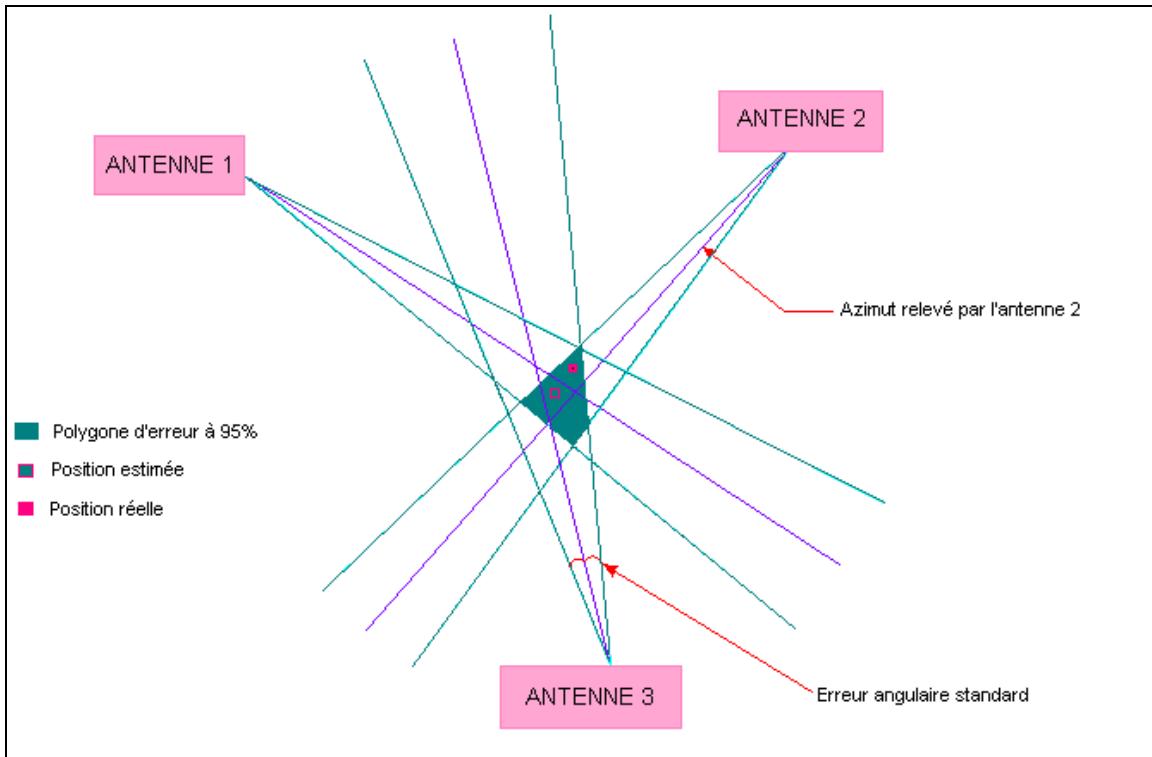


Figure 10: Estimation de la position d'un animal par triangulation d'azimuts synchrones

## 2.4 Cartographie et description des terrains de chasse

### 2.4.1 Traitement des données

Les données brutes recueillies par radiolocalisation relevées sur des feuilles de terrain ont été saisies sous Excel. L'estimation des localisations à partir des azimuts et le calcul des polygone d'erreur à 95% ont été réalisés à l'aide de la méthode du maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood Estimator : MLE ; LENTH, 1981) sur le logiciel LOCATE II (NAMS, NSAC Canada, 2000) en 2005 et le logiciel LOAS IV (Ecological Software Solutions, 2005) en 2006. L'estimation de la localisation d'un animal par cette méthode permet de prendre en compte, pour chaque azimut, une erreur angulaire fixe, la distance à laquelle se situe l'animal, et l'angle existant entre les azimuts. Elle a, par ailleurs, l'avantage de décrire l'aire d'incertitude de la localisation sous la forme d'un polygone pour les biangulations et d'une ellipse pour les triangulations.

Les positions calculées et les *homing in* ont ensuite été importés sous Arcview 3.2 et superposés aux SCAN25 © IGN.

Le **domaine vital** s'apparente à l'aire traversée par un individu (ou par les individus de la colonie) au cours de ses activités normales de recherche de nourriture, de reproduction et de soins aux jeunes (BURT, 1943). Les domaines vitaux individuels et de la colonie ont été estimés par le Polygone Convexe Minimal (PCM) (MOHR, 1947), par l'extension Animal Mouvement (HOOGE *et al.*, 1999. The animal movement program, USGS, Alaska Biological Science Center) d'Arcview 3.2. Le PCM est le polygone incluant toutes les localisations en reliant les localisations les plus extrêmes (WHITE & GARROT, 1990) (figure 10). Le nombre minimal de localisations nécessaires à l'estimation du domaine vital d'un individu a été estimé graphiquement.

Les **zones de chasse** correspondent aux habitats fréquentés par les chauves-souris lors de leur activité de chasse. Elles ont été déterminées par la méthode des Kernel (WORTON, 1989) et plus précisément par le kernel 50 des localisations de chaque individu (figure 10). Le Kernel nécessite le choix d'un facteur de lissage H. Celui-ci a été choisi visuellement et fixé à 70 pour tous les individus. Les zones de chasse

Les **terrains de chasse** correspondent aux habitats fréquentés intensivement pour la chasse et identifiés avec certitudes. Ils correspondent aux zones de 0,78 ha mises en évidence par *homing in* (figure 11).

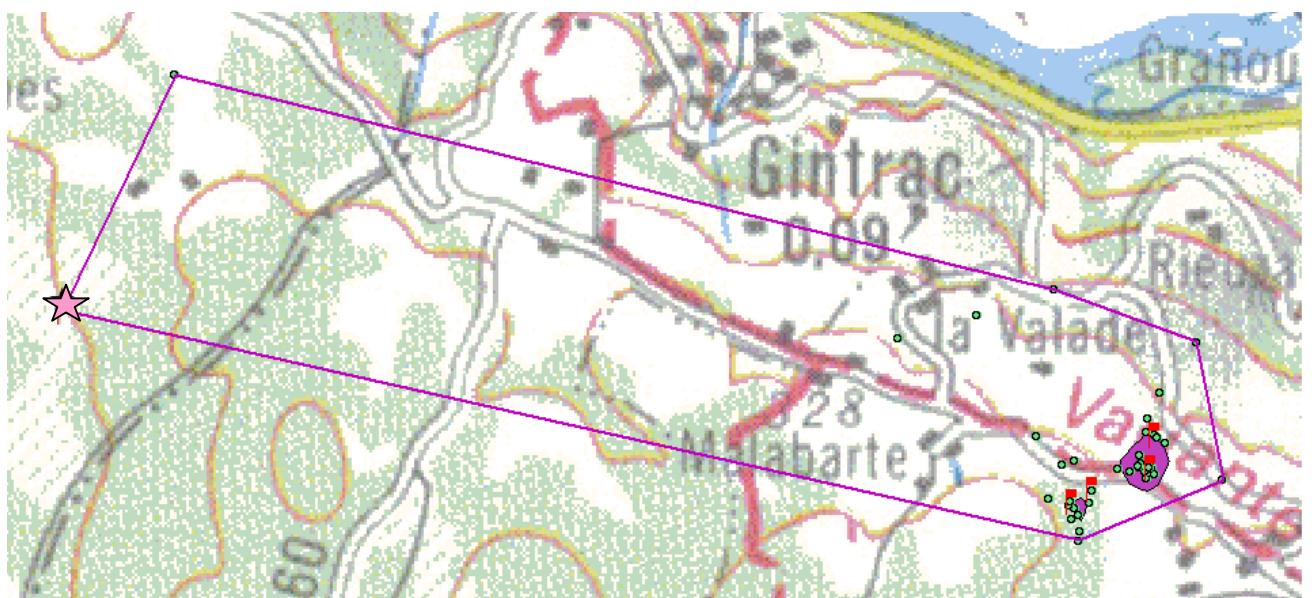


Figure 11 : Domaine vital ( ), zone de chasse ( ) et terrain de chasse ( ) de la femelle 148.180. (★= gîte).

Les différences observées entre les femelles gestantes et allaitantes ont été testées par le test de Mann-Whitney.

L'estimation du nombre minimal de localisations par individu pour une bonne estimation de la surface de son domaine vital, a été calculée avec le logiciel Arcview 3.2, via l'estimation de la moyenne de la surface des domaines vitaux pour 100 répétitions pour un nombre fixé de localisations

La sélection de l'habitat a été étudiée par analyse compositionnelle (AEBISCHER *et al.*, 1993), en comparant les habitats disponibles (définis comme ceux étant situés à l'intérieur du PCM de la colonie) aux habitats utilisés en chasse (définis comme ceux présents dans les zones kernel 50). Une méthode complémentaire a été employée : les intervalles de confiance de Bonferroni qui s'appliquent à la procédure du test du  $\chi^2$  de NEU *et al.* (1974).

## 2.4.2 Typologie des habitats

Le relevé sur le terrain des habitats pour la cartographie des points de *homing in* a nécessité l'établissement d'une typologie des milieux naturels. Pour ce faire, nous avons repris et adapté la typologie de référence proposée par NEMOZ et. al. (2002) dans le travail d'étude des habitats de chasse potentiels du Petit rhinolophe adaptée au Minioptère de Schreibers. Celle-ci a été élaborée en 2005 et 2006, postérieurement à la première année de suivi par radiolocalisation. Compte tenu de l'étendue du domaine vital de la colonie ( $> 160\ 000$  ha), il s'agit d'une typologie simplifiée se limitant à de grandes unités écologiques (tableau 3). Cette typologie s'attache à la caractérisation du paysage en s'appuyant sur des éléments floristiques afin de distinguer des « types paysagers » et des éléments structurels (densité des peuplements forestiers, haies, lisières, éclairage artificiel) du paysage.

Structures paysagères	Types d'habitats	Sous-types d'habitats	Code
A. Milieux boisés	1. Bois feuillus ou mixtes, d'âge moyen à mûr	a. Présence de rivières, pistes ou routes ouvrant des couloirs à ciel ouvert, ou présence de coupes avec semenciers régulièrement espacés	A1a
		b. Peuplement homogène et fermé	A1b
	2. Plantations de résineux	a. Eclaircies et présence de sous-étages	A2a
		b. Non éclaircies	A2b
	3. Vergers, hautes tiges, parcs ou friches arbustives avec de grands arbres isolés ou en ligne		A3
B. Milieux semi-ouverts à ouverts	1. Prairies de pâtures/fauches ou friches herbacées	a. Avec haies ou lisières arborées	B1a
		b. Sans haies, ni lisières arborées	B1b
	2. Cultures intensives non arbustives	a. Avec haies ou lisières arborées	B2a
		b. Sans haies, ni lisières arborées	B2b
C. Milieux urbanisé	1. Villes, lotissements, zones péri-urbaine...	a. Avec lampadaires	C1a
		b. Sans lampadaires	C1b
D. Milieux aquatiques	1. Lacs, étangs, rivières		D1

Tableau 3 : Typologie des habitats relevés sur les terrains de chasse du Minioptère.

## 2.4.3 Variables descriptives des points de Homing In

La description précise des terrains de chasse des Minioptères a été réalisée en procédant à un relevé des plusieurs variables sur chaque point de *homing in*. Ainsi, pour chacun de ces points nous avons dressé un état des lieux précis, basé sur une fiche de recueil des données, en portant une attention particulière aux caractéristiques structurelles du paysage (tableau 4) et notamment les structures verticales, la mosaïcité des habitats, la présence ou l'absence d'éclairage artificiel.

Numéro de point		Commune		
		Lieu dit		
Coordonnées GPS (Lambert II étendu)		X		
		Y		
Distance au gîte utilisé la journée précédant la chasse				
Altitude				
Liste et surface des habitats présents sur le point de H1		<b>A1a</b> feuillus avec lisière		
		<b>A1b</b> feuillus sans lisière		
		<b>A2a</b> résineux éclaircies		
		<b>A2b</b> résineux non éclaircies		
		<b>A3 vergers arbustes</b>		
		<b>B1a</b> prairies avec lisière		
		<b>B1b</b> prairies sans lisière		
		<b>B2a</b> cultures avec lisière		
		<b>B2b</b> cultures sans lisière		
		<b>C1a</b> Urbain avec lampadaire		
		<b>C1b</b> Urbain sans lampadaire		
		<b>D1 Milieux aquatiques</b>		
		<b>L1</b> : absence de lisière verticale,		
		<b>L2</b> : présence de lisière verticale, linéaire faible,		
		<b>L3</b> : présence de lisière verticale, linéaire moyen,		
		<b>L4</b> : présence de lisière verticale, linéaire fort.		
Lisières	Indice de linéarité	1- <= 2m		
		2- de 2-10m		
		3- >10m		
		Longeur		
Source lumineuse	Absence/Prés.	oui /non		
	Type	couleur (Sodium, Mercure, autres...)		
	Distance	1- <= 50m		
		2- de 50-100m		
		3- >100m		
Mosaïcité	Indice	<b>M1</b> = Maille homogène ; habitat dominant > 90 % de la surface		
		<b>M2</b> = Habitat dominant entre 50 % et 90 % de la surface, en répartition groupée.		
		<b>M3</b> = Habitat dominant entre 50 % et 90% de la surface, en répartition éclatée		
	% des différents milieux Urbains	Bâtit		
		Bitume (parking, routes)		
		Espaces verts; jardins		
Distance au premier point d'eau		0- moins de 10 m		
		1- 10 à 50m		
		2- > 50m		
Exposition	Rose des vents	Ne pas renseigner sur terrain plat!		

Tableau 4 : Fiche de terrain de relevé des habitats et de description des points de homing in.

#### 2.4.4 Cartographie et description des points de Homing in

Une première cartographie des différents habitats ou polygones a été réalisée par photo-interprétation sur le logiciel Arcview 3.2™. Celle-ci a ensuite été complétée par des visites de terrain réalisées en juillet 2006.

Chaque *homing in* a été identifié à un **terrain de chasse** d'une surface de 0,78 ha ( cercle de 50 m de rayon) (figure 12). Cette surface a été décrite selon un certain nombre de critères structurels et floristiques (Tableau 4).

Ainsi pour chaque *homing in* nous avons renseigné :

- les critères structurels et floristiques de chaque habitat : nature et structure de la végétation, présence de lisières, longueur des lisières, indice de mosaïcité, etc.
- la description de la zone : distance au gîte, orientation sur la rose des vents, distance du premier point d'eau, présence d'éclairage artificiel etc.

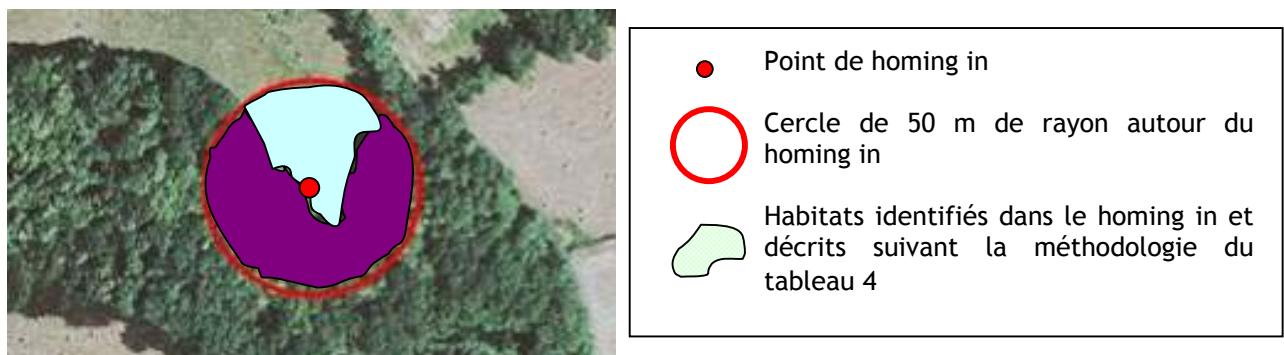


Figure 12 : Méthodologie de description des points de *homing in*.

#### 2.4.5 Comparaison des points de *homing in* et de points témoins

Afin d'analyser les résultats obtenus sur les points de *homing in*, nous avons tiré de manière aléatoire un échantillon de point de la même taille, en s'attachant toutefois à respecter une distribution similaire par types d'habitats. Chacun de ces points ont ensuite fait l'objet d'un relevé d'habitats et d'une cartographie de la même manière que pour les points de *homing in*.

Les comparaisons des deux échantillons ont été réalisées au moyen des tests du  $\chi^2$ , d'analyse de la variance et d'analyse en composantes principales.

### 2.5 Etude du régime alimentaire (LUGON, 2006)

L'objectif est de définir le régime alimentaire de cette espèce sur la base de prélèvements de guano réalisés en 2005 sous la colonie à l'aide d'une bâche. 11 échantillons ont été récoltés du 31 mars au 14 septembre 2005, au rythme d'un échantillon tous les 15 jours environ (excepté à fin août, période à laquelle la colonie s'est déplacée dans le gîte et le guano n'a pu être collecté). Le guano a été séché préalablement à l'air et envoyé au mandataire dans des sachets de congélation hermétiques.

15 crottes ont été tirées aléatoirement, à l'aveugle, parmi chaque échantillon. CRETENAND & VIANIN (1992) ont montré qu'au delà de 15 crottes par échantillon, la diversité du régime alimentaire n'augmentait plus de manière significative chez *Rhinolophus ferrumequinum*. Chez *Myotis bechsteinii*, l'analyse de 15 crottes permet de déceler 93 % des taxons. La détermination de 5 crottes supplémentaires (20 au lieu de 15) permet un gain de 4 % de taxons seulement (LUGON, 2005).

Les crottes ont été trempées au préalable dans l'alcool 70 % avant d'être disséquées à l'aide de brucelles entomologiques sous une loupe binoculaire 10-40x. Les déterminations ont été faites jusqu'au niveau systématique le plus élevé possible, mais au moins jusqu'à l'ordre. Les clés de MCANEY et al. (1991) et SHIEL et al. (1997) ont été consultées, ainsi que des collections personnelles d'insectes d'A. LUGON capturés au piège lumineux.

Le volume relatif moyen de chaque catégorie de proie a été estimé à 5 % près pour chaque échantillon de 15 crottes. Contrairement au calcul des occurrences, l'analyse des volumes relatifs donne une bonne appréciation de la biomasse de chaque catégorie de proie (KUNZ, 1988).

La diversité du régime alimentaire a été calculée à l'aide de l'indice H de Shannon.

### 3 Résultats

#### 3.1 Données de radiolocalisation

##### 3.1.1 Durée des suivis

Douze femelles allaitantes et neuf femelles gestantes ont été équipées et suivies (tableau 5). Chaque femelle a été suivie en moyenne  $2,4 \pm 0,8$  nuits ( $n=21$ ). Le nombre maximum de nuits de suivi pour un individu a été de 4.

Lors de ce suivi nous avons eu des problèmes quant à la durée de tenue des émetteurs sur le dos des Minioptères. Les émetteurs étaient perdus de manière beaucoup trop précoce en comparaison de ce qui a été observé sur les autres espèces de Chiroptères (*Rhinolophus euryale*, *Myotis capaccinii*, *Myotis bechsteinii*), alors que la technique de pose des émetteurs et la colle utilisée restait la même. Nous avons pu constater au travers des émetteurs que nous avons récupérés après qu'ils aient été portés par les Minioptères, qu'ils présentaient de nombreuses traces de morsures. Ceci explique probablement les pannes d'émetteurs que nous avons constatée pour 4 d'entre eux. Le fait que les Minioptères arrivent à se débarrasser de leur émetteur rapidement peut s'expliquer par le toilettage mutuel des individus. Le caractère gréginaire de cette espèce, qui forme des essaims très denses et de surcroît le fait qu'elle soit associée dans ce gîte à des murins de grande taille, sont des explications possibles à cette faible durée de tenue des émetteurs.

##### 3.1.2 Nombre de localisations par individu suivi

Cette étude a permis l'estimation en moyenne de  $64 \pm 61,3$  positions par femelle ( $n=21$ ). Le nombre maximum est de 201 (dont 83 *homing in*) pour la femelle gestante Benoîte (148 020) suivie pendant 3 nuits (tableau 5).

Il n'a pas été possible d'obtenir d'azimuts synchrones, ni de *homing in* pour les femelles 148 048, 148 980, 148 949, 148 203, du fait de la panne ou de la perte prématurée des émetteurs. Celles-ci n'apparaissent donc plus dans la suite du rapport.

La méthode d'évaluation du seuil de localisations (cf. § 3.3.1) nécessaire pour la définition de domaines vitaux significatifs nous a permis de retenir 6 femelles gestantes et 6 femelles allaitantes, les plus représentatives parmi les 21 individus suivis. De fait, le nombre de positions pour chacun de ces individus est relativement élevé. Nous avons relevé en moyenne  $103,1 \pm 50,3$  positions par femelle ( $n=12$ ).

Nom individu	Fréquence émetteur	Etat sexuel	nb nuits de suivi	nb localisations	nb homing in	nb homing in distincts	Distance maximum en chasse (km)	Surface du P.C.M. (ha)
Zig-zag	148 506	G	3	68	25	3	19,32	10 550,0
Mireille	148 655	G	2	11	0	0	-	4 420,0
Clairette	148 920	G	1	24	12	1	11,2	-
Punky	148 942	G	3	184	78	1	12,67	6009
Suzette	148 9202	G	3	91	30	3	18,5	4465
Boulette	148 605	G	4	130	43	5	22,39	18000
Speedy	148 905	G	2	54	22	9	15,88	9 751,0
Benoite	148 020	G	3	201	83	3	14,69	16 250,0
Yaourte	148 032	G	2	29	12	1	16,6	2 864,0
<i>Femelles gestantes</i>		<i>Moyenne</i>	<i>2,6</i>	<i>88,0</i>	<i>33,9</i>	<i>2,9</i>	<i>16,4</i>	<i>9038,6</i>
		<i>Ecart-type</i>	<i>0,9</i>	<i>69,7</i>	<i>29,1</i>	<i>2,8</i>	<i>3,6</i>	<i>5665,1</i>
Agrippine	148 878	A	4	63	20	2	29,17	29 840,0
Berta	148 899	A	2	2	0	0	-	358
Cunégonde	148 940	A	3	15	0	0	-	3344
Didi	148 930	A	3	110	24	3	21,5	25330
Fafa	148 940	A	3	78	0	0	-	24410
Guinguette	148 041	A	1	10	9	2	6,4	97
Helico	148 9302	A	3	137	29	4	26,17	22230
Irma	148 016	A	2	1	0	0	-	-
Jamon	148 949	A	3	68	5	4	21,2	23340
Lilith	148 082	A	1	53	5	2	20,8	8758
Micmac	148 652	A	1	5	0	0	-	5987
Nunuche	148 949	A	2	10	0	0	-	6700
<i>Femelles allaitantes</i>		<i>Moyenne</i>	<i>2,3</i>	<i>46,0</i>	<i>7,7</i>	<i>1,4</i>	<i>20,9</i>	<i>13672,1</i>
		<i>Ecart-type</i>	<i>1,0</i>	<i>46,1</i>	<i>10,6</i>	<i>1,6</i>	<i>7,8</i>	<i>11310,9</i>
<b>Colonie</b>		<b>Moyenne</b>	<b>2,4</b>	<b>64,0</b>	<b>18,9</b>	<b>2,0</b>	<b>18,3</b>	<b>11721</b>
		<b>Ecart-type</b>	<b>0,8</b>	<b>61,3</b>	<b>24,9</b>	<b>2,3</b>	<b>6,2</b>	<b>10082</b>

Tableau 5 : Données télémétriques issues du suivi des 21 femelles de Minioptère de Schreibers du tunnel de la Borie. F = femelle ; G = gestante ; A = allaitante ; AB = avant bras ; PCM = polygone convexe minimum.

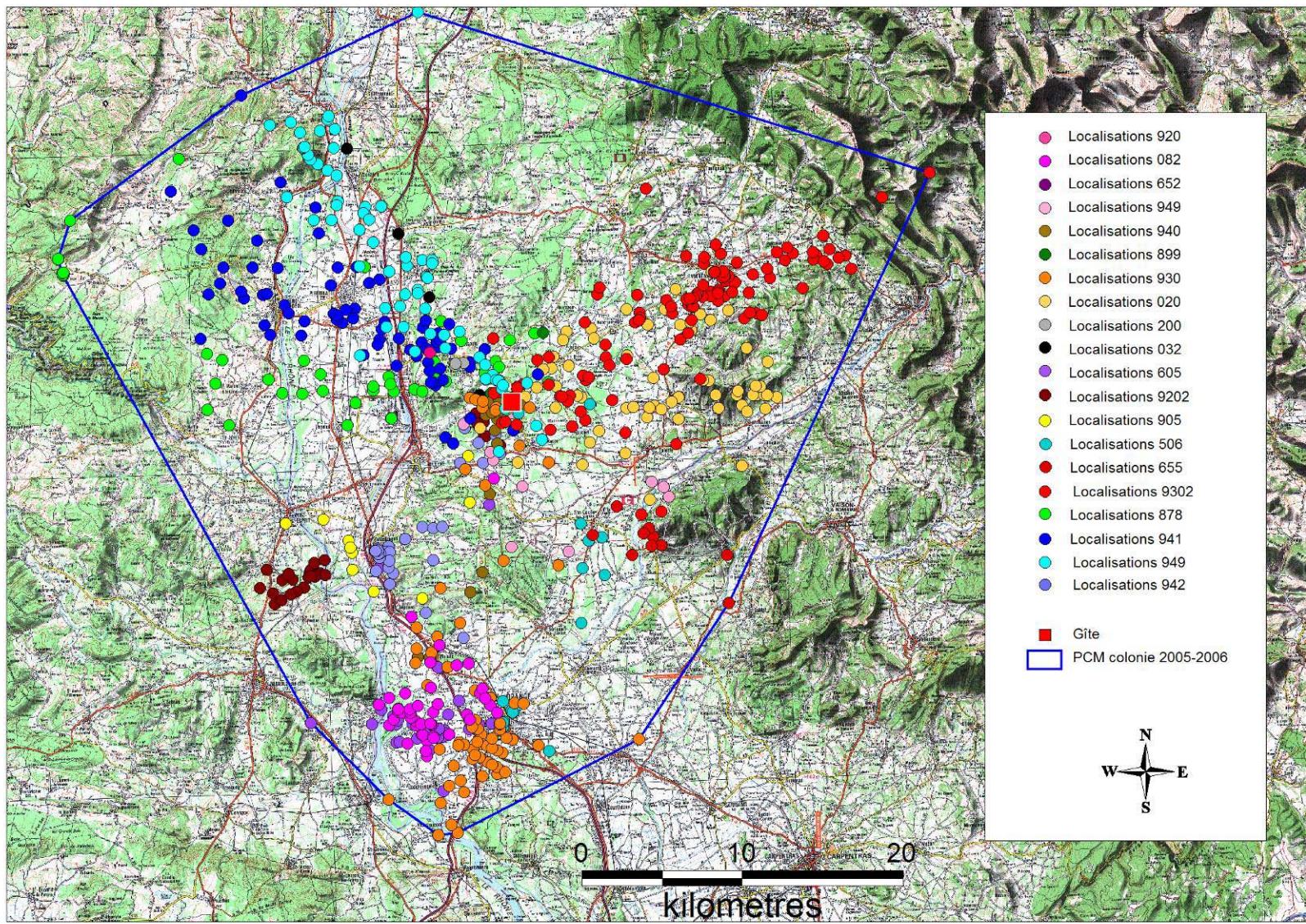


Figure 13 : Localisations obtenues pour les 21 femelles suivies avec succès.

Etude de l'activité et des terrains de chasse exploités par le Minioptère de Schreibers en vue de sa conservation  
 CORA 26 – SFEPM  
 Mars 2007

## 3.2 Activité et rythme nocturne des Minioptères

### 3.2.1 Heure de sortie et de retour au gîte

Les femelles gestantes (n=9) suivies en 2005 (14/05/05 au 28/05/05) ont quitté leur gîte en moyenne à 22h06 (CEST (Central European Summer Time = UTC+2) soit  $59 \pm 32$  min après le couché du soleil et sont rentrées en moyenne à 03h54 soit  $2h20 \pm 45$  min avant le lever du soleil (figure 14).

Les femelles allaitantes (n=12) suivies en 2006 (15/06/06 au 28/06/06) ont quitté leur gîte en moyenne à 22h11 soit  $42 \pm 17$  min après le couché du soleil et sont rentrées en moyenne à 04h07 soit  $1h53 \pm 47$  min avant le lever du soleil (figure 15).

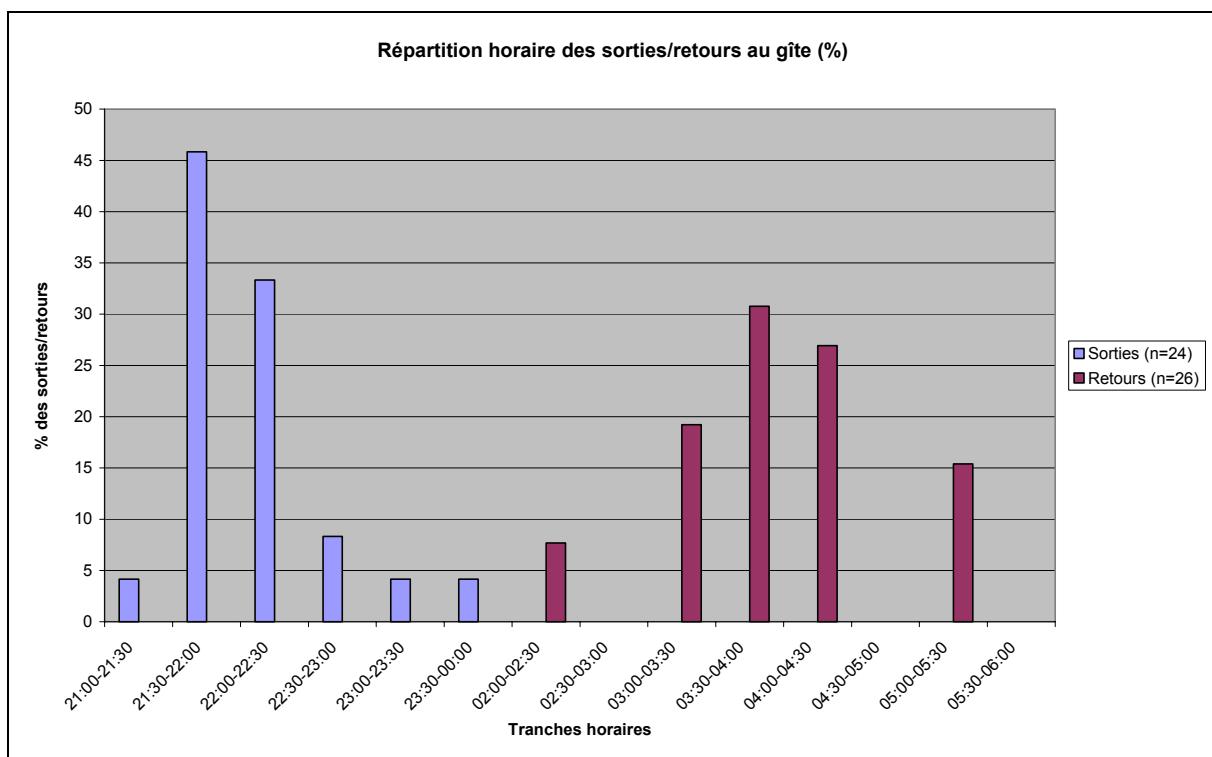


Figure 14 : Répartition horaire des sorties et rentrées au gîte des femelles de Minioptères équipées en 2005, en pourcentage : par tranche de demi-heure. (Les heures sont indiquées en temps CEST - Central European Summer Time = UTC+2)

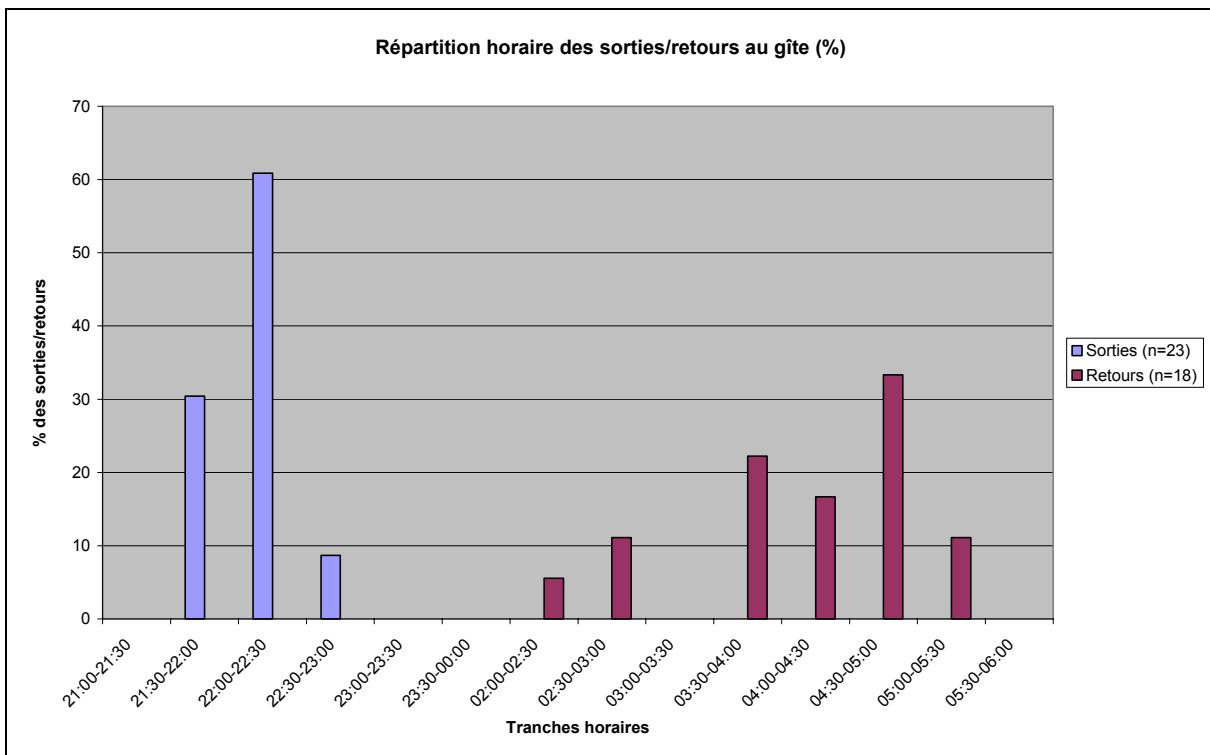


Figure 15 : Répartition horaire des sorties et rentrées au gîte des femelles de Minioptères équipées en 2006, en pourcentage : par tranche de demi-heure. (Les heures sont indiquées en temps CEST - Central European Summer Time = UTC+2)

### 3.2.2 Durée de l'activité nocturne

Chaque nuit, les Minioptères consacrent un temps relativement long à leur activité hors du gîte. En moyenne les individus suivis ( $n=21$ ) ont été actifs pendant  $347 \pm 52$  min, soit  $5h47 \pm 52$  min (tableau 6). Une différence significative entre les femelles gestantes et allaitantes a été mise en évidence ( $w=356$  ;  $p=0,0292$ ) (figure 16).

Années de suivi	Durée moyenne de l'activité (en minute)	Durée moyenne de l'activité (en heure, minute)	Ecart-type (en minute)
2005	333	5h33	57
2006	366	6h06	38
2005 et 2006	347	5h47	52

Tableau 6 : Durée moyenne de l'activité nocturne des Minioptères

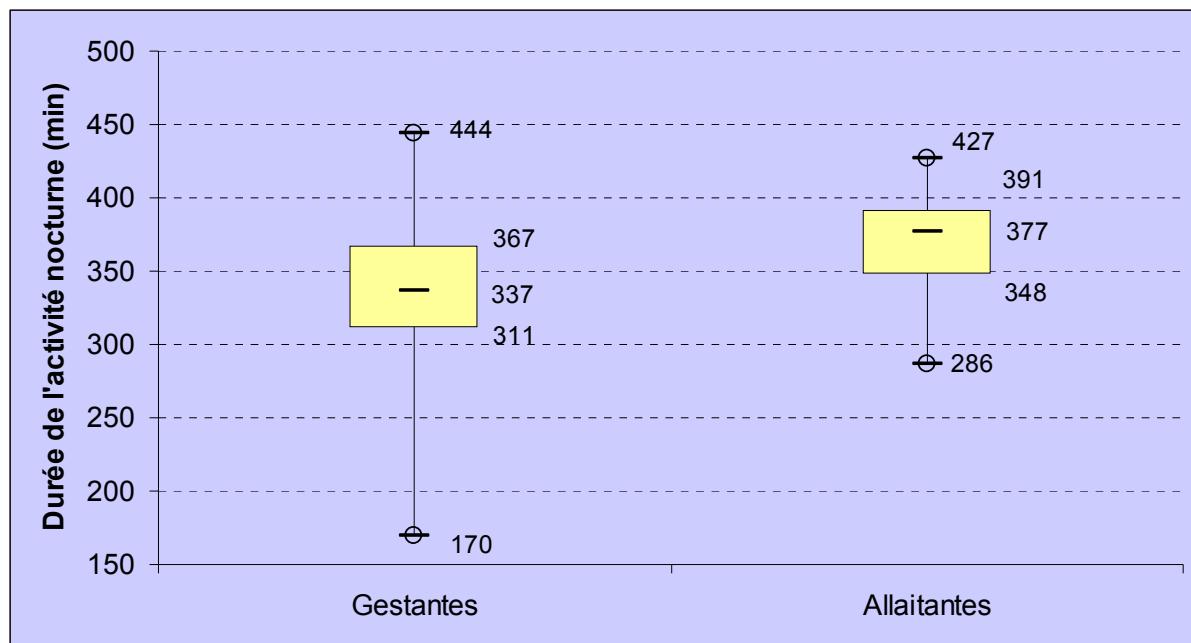


Figure 16 : Boîtes à moustaches des durées d'activité des femelles gestantes et allaitantes.

### 3.2.3 Temps consacré au repos nocturne

Que ce soit en 2005 ou en 2006, tous les individus suivis ont été actifs du moment où ils ont quitté le gîte jusqu'à leur retour en fin de nuit. Aucune pause nocturne n'a été observée et les retours au gîte étaient systématiquement définitifs jusqu'à la nuit suivante. Les femelles allaitantes n'ont jamais interrompu leur phase d'activité pour revenir au gîte nourrir leur jeune.

## 3.3 Domaines vitaux individuels

### 3.3.1 Représentativité des domaines vitaux individuels

La surface d'un domaine vital croît en fonction du nombre de localisations. Cette relation est donnée comme asymptotique par HARRIS *et al.* (1990) et BONTADINA *et al.* (2002). Il est donc possible de déterminer le nombre minimal de localisations pour une bonne estimation du domaine vital d'un individu. Cette estimation a été réalisée individuellement (figure 17) et correspond au nombre de points en plus duquel chaque localisation supplémentaire induit une augmentation minimale de la surface du domaine vital. ODUM & KUENZLER (1955) précisent que ce nombre de localisations est obtenu lorsque chaque position supplémentaire ne produit qu'une augmentation de 1% au maximum de la taille du domaine vital.

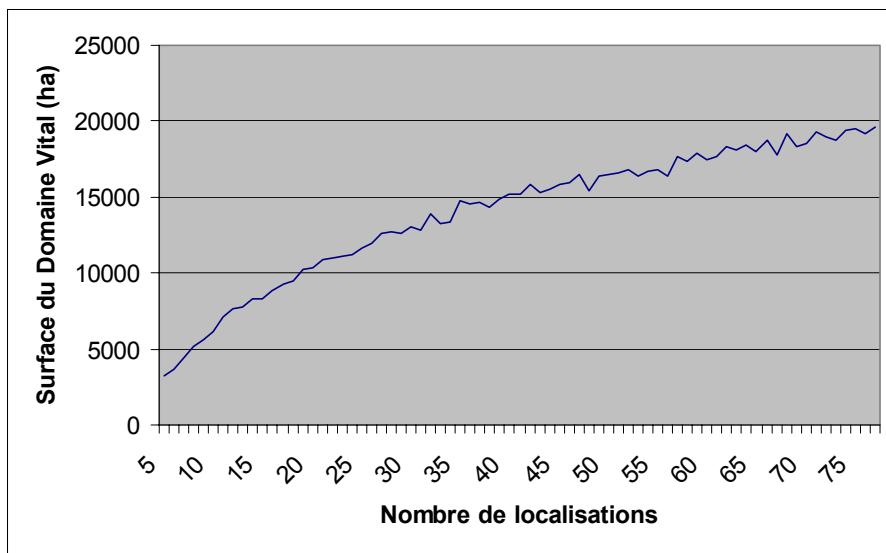


Figure 17 : Surface moyenne du domaine vital de la femelle « Fafa » (148 940) en fonction du nombre de localisations.

Les femelles dont le nombre de localisations était insuffisant pour donner une estimation fiable du domaine vital, ont été exclues de la suite du traitement des résultats concernant les comparaisons de domaines vitaux. Les résultats portent donc sur 12 femelles.

### 3.3.2 Surfaces des domaines vitaux individuels

Les domaines vitaux individuels des Minioptères sont vastes et représentent en moyenne une surface de  $16\ 577 \pm 8\ 507$  ha ( $n=12$ ). Le plus petit domaine vital observé était celui d'une femelle gestante (4 465 ha pour l'individu 148 9202) alors que c'est une femelle allaitante qui a exploité la plus grande superficie (29 840 ha pour l'individu 148 878) (figure 19). Nous avons testé l'influence du statut reproducteur sur les surfaces des domaines vitaux. L'étendue des domaines vitaux est significativement plus grande pour les femelles allaitantes que pour les femelles gestantes ( $w=25$  ;  $p=0,0306$ ).

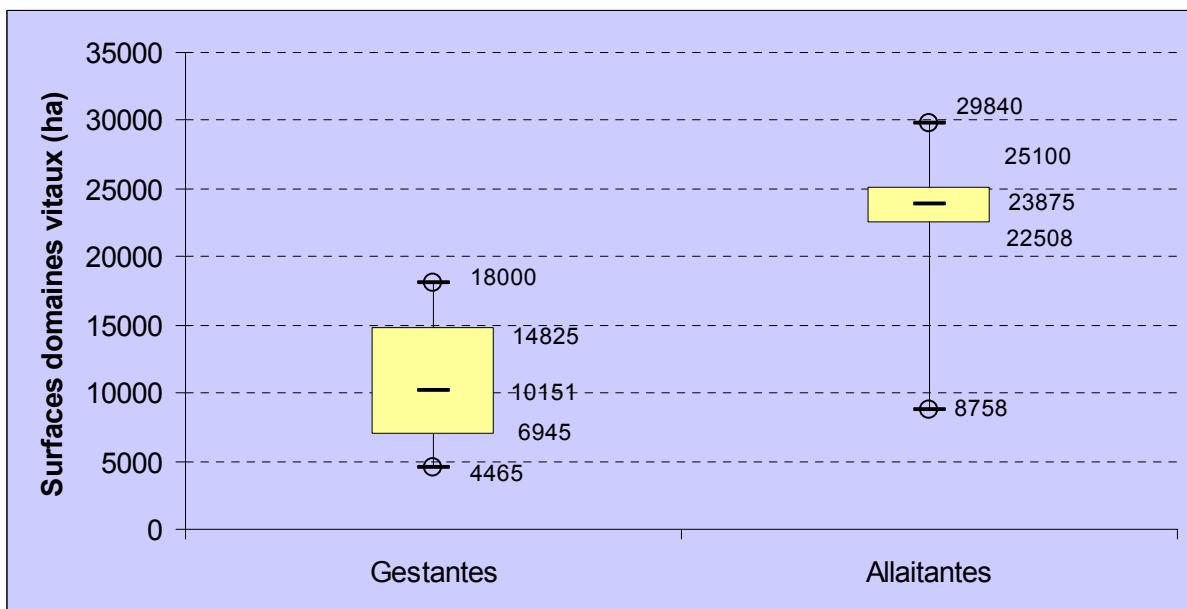


Figure 18 : Boîtes à moustaches des surfaces des domaines vitaux des femelles gestantes et allaitantes.

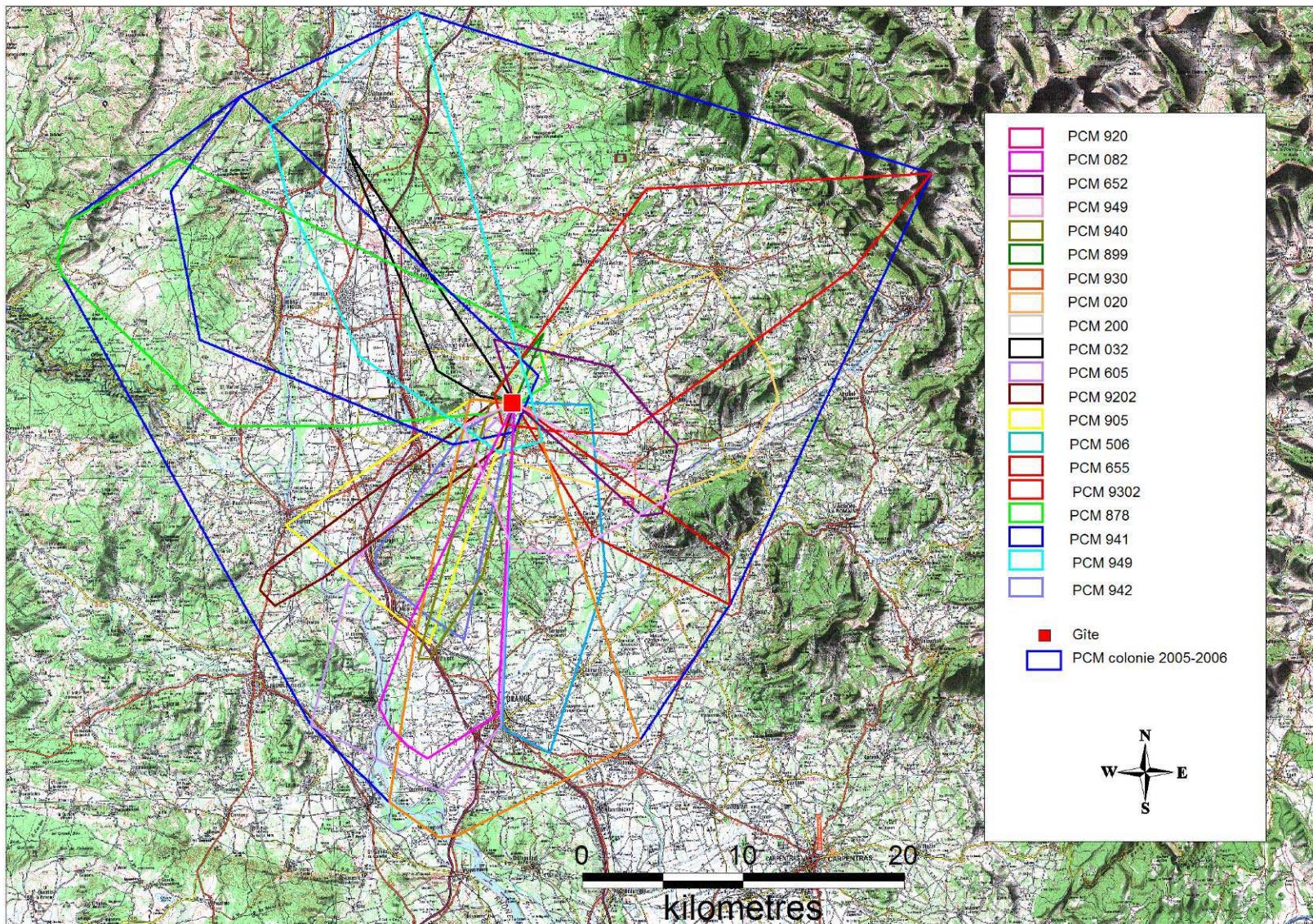


Figure 19 : Domaines vitaux individuels et domaine vital de la colonie estimés par la méthode du Polygone Convexe Minimal

Etude de l'activité et des terrains de chasse exploités par le Minioptère de Schreibers en vue de sa conservation  
CORA 26 – SFEPM  
Mars 2007

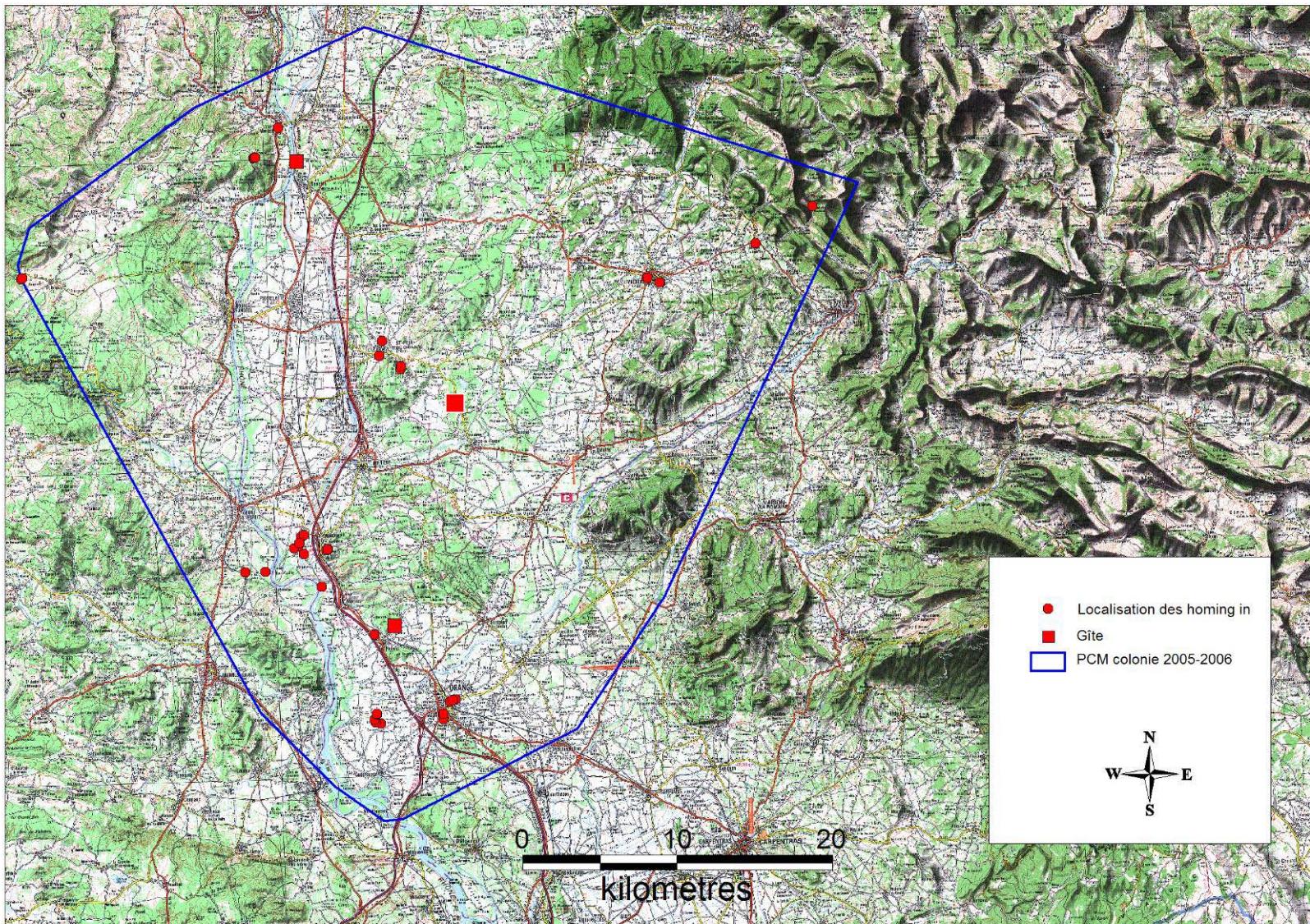


Figure 20 : Représentation des terrains de chasse des femelles suivies (n=14)

Etude de l'activité et des terrains de chasse exploités par le Minioptère de Schreibers en vue de sa conservation  
CORA 26 – SFEPM  
Mars 2007

### **3.3.3 Utilisation des domaines vitaux**

#### *3.3.3.1 Routes de vol*

L'identification et la localisation précise des routes de vol empruntées par les Minioptères a été un exercice délicat voir très ardu. L'importante vitesse de déplacement des animaux, ne nous permettait pas de quadriller le terrain de manière à obtenir des informations de localisations suffisamment précises sur leurs trajets. Il nous a semblé que les Minioptères ne suivaient pas particulièrement les structures du paysage (lisières, haies, ripisylves). Plusieurs individus ont même au cours de leur trajet entre le gîte et les terrains de chasse traversé le massif d'Uchaux, un petit massif montagneux de 170 m d'altitude au sud de Suze-la-Rousse. Toutefois soir après soir, une fidélité notable a été constatée chez chacun des individus suivis. Un comportement systématique a été constaté, à savoir que les Minioptères suivis nous ont donné l'impression de faire le trajet aller vers leurs terrains de chasse beaucoup plus lentement que le trajet du retour vers le gîte. Cela nous fait supposer que les Minioptères ont eu un comportement de chasse au long de leur déplacement entre le gîte et les terrains de chasse (Cf. § 3.2.3). Le trajet de retour au gîte en fin de nuit a systématiquement été parcouru d'une traite et en vol direct.

Les jours de fort vent (mistral), il nous a été très difficile de localiser les Minioptères au cours de leurs déplacements. Certains même nous ont échappé au moment de la sortie de gîte. Cet état de fait peut s'expliquer par la hauteur de vol et le comportement qu'adoptent les Minioptères pour se protéger du vent. Ces jours là seulement, il nous a semblé que les Minioptères volaient très près de la végétation et probablement même en dessous de la cime des arbres.

#### *3.3.3.2 Surfaces des zones de chasse intensives*

La méthode du PCM inclut des zones très peu (voire pas du tout) exploitées par les individus. Il convient donc de déterminer au sein du PCM des zones plus intensivement exploitées pour la chasse. Les zones de chasse ont été déterminées grâce à la méthode du kernel 50. La surface moyenne exploitée est de  $7,4 \pm 5,3$  ha (min = 2,8 ha ; max = 18,1) (n=12). En moyenne, chaque individu exploitait intensivement pour la chasse  $0,5 \pm 0,4$  % de la surface de son domaine vital (min = 0,1 %; max = 1,3 %).

Toutefois, nous avons pu constater que la méthode des kernel 50 ne s'avérait pas pertinente pour la définition des zones de chasse du Minioptère de Schreibers. En effet, du fait de son comportement à se déplacer très rapidement et à utiliser une infime partie de son domaine vital pour chasser, les aires obtenues par la méthode des kernels 50 ne nous renseignent pas rigoureusement sur les zones exploitées par les individus. Soit les points s'agrègent trop et les aires calculées se confondent avec les terrains de chasse, soit elles identifient des secteurs de transit au long des déplacements du fait de la forte dispersion des localisations.

Pour toute l'analyse ultérieure de la sélection des habitats nous avons considéré que les zones de chasse intensives et les terrains de chasse, dans le cas particulier du Minioptère, se confondent.

### **3.3.4 Terrains de chasse**

Pour 7 femelles parmi les 21 suivies, il n'a pas été possible d'obtenir de *homing in* et donc d'identifier avec certitude des zones de chasse précises. En moyenne pour les 14 autres femelles  $2,0 \pm 2,3$  terrains de chasse ont été identifiés, avec un maximum de 9 terrains de chasse pour une femelle gestante suivie pendant 2 nuits. Ces terrains de chasse sont généralement exploités au cours d'une même nuit et l'on observe une grande fidélité d'une nuit sur l'autre. La distance moyenne entre 2 terrains de chasse d'un même individu est de  $2896 \pm 2834$  m.

Au total, 43 terrains de chasse ont été localisés (27 en 2005 et 16 en 2006) (figure 20).

Les Minioptères suivis ont parcouru d'importantes distances pour rejoindre leurs terrains de chasse. Le maximum observé est de 29,0 km pour une femelle allaitante suivie en 2006. La distance moyenne entre les terrains de chasse et le gîte est de  $16,4 \pm 5,7$  km ( $n=43$ ) alors que le minimum observé se situe à 4,1 km pour une femelle allaitante suivie en 2006.

Nous avons testé l'influence du statut reproducteur des animaux sur les distances parcourues pour 8 femelles gestantes et 6 femelles allaitantes (figure 21). La distance du gîte aux terrains de chasse des femelles allaitantes est significativement différente celle des femelles gestantes ( $w=550$  ;  $p=0,0084$ ).

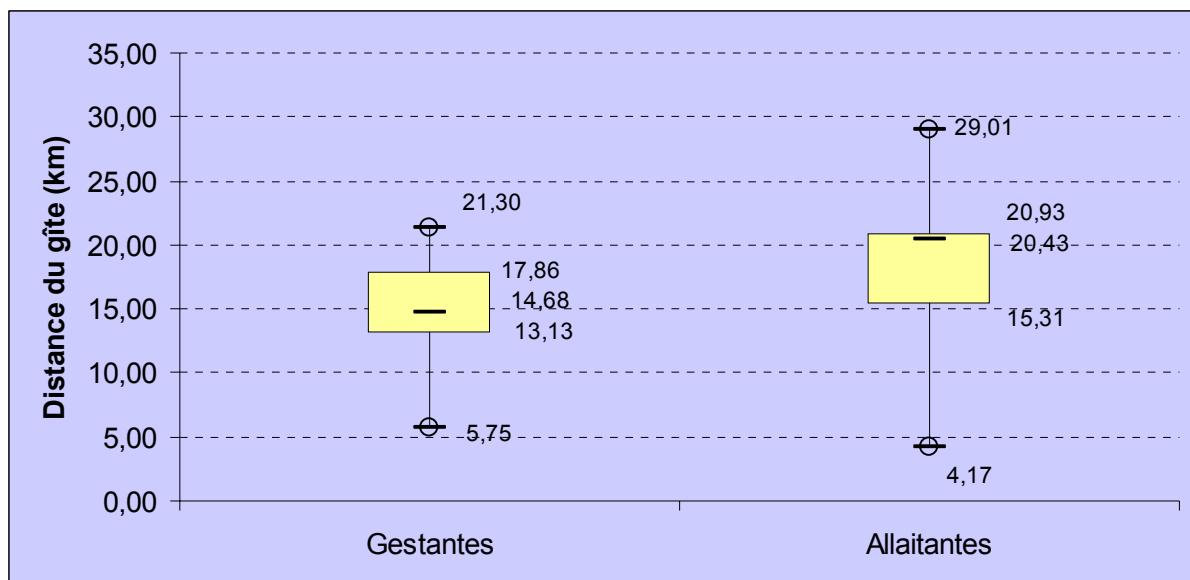


Figure 21 : Boîtes à moustaches des distances gîtes-terrains de chasse des femelles gestantes et allaitantes.

### 3.4 Domaine vital de la colonie de Minioptères

#### 3.4.1 Surface

Le domaine vital de la colonie a été estimé par la méthode du Polygone Convexe Minimal, en utilisant l'ensemble des points obtenus pour les 21 individus suivis. La surface utilisée par la colonie de Minioptères pour les deux années de suivies confondues représente une surface de 168 438 ha, répartie de part et d'autre de la vallée du Rhône et de manière centrée autour du gîte (figure 19). Il est intéressant de noter toutefois que les femelles gestantes ont exploité un domaine vital de 89 359 ha alors que les femelles allaitantes ont exploité 162 997 ha, soit une surface 1,82 fois plus grande. Le recouvrement des domaines vitaux entre femelles gestantes et allaitantes est de 98,6% (tableau 7).

	Surface du domaine vital de la colonie (ha)	Surface des domaines vitaux confondus (ha)	Surface de recouvrement (ha)
Femelles gestantes 2005	89 359	168 438	73 638
Femelles allaitantes 2006	162 997		

Tableau 7 : Surface des domaines vitaux de la colonie.

### 3.4.2 Dispersion des individus

#### 3.4.2.1 Eloignement du gîte

La dispersion des individus est centrée sur le tunnel du Château de la Borie (figure 13). La plus grande distance gîte/localisation en chasse enregistrée est de 29,7 km pour une femelle allaitante (Agrippine 184.878). La distance extrême enregistrée pour les femelles gestantes est de 24,7 km (Boulette 148.605).

Dans certains cas, nous n'avons pas pu localiser précisément les positions extrêmes des individus car une seule équipe de suivi avait un contact avec l'animal. Toutefois, nous sommes certains que ces animaux ont effectué des déplacements de l'ordre de 32 à 35 km du gîte.

#### 3.4.2.2 Directions de dispersion

La dispersion des individus est centrée autour du gîte de la colonie (figure 13). Les animaux se dispersent de manière radiale. Les directions des localisations sont très majoritairement orientées au sud et au sud-sud-est, ainsi qu'à l'est-nord-est du gîte (figure 21), ce qui correspond principalement aux secteurs de plaine.

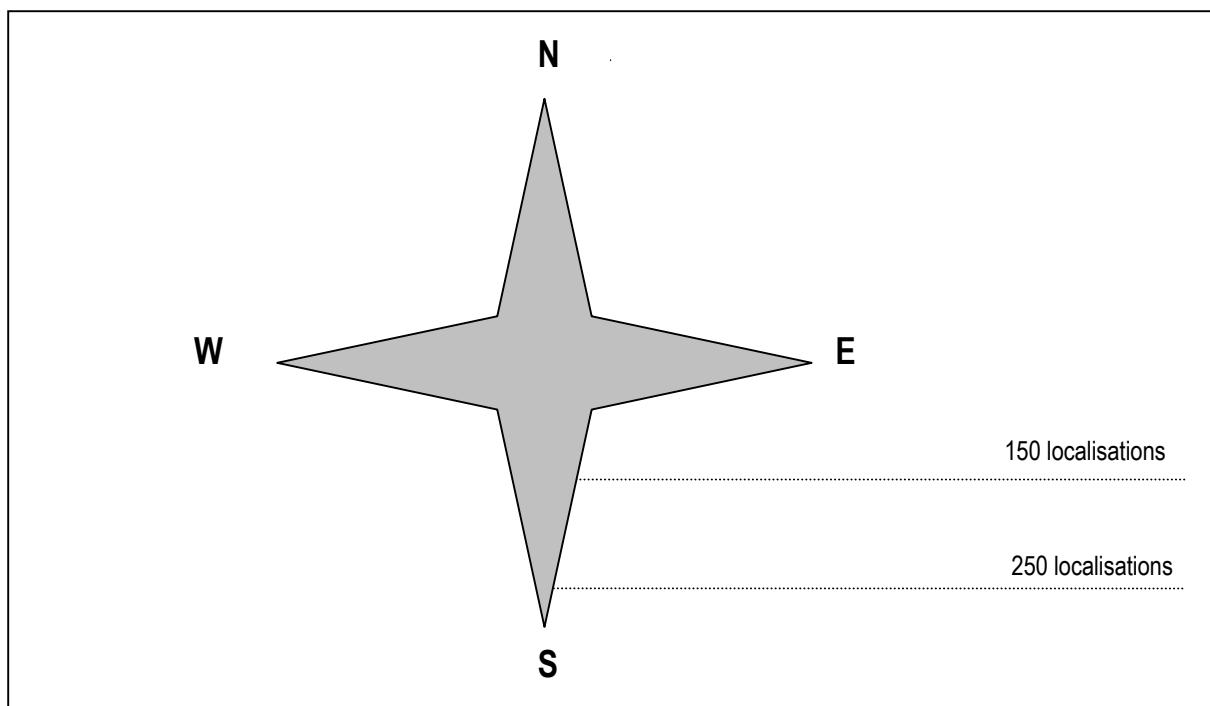


Figure 22 : Diagramme des orientations des localisations des Minioptères suivis.

### 3.4.3 Recouvrement inter-individuels des domaines vitaux, des zones de chasse intensives et des terrains de chasse

Le recouvrement des domaines vitaux inter-individuels a été observé pour tous les individus suivis, tant pour ce qui concerne les femelles gestantes qu'allaitantes. La plupart des individus suivis nous ont permis de mettre en évidence le chevauchement de leur domaine vital avec celui de plusieurs autres individus (tableaux 8) notamment dans les 10 premiers kilomètres autour du gîte (figure 23).

La moyenne des surfaces communes exploitées par les 6 femelles gestantes est de  $1611 \pm 2054$  ha et celle de 6 femelles allaitantes est de  $3355 \pm 5573$  ha.

Dans le lot de femelles gestantes suivies, certaines ont montré un fort recouvrement de leur domaine vital avec d'autres individus. C'est notamment le cas de l'individu Punky (148 942) qui a partagé son domaine vital avec les individus Suzette (148 9202), Boulette (148 605), Speedy (148 905) et Benoite (148 020). Les surfaces de recouvrement des domaines vitaux parfois ont été importantes :

- Punky avait en commun 1 239 ha avec Suzette soit 20,62 % de son domaine vital,
- Punky avait en commun 5 562 ha avec Boulette soit 92,56 % de son domaine vital,
- Punky avait en commun 4 586 ha avec Speedy soit 76,32 % de son domaine vital,
- Suzette avait en commun 823,8 ha avec Boulette soit 18,45 % de son domaine vital,
- Suzette avait en commun 3 506 ha avec Speedy soit 78,52 % de son domaine vital,

	Zig-zag	Punkys	Suzette	Boulette	Speedy
Punkys	0,00				
Suzette	0,00	1239,00			
Boulette	0,00	5562,00	823,80		
Speedy	0,00	4586,00	3506,00	5149,00	
Benoite	2172,00	291,70	272,80	309,20	254,80

	Agrippine	Didi	Fafa	Helico	Jamon
Didi	20,80				
Fafa	18740,00	735,60			
Helico	730,40	291,20	631,30		
Jamon	8205,00	1121,00	10860,00	692,20	
Lilith	0,00	7994,00	76,70	41,00	187,00

Tableau 8 : Surface de recouvrement en hectares des domaines vitaux des femelles gestantes et allaitantes.

Les femelles allaitantes ont elles aussi montré une propension à fréquenter des mêmes espaces. Dans une moindre mesure que pour les femelles gestantes les recouvrements de domaines vitaux ont aussi été notables :

- Agrippine avait en commun 18 740 ha avec Fafa soit 62,8 % de son domaine vital
- Agrippine avait en commun 8 205 ha avec Jamon soit 27,5 % de son domaine vital
- Didi avait en commun 7 994 ha avec Lilith soit 31,56 % de son domaine vital
- Fafa avait en commun 10 860 ha avec Jamon soit 44,49 % de son domaine vital

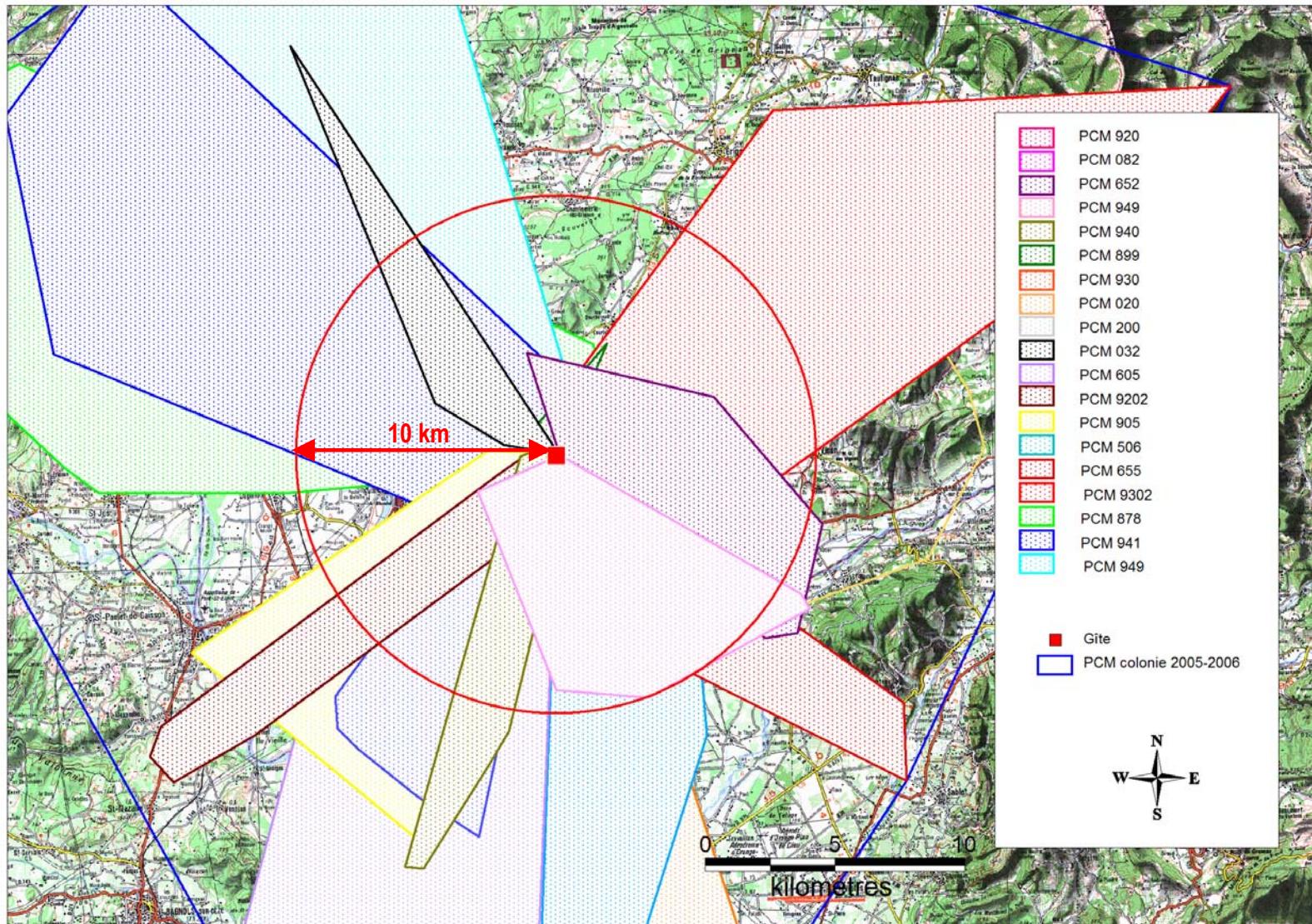


Figure 23 : Recouvrement des domaines vitaux individuels sur les 10 km autour du gîte.

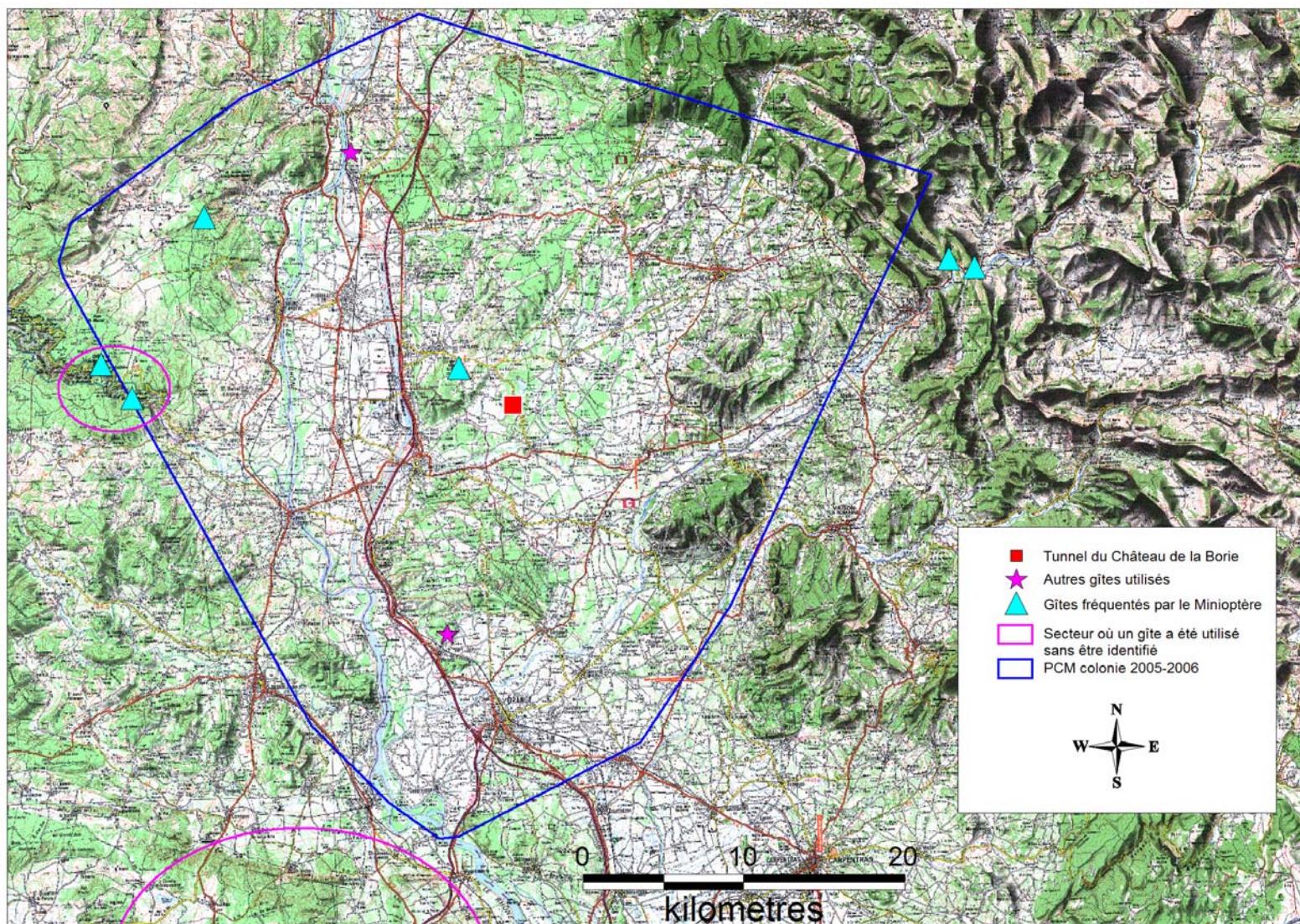


Figure 24 : Carte du réseau des gîtes exploités par le Minioptère de Schreibers

Etude de l'activité et des terrains de chasse exploités par le Minioptère de Schreibers en vue de sa conservation  
 CORA 26 – SFEPM  
 Mars 2007

### 3.3.4 Liens avec d'autres gîtes

Le suivi télémétrique des Minioptères de Suze-la-Rousse nous a permis d'observer l'utilisation d'un réseau de gîtes par les individus de la colonie. En effet, certains des individus suivis en 2005 et en 2006 ont utilisé pendant la période de suivi d'autres gîtes diurnes que le tunnel de la Borie, parfois distants de plusieurs dizaines de kilomètres (figure 24).

Au total ce sont 7 Minioptères qui ont utilisé un autre gîte que le tunnel de la Borie : 6 femelles gestantes en 2005 et 1 femelle allaitante en 2006. Parmi eux, 2 individus suivis en 2005 ont utilisé un ou des gîtes situés dans le massif des Gorges de l'Ardèche, où les premières cavités se trouvent à 23 km au moins du tunnel de la Borie. Enfin, une femelle gestante utilisait un gîte diurne en rive droite du Rhône au sud d'Orange (Gard) distant d'au minimum 30 km du tunnel de la Borie (Tableau 9). Deux des gîtes utilisés par les chauves-souris ont été identifiés (observation des individus équipé au gîte), respectivement situés à 15 km et 19 km du tunnel de la Borie.

Individu	Fréquence de l'émetteur	Nombre de nuit d'absence au tunnel de la Borie	Nombre total de nuits de suivi	Gîte identifié	Secteur du gîte secondaire	Distance minimum au tunnel de la Borie (km)
Zig-zag	148 506	2	3	Carrière de sable de Piolenc	Piolenc	15
Punky	148 942	1	3	Carrière de sable de Piolenc	Piolenc	15
Suzette	148 9202	1	3	Non identifié	Gorges de l'Ardèche	23
Boulette	148 605	3	4	Non identifié	Sud d'Orange en rive droite du Rhône	30
Speedy	148 905	2	2	Non identifié	Gorges de l'Ardèche	23
Yaourte	148 032	1	2	Grotte des chauves-souris de Donzère	Donzère	19
Jamon	148 949	1	3	Grotte des chauves-souris de Donzère	Donzère	19

Tableau 9 : Autres gîtes utilisés par les Minioptères.

La carrière de sable de Piolenc est un important réseau souterrain autrefois exploité comme gisement de silice qui se développe sur plusieurs niveaux de galeries. Ce gîte abrite une importante colonie de parturition de *Myotis myotis* et *Myotis blythii*. Les Minioptères fréquentent ce gîte notamment en période de transit.

La grotte des chauves-souris de Donzère est une cavité naturelle qui abrite aussi une colonie de parturition de *Myotis myotis* et *Myotis blythii*. Ce gîte est connu de longue date pour héberger des Minioptères, une colonie de parturition de 500 à 1000 individus s'y est reproduite jusqu'en 2001. Depuis 2002, ce site est seulement fréquenté par des estivants.

### 3.5 Sélection de l'habitat par les Minioptères de Schreibers

#### 3.5.1 Comparaison des domaines vitaux individuels et de la zone de chasse intensive

Dans ce paragraphe les localisations des 14 femelles, pour lesquelles nous avons identifié au moins un terrain de chasse, ont été étudiées. Du fait de la propension du Minioptère à chasser sur de très petites superficies, les zones de chasse intensives et les terrains de chasses ont été confondus. Nous avons donc comparé la distribution des habitats disponibles à l'échelle du PCM de la colonie et la distribution des habitats relevés dans un rayon de 50 m de rayon autour des points de *homing in* (figure 20).

##### 3.5.1.1 Analyse compositionnelle des habitats

La comparaison entre la composition des terrains de chasse (*homing in*) et la composition de PCM de la colonie donne un résultat significatif ( $\Lambda=0,1318$ ,  $\chi^2= 28,3725$ ,  $df=4$ ,  $P<0,0001$ ,  $P$  du test=0,001). Le Minioptère de Schreibers sélectionne les milieux disponibles selon une hiérarchisation décroissante : milieux urbains >>> forêts >>> vergers > milieux ouverts > milieux aquatiques (>> indique une différence significative ( $P<0,05$ ) entre deux sélections de milieux) (tableau 10).

##### 3.5.1.2 Intervalles de confiance de Bonferroni

Il ressort de l'analyse de la sélection de l'habitat par le calcul des intervalles de confiance de Bonferroni ( $\chi^2 (0,99 ; 1 df) = 6,6349$ ,  $C = 0,0012$ ) qu'une sélection positive est faite par le Minioptère de Schreibers sur les milieux urbains et vergers et qu'à l'inverse une sélection négative s'opère sur les milieux ouverts et les forêts. Les milieux aquatiques ne sont quant à eux pas sélectionnés (tableau 11).

	Forêts	Vergers, parcs	Milieux ouverts (prairies, cultures)	Milieux urbains	Milieux aquatiques	Rang
Forêts feuillues ou mixtes	+	+	---	+		3
Vergers, parcs	-	+	---	+++		2
Milieux ouverts	-	-	---	+		1
Milieux urbains	+++	+++	+++	+++		4
Milieux aquatiques	-	---	---	---		0

Tableau 10 : Matrice de hiérarchisation des milieux utilisés par 14 femelles de Minioptère de Schreibers, basé sur la comparaison de la composition des milieux utilisés en chasse (*Homing in*) avec la proportion de milieux présents à l'intérieur du Polygone Convexe Minimum de la colonie par la méthode de l'analyse compositionnelle des habitats. Les milieux sont classés selon leur importance de zéro (habitat le moins important) à 4 (habitat le plus important).

	E.T. bas	E.T. haut	Disponibilité	Sélection	df	Probabilité
Forêts feuillues ou mixtes	0,1394	0,1906	0,2900	Négative	4	(P < 0,0001)
Vergers, parcs	0,0718	0,1105	0,0200	Positive	4	(P < 0,0001)
Milieux ouverts	0,1769	0,2331	0,6300	Négative	4	(P < 0,0001)
Milieux urbains	0,4898	0,5592	0,0400	Positive	4	(P < 0,0001)
Milieux aquatiques	0,0077	0,0253	0,0200			

Tableau 11 : Tableau de la sélection des habitats par le Minioptère de Schreibers par comparaison de la composition des milieux utilisés en chasse (*Homing in*) avec la proportion de milieux présents à l'intérieur du Polygone Convexe Minimum de la colonie à l'aide des intervalles de confiance de Bonferroni (E.T. = écart type).

### 3.5.2 Description des terrains de chasse

L'identification certaine de terrains de chasse définis, nous permet de mener une approche complémentaire aux méthodes développées dans le paragraphe précédent en regard de l'étude de la sélection de l'habitat. Cette approche descriptive dans un premier temps, a ensuite été complétée par une analyse statistique sur certaines variables descriptives des terrains de chasse.

#### 3.5.2.1 Habitats sélectionnés par le Minioptère de Schreibers sur ses terrains de chasse

##### 3.5.2.1.1 Habitats relevés dans les terrains de chasse

La figure 25 présente les occurrences des habitats recensés sur les 43 terrains de chasse identifiés. Les milieux urbains et les forêts feuillues ou mixtes avec lisières sont les habitats les plus rencontrés. Les formations ouvertes avec lisières (prairies, cultures) ou semi-ouvertes (vergers) arrivent en seconde position.

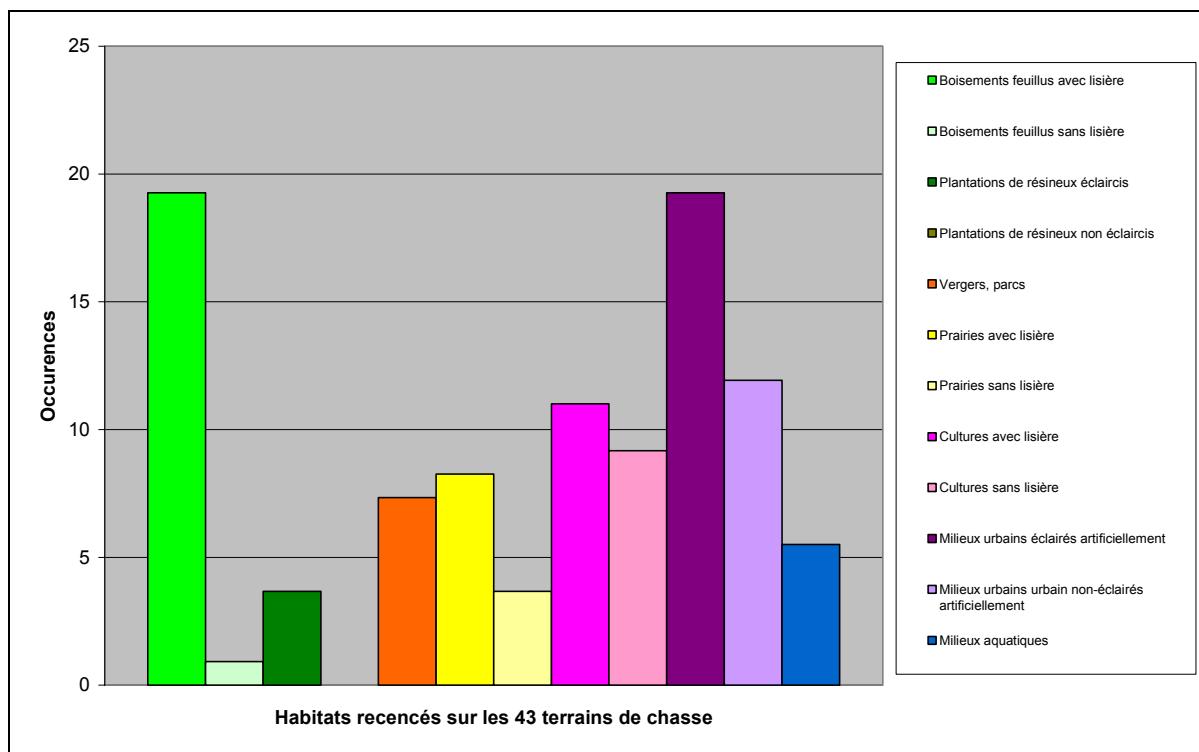


Figure 25 : Histogramme des occurrences des habitats recensés sur les 43 terrains de chasse identifiés.

La figure 26 traduit ces résultats en pourcentage de surface des terrains de chasse. Ceux-ci confirment la prédominance des milieux urbains éclairés artificiellement (38%) et des forêts feuillues ou mixtes présentant des éclaircies (22%). Les formations présentant des effets de lisières importants (vergers (9%), les cultures avec lisière (8%), les prairies avec lisière) restent les habitats secondaires. Les formations sans structure verticale (prairie sans lisière, cultures sans lisière) sont par contre moins bien représentées (<6%). Les plantations de résineux et les milieux aquatiques sont très faiblement représentés.

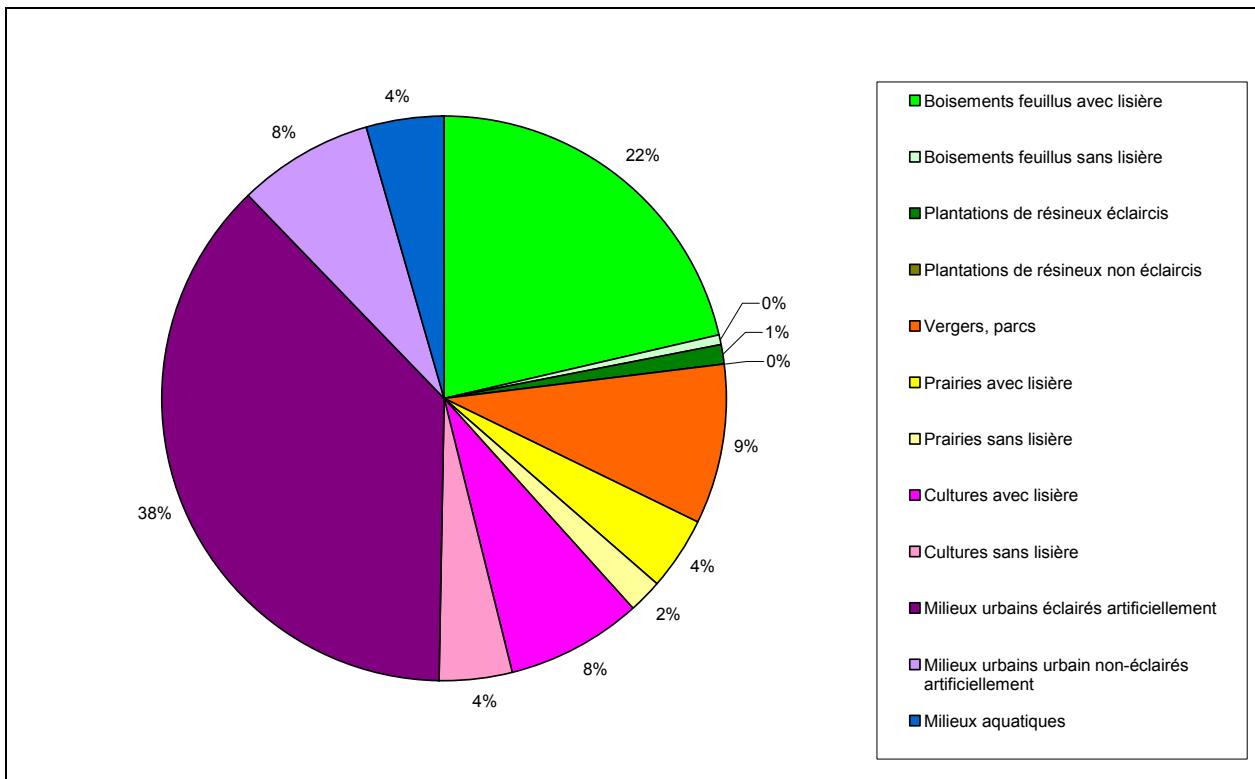


Figure 26 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les 43 terrains de chasse identifiés.

### 3.5.2.1.2 Habitats dominants dans les terrains de chasse

81% des terrains de chasse des Minioptères sont composés d'une mosaïque d'habitats (>2 habitats).

19% des terrains de chasse sont constitués d'un seul habitat. Il s'agit des forêts feuillues ou mixtes avec éclaircies (10%) > milieux urbains avec lampadaire (7%) > cultures avec lisières (2%) (tableau 12).

Toutefois, 75% des terrains de chasse sont constitués de plusieurs habitats dont l'un d'eux est dominant à plus de 50% de recouvrement en surface. Pour 37% d'entre eux, un habitat présente plus de 70% de recouvrement en surface. Les milieux urbains avec lampadaire constituent l'habitat dominant le plus fortement représenté.

	nb terrains de chasse	%
<b>1 habitat = 100% de recouvrement</b>	<b>8</b>	<b>19%</b>
Forêt de feuillus avec éclaircies	4	10%
Cultures avec lisières	1	2%
Milieux urbains et lampadaires	3	7%
<b>1 habitat &gt; 70% de recouvrement</b>	<b>16</b>	<b>37%</b>
Milieux urbains et lampadaires	12	28%
Milieux urbains sans lampadaires	1	2%
Forêt de feuillus avec éclaircies	1	2%
Vergers	2	5%
<b>1 habitat compris entre 50% et 70% de recouvrement</b>	<b>8</b>	<b>19%</b>
Forêt de feuillus avec éclaircies	1	2%
Vergers	2	5%
Prairies avec lisière	1	2%
Cultures avec lisières	1	2%
Milieux urbains et lampadaires	3	7%
<b>Tous les habitats &lt; 50% de recouvrement</b>	<b>11</b>	<b>25%</b>

Tableau 12 : Habitats dominants recensés dans les 43 terrains de chasse.

Il est intéressant de noter parmi les terrains de chasse du Minioptère l'importante récurrence de 3 variables descriptives des habitats : en premier lieu la présence de lisières représentée dans 97,5% des cas, en second lieu la mosaïcité des habitats dans 90% des cas et enfin la présence d'éclairage artificiel représentée dans 49% des cas (n=43).

Les terrains de chasse sont en moyenne composés de 2,5 habitats différents, seulement 8 d'entre eux sont composés d'un seul et unique habitat (figure 27).

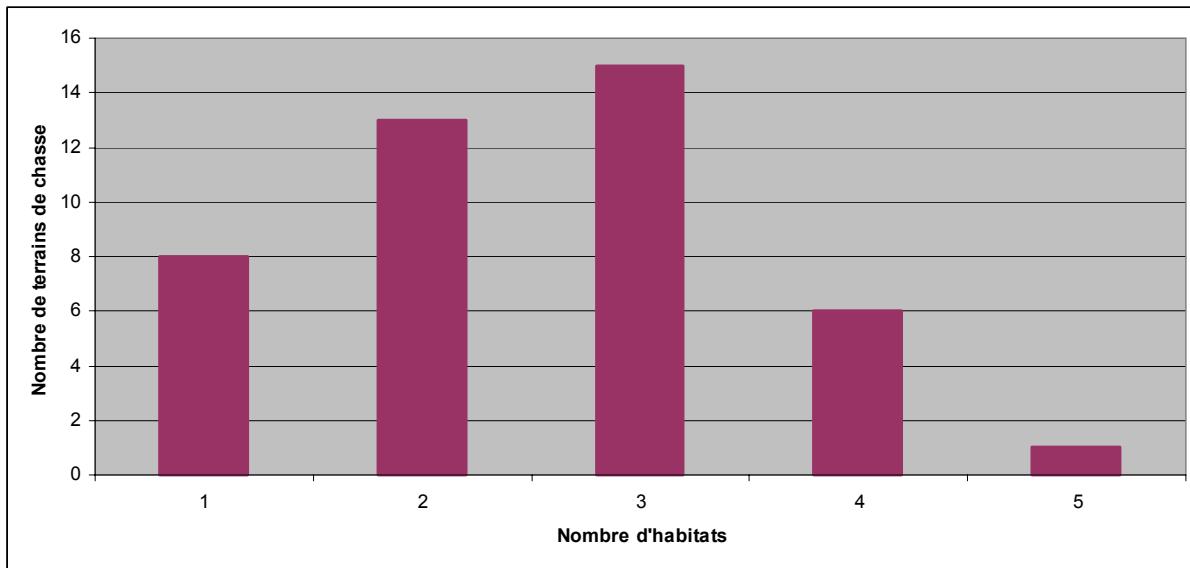


Figure 27 : nombre d'habitats différents par terrains de chasse identifiés (n=43)

### 3.5.2.1.3 Description des habitats utilisés en fonction du statut reproducteur

La figure 28 présente les pourcentages de surface des habitats des terrains de chasse des 8 femelles gestantes étudiées. Durant la période de gestation, en mai, elles ont montré une nette propension à exploiter les milieux urbanisés (48 %). Les forêts sont exploitées dans une moindre mesure (17%), tout comme les milieux ouverts (19%). Les parcs arborés et les vergers représentent seulement 9% des surfaces utilisées en chasse. 7% des terrains de chasse présentent des milieux aquatiques, cet état de fait est lié à l'exploitation de boisements riverains au bord du Rhône.

A ce moment de la saison, le poids de l'embryon exerce une contrainte élevée sur la femelle, en diminuant sa manœuvrabilité (NORBERG & RAYNER, 1987). Par conséquent, la chasse en milieu peu encombré, à proximité des lampadaires attirant de nombreux lépidoptères, est sans doute optimale.

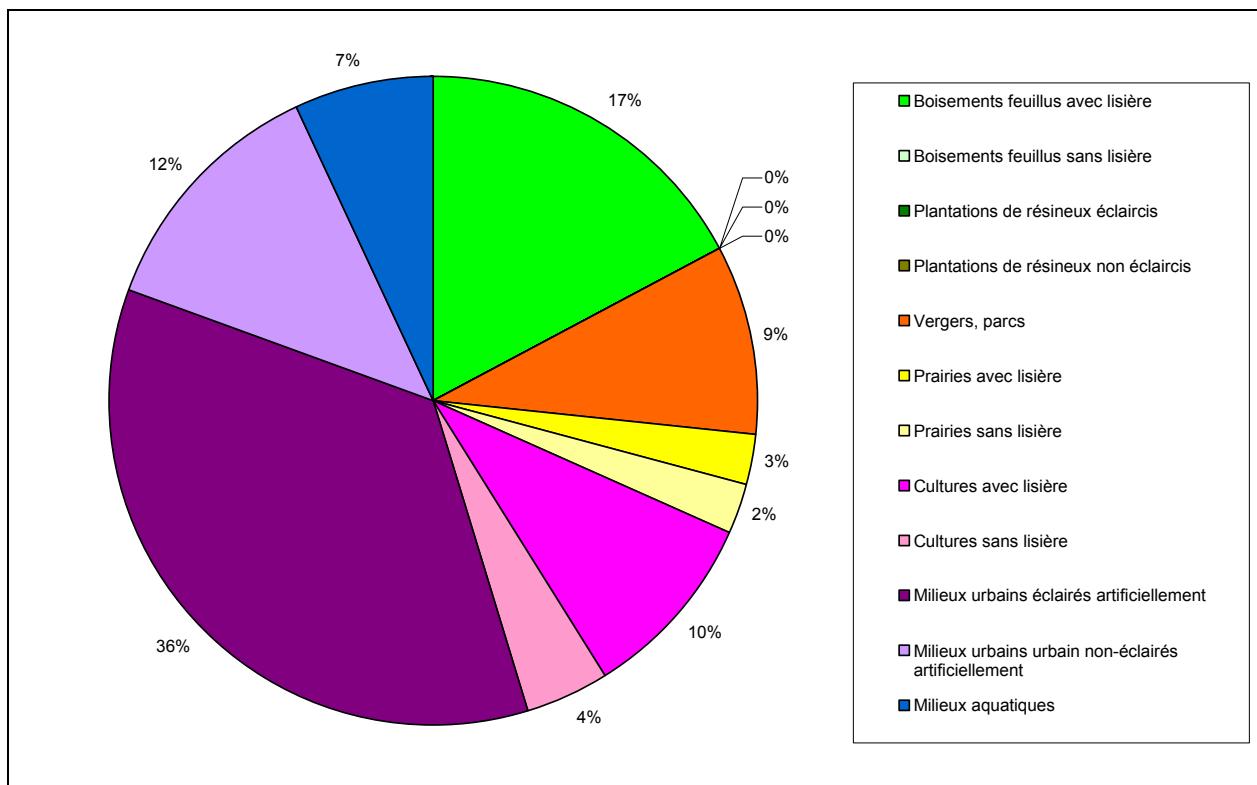
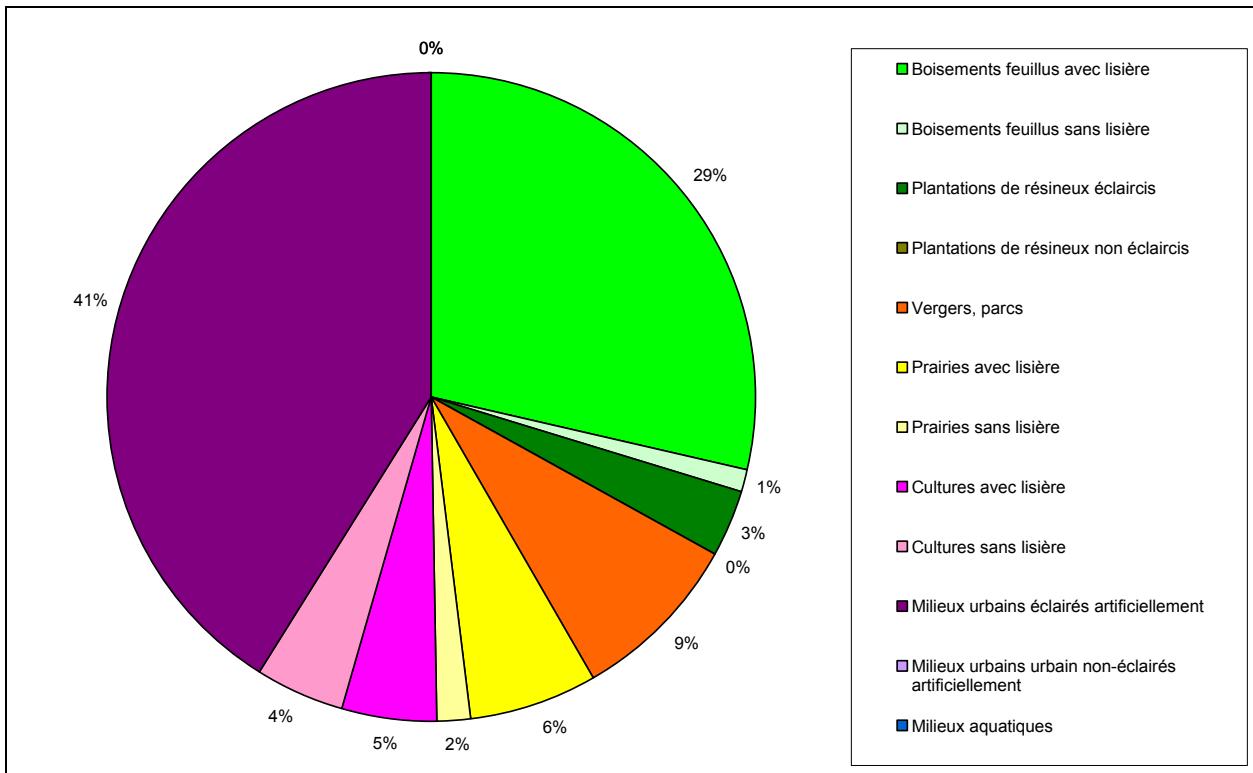


Figure 28 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les terrains de chasse des femelles gestantes (n=27).

En période de lactation (figure 29), les femelles de Minioptère ont continué à exploiter de manière importante les milieux urbains pour chasser (41%). On note toutefois une nette évolution de l'exploitation des milieux forestiers (33%), proportion dans laquelle dominent les forêts de feuillus (30%). Les milieux ouverts et les vergers sont exploités en proportions sensiblement comparables que pendant la gestation et représentent respectivement 17% et 9% des surfaces exploitées.



**Figure 29 : Camembert des pourcentages de recouvrement des habitats recensés sur les terrains de chasse des femelles allaitantes (n=16).**

Les distributions des variables concernant les habitats utilisés par les gestantes et les allaitantes sont fortement dissymétriques en présentant notamment une forte proportion de zéro (figure 30). Une analyse en composantes principales n'a pas révélé de structuration en deux groupes.

### Habitats utilisés par les femelles allaitantes (a) ou gestantes (b)

- 1 Feuillus avec lisière
- 2 Feuillus sans lisière
- 3 Résineux éclaircis
- 4 Vergers - parcs
- 5 Prairies avec lisière
- 6 Prairies sans lisière
- 7 Cultures avec lisière
- 8 Cultures sans lisières
- 9 Urbains éclairés
- 10 Urbains sans éclairage
- 11 Aquatiques

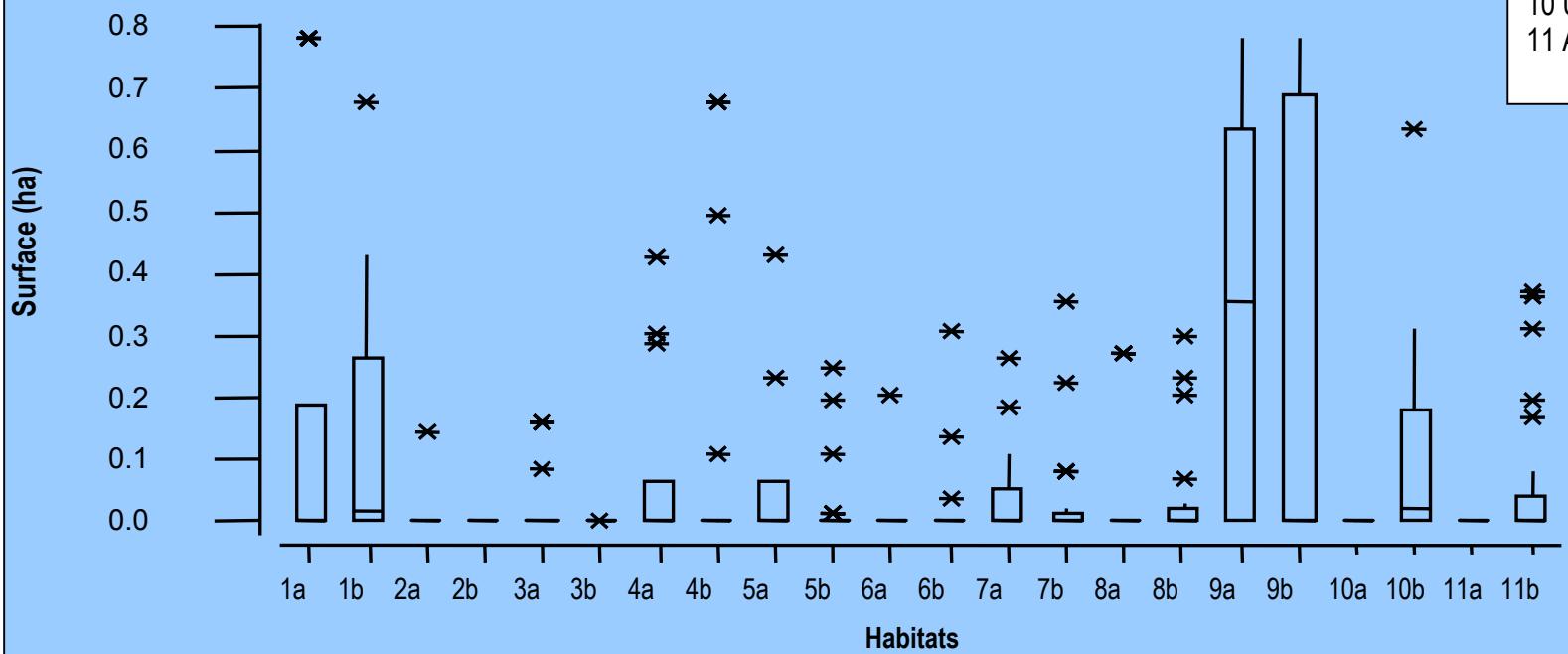


Figure 30 : Différence de distribution des habitats représentés sur les terrains de chasse des femelles allaitantes et gestantes (n = 40)

### 3.5.2.2 Test d'indépendance des variables descriptives des habitats sélectionnés

#### 3.5.2.2.1 Importance de la structure verticale des habitats

Nous avons testé grâce à un test du  $\chi^2$  l'influence de la hauteur des lisières. La différence entre les terrains de chasse et les points aléatoires est très significative ( $\chi^2 = 22,43$  ; ddl = 3 ; P = 0,00005), les Minioptères choisissent des milieux bordés de haies hautes dont la hauteur est supérieure à 2 m (figure 31).

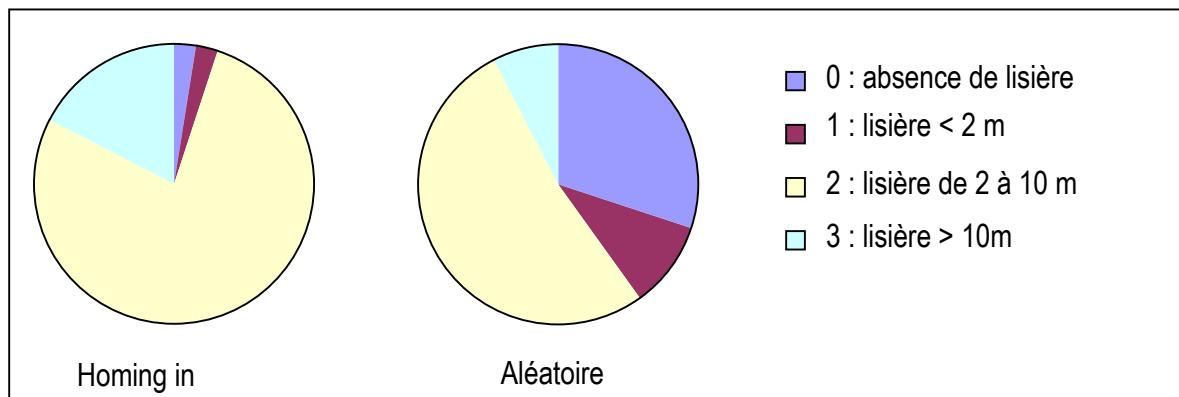


Figure 31 : Comparaison des hauteurs des lisières entre les points de homing in et les points relevés aléatoirement

Par ailleurs, nous avons testé l'influence de la longueur des lisières entre les terrains de chasse observés et les points relevés aléatoirement grâce à une analyse de la variance ( $F_{4/70} = 3,01$  ; p = 0,024). L'interaction est significative (P < 0,05), les Minioptères sélectionnent les lisières de grande longueur (> 100 m) seulement dans les boisements de feuillus ou mixtes, alors qu'une tendance inverse est observée pour les vergers et les milieux urbains (figure 32).

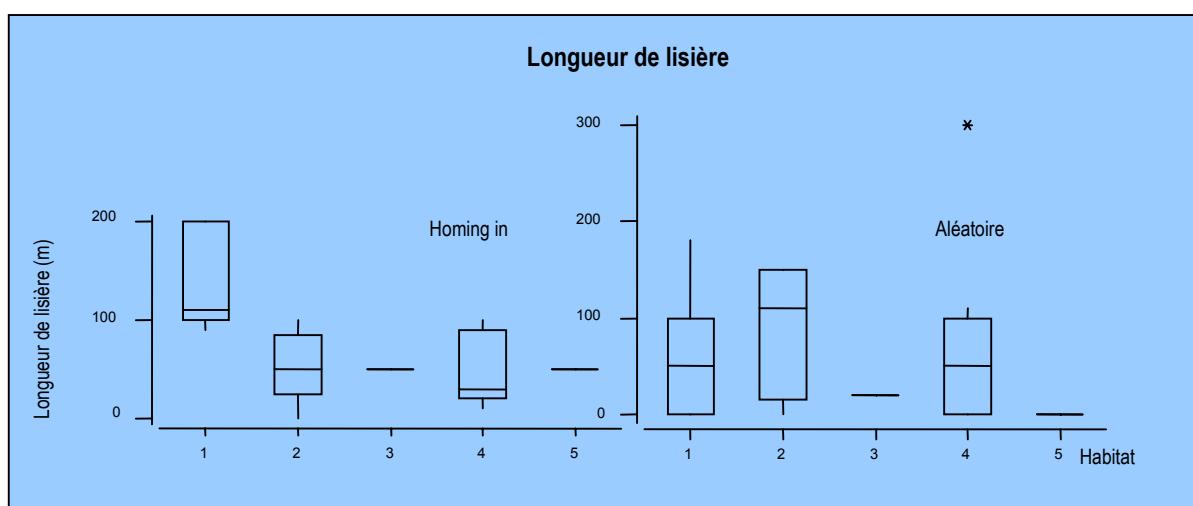


Figure 32 : Boîte à moustaches des longueurs des lisières entre les points de homing in et les points relevés aléatoirement en fonction des milieux (1 : forêts feuillues ou mixtes, 2 : vergers, 3 : milieux ouverts, 4 : milieux urbains, 5 : milieux aquatiques)

### 3.5.2.2.2 Importance de la mosaïcité des habitats

Pour chacun des terrain de chasse identifié, un indice de mosaïcité globale a été renseigné (NEMOZ et al., 2002). Cet indice traduit l'hétérogénéité du couvert végétal en fonction de la proportion relative des habitats dominants.

	M1 - Maille homogène; habitat dominant > 90 % de la surface
	M2 - Habitat dominant entre 50 % et 90 % de la surface, en répartition groupée.
	M3 - Habitat dominant entre 50 % et 90 % de la surface, en répartition éclatée.

La majorité des terrains de chasse (56%) présente un indice de mosaïcité M2, ce qui souligne l'attrait des Minioptères pour les zones d'interface entre au moins deux habitats, avec un habitat en répartition groupé. Le fait que 91% des terrains de chasse présentent un indice  $\geq M2$  démontre plus généralement l'attrait de l'espèce pour des espaces à structure horizontale complexe et diversifiée.

La différence significative, mise en évidence par un test du  $\chi^2$  ( $\chi^2 = 9,002$  ; ddl = 2 ; P = 0,011), indique un choix pour les milieux à forte mosaïcité et un évitement des milieux homogènes (figure 33).

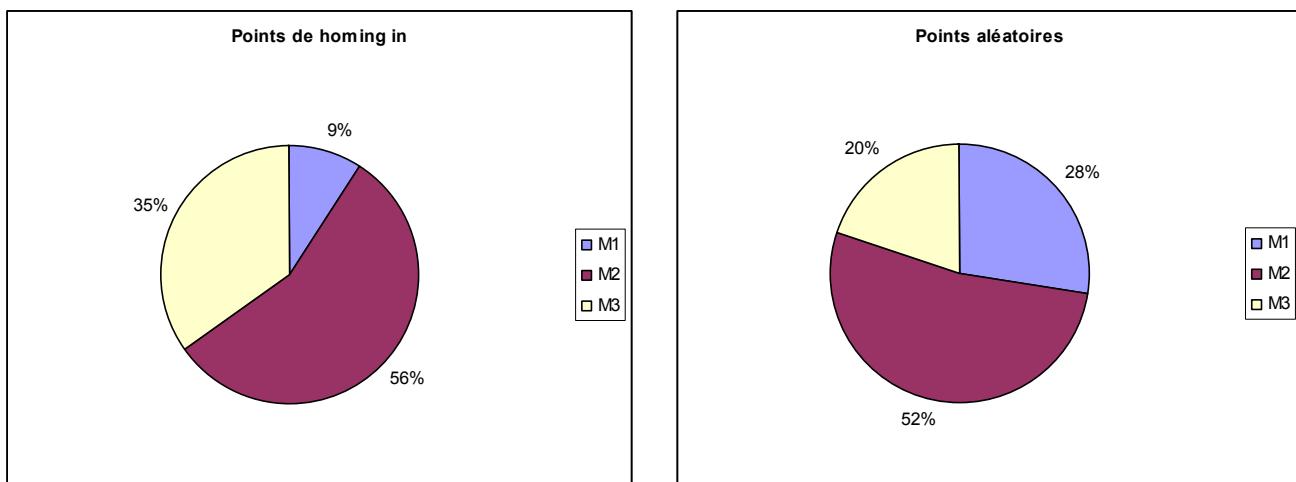


Figure 33 : Distribution des type de structures horizontales entre les points de homing in et les points aléatoires

### 3.5.2.2.3 Importance de l'éclairage artificiel

La figure 34 présente la comparaison de la distribution du type d'éclairage (absence, éclairage blanc, éclairage jaune) entre le lot de point de *homing in* et le lot de points tirés aléatoirement au sein du PCM de la colonie de Minioptère.

La différence entre milieux éclairés et non éclairés est très significative ( $\chi^2 = 17,19$  ; ddl = 1 ; P = 0,00003), les Minioptères choisissent les zones éclairées en milieu urbain (figure 34).

La couleur de l'éclairage nocturne est une variable prépondérante ( $\chi^2 = 30$  ; ddl = 1 ; P < 0,00001). On observe ainsi un éclairage de couleur blanche pour la totalité des terrains de chasse présentant un éclairage. Au sein du lot de points aléatoires, seulement 37% de ceux éclairés présentent une lumière blanche alors que 63% sont jaunes.

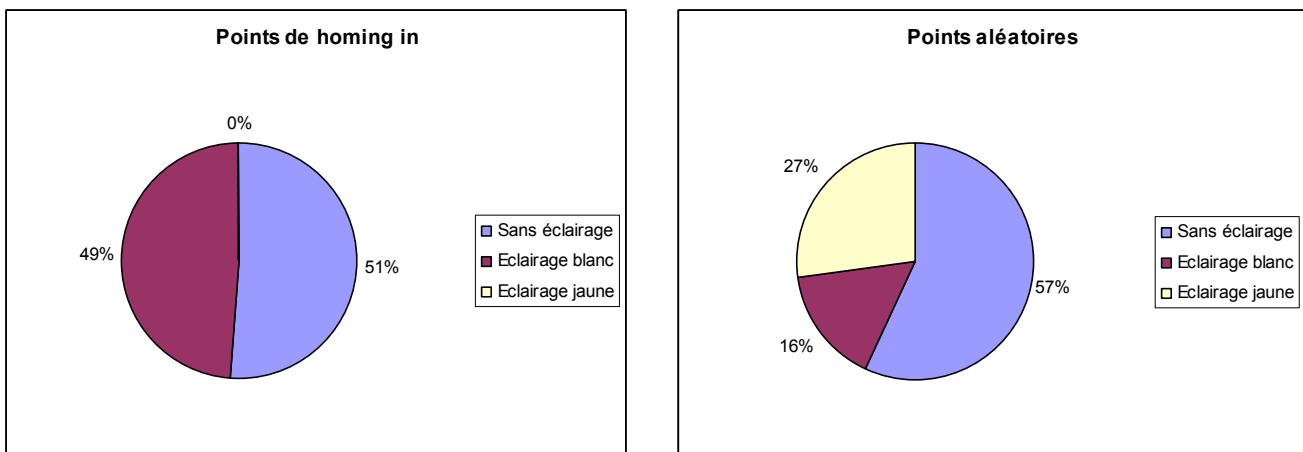


Figure 34 : Distribution des types d'éclairages nocturnes entre les points de *homing in* et les points aléatoires.

### **3.6 Régime alimentaire de *Miniopterus schreibersii* (LUGON, 2006)**

#### **3.6.1 Composition du régime alimentaire**

La figure 35 montre que le régime alimentaire de *Miniopterus schreibersii* est largement dominé par les lépidoptères, constituant sur la période d'étude 94,7 % du volume. En absence de fragments d'ailes retrouvés sous la colonie, il n'est pas possible de déterminer les restes à la famille. Des fragments d'antennes pectinées ont régulièrement été observés, mais ce critère est partagé par de nombreuses familles. Aucun reste de chenille de lépidoptère n'a été observé dans le guano.

La taille des fragments de pattes et d'antennes montre que des espèces petites à moyennes sont consommées, dont la longueur du corps (tête comprise) ne doit pas dépasser 12-13 mm pour les plus grandes (comparaison avec des individus de collection). Toutefois, des écailles rouges appartenant probablement au genre *Catocala* (Noctuidae), retrouvées dans une crotte le 29.04.05, suggèrent que des proies plus volumineuses peuvent être capturées à l'occasion (longueur du corps  $\geq$  2 cm).

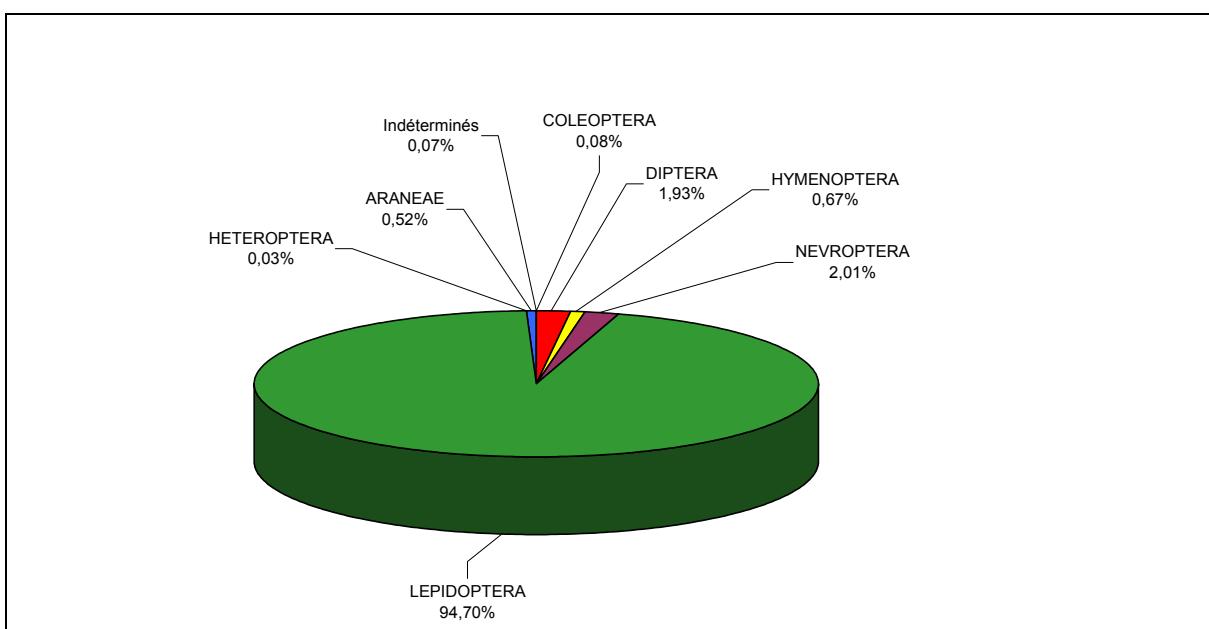


Figure 35 : Volume relatif moyen des différents ordres d'invertébrés consommés à Suze-la-Rousse.

Les fragments de coléoptères observés (pattes, antennes, élytres) n'ont pas pu être déterminés à la famille, mais appartiennent à des espèces de très petite taille.

Parmi les restes de diptères, signalons la présence de mouches cyclorrhaphes (Muscidae ou familles apparentées), de Tipulidae et de Sciaridae ou Mycetophilidae, petits nématocères forestiers volant généralement proche du sol ou de la végétation, souvent en essaims.

Les restes d'hyménoptères ont pu être attribués aux Ichneumonidae et aux Cynipidae, insectes de très petite taille (quelques mm) provoquant des galles, le plus souvent sur les chênes.

Au sein des Névroptères, les Hemerobiidae sont capturés en faible nombre en début et fin de saison, alors que les Chrysopidae apparaissent régulièrement dans les fèces dès mi-mai (restes observés dans 60 % des crottes le 16.06.05). Il est probable qu'une partie de ces proies, fortement attirées par la lumière, soient capturées sous les éclairages publics.

Les fragments d'ailes attribués aux hétéroptères, retrouvés dans une seule crotte le 13.05.05, n'ont pas pu être déterminés à la famille.

Des araignées sont consommées régulièrement, quoiqu'en très petites quantités. Les restes d'araignées sont toujours associés à des fragments de Lépidoptères.

La domination des Lépidoptères suggère que les Minioptères exploitent des terrains de chasse dans lesquels cet ordre domine (par exemple les villages de la vallée du Rhône riches en éclairages publics), et que les autres taxons qui les accompagnent sont prélevés de manière opportuniste, mais ne jouent pas un rôle déterminant dans leur diète. La présence de certaines familles de nématocères (Sciaridae ou Mycetophilidae) et d'hyménoptères (Cynipidae) atteste que l'espèce exploite également des milieux forestiers.

### 3.6.2 Phénologie des captures

La figure 36 montre que les lépidoptères dominent tout au long de la saison. La diversité maximale du régime alimentaire (calculée à l'aide de l'indice H de Shannon) est obtenue à la fin d'avril.

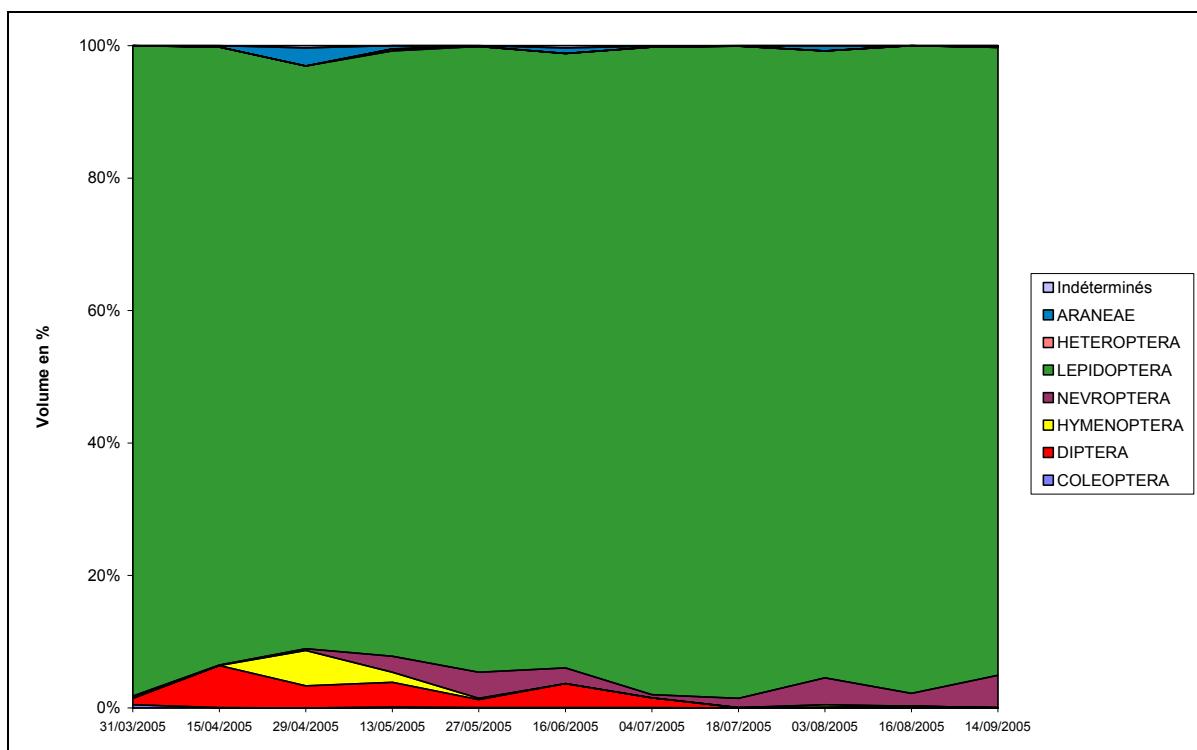


Figure 36 : Phénologie des différents ordres d'insectes consommés à Suze-la-Rousse; volumes relatifs moyens en pourcent.

## **4 Discussion**

### **4.1 Activité de chasse**

Les Minioptères étudiés ( $n=21$ ) ont débuté leur phase d'activité nocturne environ une heure après le couché du soleil, moment où l'obscurité n'est pas encore totale. L'émergence des 4000 à 5000 individus, relativement groupée, s'étale sur une période d'une heure. Le retour au gîte s'effectue de manière plus diffuse selon les individus, environ deux heures avant le lever du soleil. La plupart d'entre eux ayant rejoint le gîte avant l'aube.

Bien qu'aucune différence significative n'ait été mise en évidence, la durée d'activité nocturne des femelles allaitantes (valeur médiane = 377 min) est légèrement plus importante que celle des femelles gestantes (valeur médiane = 337 min), alors qu'en juin les nuits sont plus courtes qu'en mai. Selon RACEY & SPEAKMAN (1987), les dépenses énergétiques sont maximales durant la phase de lactation. Les besoins accrus des femelles allaitantes pourraient expliquer cette plus longue phase d'activité.

L'activité nocturne des Minioptères n'est pas ponctuée de phase de repos, ni de retour au gîte pour allaiter leur jeune. Les mêmes observations avaient été réalisées en Franche-Comté par LUGON *et al.* en 2004, à l'exception d'une seule femelle allaitante qui avait effectué des pauses pour allaiter son jeune. Les conditions météorologiques (vent, pluie) ne limitent pas l'activité de chasse des Minioptères.

### **4.2 Exploitation des domaines vitaux**

Les surfaces des domaines vitaux individuels déterminés à Suze-la-Rousse (moyenne = 16 557 ha) sont beaucoup plus élevées que les 3 110 ha décrits par LUGON *et al.* (2004) et sont très importants pour des mammifères d'une quinzaine de grammes.

En période de gestation (suivi 2006), la surface du domaine vital de la colonie s'élève à 89 359 ha et est donc largement supérieure aux données présentées par LUGON *et al.* (2004), soit 23 500 ha. De même en période d'allaitement (suivi 2005), pour laquelle les surfaces des domaines vitaux sont respectivement de 162 997 ha (Suze la Rousse) et 33 800 ha (LUGON *et al.*, 2004). Ces résultats sont toutefois à tempérer au regard de la taille de l'échantillon étudié (21 individus en Drôme contre 11 en Franche-Comté sur les mêmes périodes).

La surface globale estimée du domaine vital de la colonie est cependant inférieure à celle calculée par LUGON *et al.* (2004), respectivement 168 438 ha et 202 900 ha. Cependant, il est à noter que l'étude menée en France-Comté incluait la période d'émancipation des jeunes, largement influencée par la propension des jeunes à exploiter de vastes territoires.

L'influence du statut reproducteur est notable concernant les surfaces des domaines vitaux des individus. Les femelles allaitantes exploitent des terrains de chasse beaucoup plus vastes que les femelles gestantes. L'encombrement et le surpoids lié à l'embryon exercent une contrainte élevée sur les femelles gestantes (NORBERG & RAYNER, 1987) et pourrait expliquer les moindres surfaces exploitées par celles-ci.

Les Minioptères suivis empruntaient fidèlement soir après soir les mêmes itinéraires entre le gîte et les terrains de chasse. Cette espèce est connue pour suivre des routes de vol riches en structures verticales, en étant cependant capable de franchir des secteurs dépourvus de végétation ligneuse (LUGON, 1999 ; LUGON & ROUE, 2002). Bien qu'il ne nous ait pas été possible de préciser ces

éléments, nous avons pu constater que les structures verticales du paysage avaient un rôle important les jours de fort vent. Ces jours là, en effet, les Minioptères volaient très bas, de toute évidence à l'abri de la végétation, alors que le Minioptère est donné pour voler à 5 m de hauteur et à 2 m de distance de la végétation (LUGON, 1999). Cette même constatation a été faite, sur le même secteur, à l'occasion d'écoutes au détecteur d'ultrasons (COSSON, com. pers.).

Au sein de leur domaine vital, les Minioptères exploitent un réseau de gîtes (SERRA-COBO & BALCELLS, 1985 ; SERRA-COBO, 1990; AVRIL, 1997 ; DWYER, 1966 ; DWYER, 1968). Cette tendance propre à l'espèce a pu être confirmée sur la colonie de Suze-la-Rousse. Il a ainsi été possible de mettre en évidence la fréquentation par les Minioptères capturés au tunnel du château de la Borie, de deux autres cavités : la grotte des chauves-souris de Donzère et la carrière de Piolenc. Toutes les cavités utilisées n'ont cependant pas été identifiées mais nous avons constaté la parfaite connaissance des individus de Suze-la-Rousse du réseau de gîtes disponibles dans un rayon de 30 km. Seules les femelles allaitantes ont montré une grande fidélité à leur gîte de parturition du fait de l'allaitement quotidien de leur jeune en journée. Une femelle allaitante a cependant passé une journée dans la grotte des chauves-souris de Donzère. La nuit suivante elle a singulièrement écourté sa période de chasse pour retourner au tunnel de la Borie à 00h00. On peut ainsi raisonnablement penser que cet individu a laissé son jeune seul durant 27 heures.

Aucune donnée chiffrée sur la surface des terrains de chasse exploités par l'espèce n'est disponible dans la bibliographie. Toutefois, LUGON *et al.* (2004) citent que les terrains de chasse ne recouvrent qu'une fraction du domaine vital des individus. De toute évidence, le Minioptère exploite intensivement, au cours de son activité de chasse, une surface infime en comparaison de la surface moyenne des domaines vitaux (moyenne =  $0,5 \pm 0,4$  % de la surface du domaine vital individuel). Ces terrains de chasse sont fidèlement exploités par les individus. La propension du Minioptère à se nourrir sur de très petites superficies pourrait s'expliquer par la sélection des secteurs les plus rentables énergétiquement où abondent ses proies préférentielles.

### **4.3 Dispersion de la colonie**

Les Minioptères se dispersent de manière radiale autour du gîte en montrant une nette tendance en direction des secteurs de plaine environnants. Les distances gîte-terrains de chasse (moyenne = 16,4 km ; min. = 4,1 km ; max. = 29,0 km) sont sensiblement identiques aux données trouvées dans la bibliographie. En période de gestation ou d'allaitement LUGON *et al.* (2004) mentionnent des éloignements gîtes-terrains de chasse compris entre 4,2 km et 29 km.. Ces distances importantes sont probablement à mettre en relation avec le caractère grégaire de l'espèce et la nécessité de partage de la ressource alimentaire. La dispersion des individus à de grandes distances du gîte diminue la compétition intraspécifique.

### **4.4 Régime alimentaire**

Les résultats obtenus sur la colonie de Suze-la-Rousse (94,7% de Lépidoptères) sont comparables à ceux obtenus dans le département du Doubs (93,7 %, grotte de Ste-Catherine), alors que les Lépidoptères représentaient 76 % du volume en Haute-Saône (grotte du Carroussel), (LUGON, 1998) (tableau 13). Les résultats obtenus par PRESETNIK (2005) en Slovénie montrent quant à eux une dominance des Lépidoptères à 79% du volume des crottes. Aucune larve de Lépidoptères n'a été décelée dans la diète contrairement à l'étude menée sur la grotte du Carroussel où les chenilles comptaient plus de 40% du régime alimentaire à mi-mai.

Taxons	Suze-la-Rousse	Carroussel	Ste-Catherine
COLEOPTERA	0.08	1.51	0.47
Total DIPTERA	1.93	11.71	4.57
NEMATOCERA	0.83	8.09	2.65
BRACHYCERA	0.28	3.37	1.73
HYMENOPTERA	0.67	1.1	0.07
NEVROPTERA	2.01	1.64	0.73
LEPIDOPTERA imagos	94.7	76.04	93.72
LEPIDOPTERA larvae	0	4.59	0
TRICHOPTERA	0	2.3	0.36
HETEROPTERA	0.03	0	0.03
ARANEAE	0.52	1.07	0.04
Indéterminé	0.07	0.04	0.02

Tableau 13 : Composition du régime alimentaire de *Miniopterus schreibersii* à Suze-la-Rousse (Drôme), Carroussel (Haute Saône) et Ste-Catherine (Doubs); les résultats sont exprimés en volumes relatifs moyens (en %).

Les Diptères étaient plus fréquemment capturés en Slovénie (7,4%) et en Haute Saône qu'en Drôme (tableau 13), les nématocères apparaissant également plus fréquemment dans le régime alimentaire que les brachycères cyclorrhaphes. De même qu'en Franche-Comté des araignées sont consommées régulièrement, quoiqu'en très petites quantités. Une des hypothèses serait que les Minioptères capturent régulièrement des araignées tissant leur toile sous les éclairages publics, tout en exploitant les concentrations de papillons nocturnes attirés par la lumière. La présence de certaines familles de Nématocères (Sciaridae ou Mycetophilidae) et d'Hyménoptères (Cynipidae) atteste que l'espèce exploite également des milieux forestiers, comme cela a été observé dans 23% des cas en Drôme ou 34% des localisations dans les forêts de type chênaies à charme; LUGON *et al.* (2004).

Les éclairages publics concentrent par phototropisme les proies principales du Minioptère, à savoir les Lépidoptères nocturnes (LUGON, 1998). RYDELL & RACEY (1995) mentionnent que la densité de Lépidoptères est significativement beaucoup plus importante (en moyenne 36 fois plus élevée) autour des lampes à vapeur de mercure, très attractives pour les insectes, qu'à 50 m de distance des éclairages. Il a par ailleurs été démontré (RYDELL *in* ARLETTAZ *et al.*, 1998) que les Lépidoptères nocturnes tympanés sont victimes d'une inhibition de leurs facultés acoustiques lorsqu'ils sont attirés par les lampadaires.

Le régime alimentaire du Minioptère, hautement spécialisé sur les Lépidoptères nocturnes, ne semble pas en concordance avec les émissions acoustiques qu'il utilise, tant en terme de fréquences (51 à 56 khz) qu'en terme de récurrence des cris émis (M. BARATAUD com. pers.). En effet, la gamme de fréquence qu'il utilise recouvre complètement la gamme de fréquence d'audition de la plupart des papillons tympanés (BARATAUD, 2006 ; PAVEY & BURWELL, 1998), notamment les espèces de petite et moyenne taille. Par ailleurs, le Minioptère émet ses cris avec une récurrence élevée. Or, le déclenchement de la fuite ou de l'évitement chez les papillons tympanés est conditionné à la fois par l'audition de cris de Chiroptères et par l'augmentation de leur récurrence. Le Minioptère compense le fait qu'il soit facilement repérable par ses proies, par l'exploitation de zones où la ressource est abondante, vulnérable et par l'extrême rapidité de son vol.

#### **4.5 Comportement de chasse**

Le Minioptère de Schreibers chasse en plein ciel, au-dessus des lampadaires et de la végétation. Il fait partie des espèces de type « aerial hawking » (JACOBS, 1999). Nous avons constaté un comportement systématique des Minioptères sur leur trajet aller entre le gîte et les terrains de chasse. Ceux-ci mettaient entre une heure et une heure et demi pour atteindre leurs terrains de chasse alors que le trajet retour était réalisé en deux fois moins de temps (des vitesses de vol de 40 à 50 km/h ont été enregistrées). Ce constat nous permet de supposer que les individus chassaient le long du trajet pour rejoindre leurs terrains de chasse. Cette stratégie pourrait s'expliquer au regard d'une exploitation optimale de la ressource, la plus grande disponibilité en proies se situant durant les 2 premières heures de la nuit (RYDELL, 1996). BARTSCHI (2001) explique aussi la moindre attraction des insectes par les lampadaires durant les 90 minutes qui suivent le coucher du soleil, la lumière diffuse du soir empêchant le regroupement d'insectes en quantité suffisante avant l'obscurité totale. Une autre hypothèse pourrait aussi expliquer ce comportement du fait de la diminution de moitié de l'abondance d'insectes 30 minutes après le crépuscule quel que soit l'endroit (RYDELL, ENTWISTLE & RACEY, 1996). Cette baisse de la ressource orienterait ensuite les Minioptères vers les secteurs à plus forte densité en proies (éclairages artificiels, forêts, etc.).

RYDELL (1996) évoque le fait que de nombreuses espèces de Chiroptères ont, comme les insectes, des pics d'activité en début et fin de nuit. Le retour au gîte anticipé des Minioptères (2 heures avant le lever du soleil), conforte l'hypothèse selon laquelle les Minioptères exploitent une ressource alimentaire disponible de façon continue et suffisante tout au long de la nuit.

Les femelles de Minioptères de Schreibers exploitent, avec fidélité d'une nuit sur l'autre, plusieurs terrains de chasse ( $2,0 \pm 2,3$  pendant  $2,4 \pm 0,8$  nuits) éloignés les uns des autres en moyenne de  $2\ 896 \pm 2\ 834$  m. Nous avons toutefois constaté, parmi les 12 femelles pour lesquelles nous disposions d'informations suffisantes, deux schémas comportementaux distincts parmi les femelles suivies. Pour 9 d'entre elles (2 gestantes et 1 allaitante), les individus exploitaient en moyenne 3 terrains de chasse (min = 1, max = 4) très proches les uns des autres (distance moyenne les séparant = 427 m). Ces terrains de chasse étaient exploités de manière successive et parfois même plusieurs fois au cours d'une même nuit. Les 3 autres femelles (2 gestantes et 1 allaitante) développaient une toute autre stratégie d'utilisation de l'espace. Ces individus exploitaient en moyenne 6 terrains de chasse (min = 4, max = 9) relativement distants les uns des autres (distance moyenne les séparant = 4 036 m). Ces terrains de chasse étaient fidèlement utilisés mais la durée d'exploitation de chacun d'eux était très variable d'un soir sur l'autre. Si nous rapprochons ces résultats des observations faites par LUGON et al. (2004) il apparaît que les 9 premiers individus avaient un comportement d'individus matures et expérimentés, qui connaissent bien leur territoire et ses ressources, et de fait qui tendait vers une optimisation du bilan énergétique (déplacements/consommation de proies). Les 3 autres individus se comportaient d'avantage comme les immatures suivis par LUGON et al., qui semblaient adopter une stratégie plus exploratoire de la zone.

Les Minioptères ne semblent pas montrer de comportement de défense de territoire. En effet, nous avons pu constater l'exploitation d'un terrain de chasse la même nuit par deux individus suivis différents (individus 148 905 et 148 942). Par ailleurs, l'utilisation de détecteurs d'ultrasons sur les terrains de chasse des individus suivis, nous a permis de constater la présence de plusieurs individus de l'espèce.

Nous avons constaté à plusieurs reprises que les Minioptères suivis partageaient la ressource trophique de leur terrain de chasse avec d'autres espèces de Chiroptères (*Pipistrellus kuhli*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Nyctalus leisleri* ou *Tadarida teniotis*), notamment au niveau des secteurs éclairés artificiellement. Ces espèces de milieux ouverts ou semi-ouverts sont connues pour partiellement exploiter les mêmes proies, à savoir les Lépidoptères nocturnes. Ce partage des ressources en

nourriture, au détriment de la compétition intra et interspécifique est très probablement le corollaire d'un abondant stock de nourriture disponible. Il est important de souligner cependant qu'il semble exister un partage de l'espace entre le Minioptère et les pipistrelles (espèces les plus fréquemment rencontrées sur les terrains de chasse) : les Minioptères chassaient quasi exclusivement au-dessus du halot lumineux des lampadaires, les pipistrelles au-dessous. Cette différence de comportement peut participer également à limiter la compétition interspécifique.

La théorie de recherche de nourriture optimisée (optimal foraging theory) défendue par de nombreux auteurs, à savoir le fait que les animaux adaptent leur recherche de nourriture pour maximiser leur bilan énergétique, nous amène cependant à nous pencher plus avant sur le comportement de chasse de cette espèce. Les Minioptères, qui réalisent d'importants déplacements pour rejoindre leurs terrains de chasse, ont la nécessité de trouver sur les secteurs qu'ils exploitent pour la chasse, des proies rentables en terme de bilan énergétique. Or, les proies qu'ils recherchent sont peu volumineuses (Lépidoptères de taille petite à moyenne). C'est donc probablement la disponibilité en zones de fortes densités en proies qui détermine l'attractivité d'un secteur.

#### **4.6 Habitats favorables pour la chasse**

Les deux approches menées dans ce rapport, à savoir une approche descriptive des terrains de chasse ainsi qu'une approche comparative de la composition des terrains de chasse et du domaine vital de la colonie, placent les milieux urbains comme l'habitat préférentiel pour le Minioptère de Schreibers. Les forêts de feuillus (Chênaie pubescente et Chênaie verte) arrivent en seconde position parmi les habitats sélectionnés. Les vergers, faiblement représentés sur la zone, sont également fortement sélectionnés. Ces résultats rejoignent ceux de l'unique étude publiée sur ce sujet (LUGON et al., 2004). Les résultats de GRANT (2004), cependant obtenus en étudiant une sous-espèce *Miniopterus schreibersii bassanii* et dans un autre contexte biogéographique (sud-est australien), sont sensiblement différents. Cette sous-espèce de Minioptère exploite les landes et les zones marécageuses préférentiellement aux cultures ou aux pâtures.

La présence d'un éclairage artificiel semble fortement influencer l'attractivité d'un secteur pour le Minioptère de Schreibers. Les terrains de chasse des Minioptères de Suze-la-Rousse sont à 49% composés de milieux urbains éclairés artificiellement par des lampadaires à vapeur de mercure. Ces résultats rejoignent ceux obtenus en Franche-Comté par LUGON et al. (2004) qui ont localisé dans 45% des cas les Minioptères dans des secteurs urbanisés richement pourvus en éclairages publics. Ces milieux sont en effet connus pour attirer en grand nombre les Lépidoptères nocturnes (LUGON et al., 2004 ; RYDELL et RACEY, 1995). Les Minioptères sélectionnent donc pour la chasse des milieux présentant une très forte abondance de proies potentielles. L'exploitation de ces milieux très rentables énergétiquement est aussi connu chez *Pipistrellus pipistrellus* (ARLETTAZ et al, 1998, RYDELL et RACEY, 1995), *Eptesicus nilssonii* (RYDELL, 1991 ; ARLETTAZ et al, 1998), *Eptesicus fuscus* (GEGGIE & FENTON, 1984 ; FURLONGER et al 1987). ARLETTAZ et al (1998) supposent que cette stratégie alimentaire a une incidence directe sur le succès reproducteur de ces espèces. Ils pensent même qu'un tel trait comportemental, peut en l'espace de quelques générations, être sélectionné par une population comme la principale stratégie de nourrissage.

Les forêts de feuillus sont sélectionnées pour la chasse par les Minioptères drômois mais de manière moins systématique que les individus suivis en Franche-Comté (respectivement 22% et 34,3%) (LUGON et al., 2004). Cette différence d'utilisation des forêts est probablement due à la plus importante disponibilité de ce milieu en Franche-Comté.

Lors du suivi réalisé en 2006, sur les femelles allaitantes, la proportion des forêts de feuillus dans les terrains de chasse augmente cependant (30% des surfaces exploitées en période d'allaitement contre

17% en période de gestation). Les Chênaies pubescente ou verte sont des milieux très productifs en insectes, notamment en Lépidoptères nocturnes. Le Bombyx disparate *Lymantria dispar*, dont une des plantes hôtes est le Chêne vert, a durant l'été 2006 connu sur la zone d'étude (région des gorges de l'Ardèche) un épisode de prolifération massive. Les imagos ainsi produits en grand nombre ont probablement constitué des proies du Minioptère. Parmi les milieux forestiers, les boisements riverains (ripi-sylves) ont été exploités essentiellement par les femelles gestantes, ce qui peut s'expliquer par une ressource disponible plus précocement qu'en forêt. Il est raisonnable de penser, notamment en période de forte demande énergétique (allaitements), que les Minioptères ont exploités les milieux forestiers parce qu'ils y trouvaient des proies en fortes densités, pour le moins autant qu'en milieu urbain.

La structure verticale du paysage est importante dans le choix des habitats du Minioptère, celui-ci recherchant des milieux d'interface. Cet état de fait est d'autant plus marqué en milieu forestier. Ces résultats concordent avec ceux de LUGON *et al.* (2004) qui notent 74,6 % des localisations en forêts le long de routes ou de chemins forestiers. La sélection de ces milieux s'explique sans doute du fait de l'effet de lisière (richesse entomologique des écotones) et du moindre encombrement facilitant la capture des proies. Espèce au vol rapide, le Minioptère peut ainsi profiter d'importantes ressources alimentaires tout en chassant dans des milieux pauvres en obstacles. En milieux ouverts ou semi-ouverts, à l'exception des milieux urbains, les Minioptères ont, dans 96,4% des cas, chassé le long de haies. Outre l'intérêt de ce type de milieu dans la ressource en nourriture, il semble que ces structures verticales aient aussi un rôle de protection contre le vent.

La densité en proies d'un milieu semble être prépondérante dans la sélection des terrains de chasse opérée par le Minioptère de Schreibers, la structure des habitats fréquentés, bien que significative, apparaît quant à elle secondaire.

## 5 Conclusion

Les traits comportementaux et écologiques du Minioptère de Schreibers présentés dans cette étude nous conduisent à penser que cette espèce présente à la fois des caractéristiques d'ultra-spécialisation, notamment au regard de son régime alimentaire, mais aussi d'opportunisme par sa propension à s'alimenter sur des terrains de chasse variés mais caractérisés par une importante ressource trophique disponible. Cette ressource, variable au fil des saisons, doit néanmoins conduire le Minioptère à exploiter de nombreux terrains de chasse au cours d'une saison d'activité.

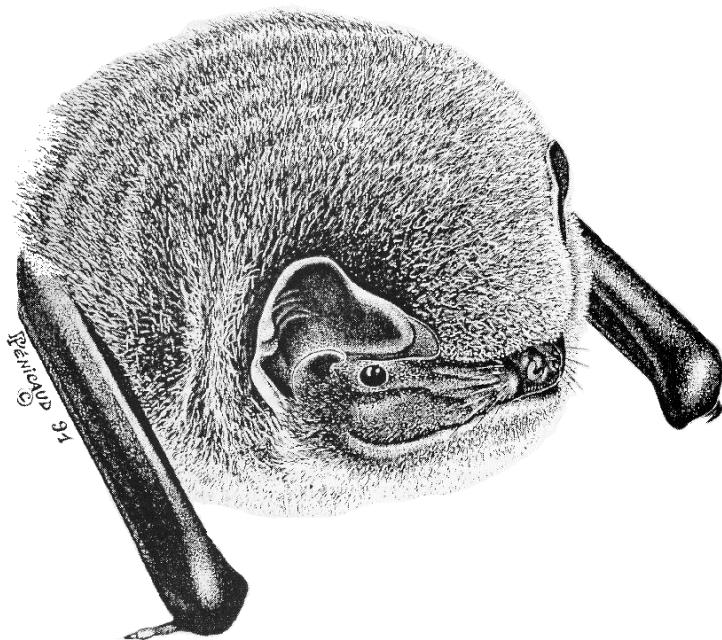
BARATAUD *et al.* (2005) décrivent quatre grands types d'utilisation de l'espace et des ressources par les Chiroptères européens. Au vu des résultats présentés, le Minioptère de Schreibers semble bien correspondre à la stratégie décrite, à savoir :

- la stratégie du terrain de chasse moyen à grand, à moyenne distance du gîte (2 à 10 km), avec une certaine fidélité saisonnière mais un choix plus grand dans les possibilités de zones de chasse différentes en fonction des circonstances (émergences de proies, période climatique particulière ...), une spécialisation possible sur une structure particulière de l'habitats (lisière arborée, écotone des zones humides, surfaces d'eau ...). Ces espèces de milieu souvent semi-ouvert exploitent particulièrement les abondances saisonnières de proies ; la ressource devient alors moins limitante ce qui tolère des regroupements plus ou moins passifs mais fréquents d'individus. Quelques espèces se décalent un peu des limites de ce modèle théorique à cause par exemple d'un comportement grégaire marqué obligeant sans doute à une dispersion plus large autour du gîte (cas de *Miniopterus schreibersii*).

Cette constatation nous conduit à penser que le Minioptère de Schreibers est une espèce modérément sensible à sensible aux modifications de son environnement. Sa spécialisation trophique et son comportement grégaire le rendent néanmoins fragile. En effet, dépendant quasi exclusivement des Lépidoptères nocturnes, une diminution de cette ressource peut avoir des conséquences catastrophiques sur l'espèce. Par ailleurs, les importants rassemblements formés par l'espèce (plusieurs milliers d'individus) impliquent, à l'échelle de plusieurs centaines de milliers d'hectares, d'une part l'existence de ressources trophiques suffisantes et d'autre part la disponibilité en terrains de chasse favorables. Il est probable que des destructions ou modifications de terrains de chasse pourraient perturber cette espèce à longévité importante qui base sa stratégie de recherche de nourriture en partie sur la connaissance de son domaine vital.

Au-delà de la protection primordiale d'un réseau de gîtes, la conservation d'une population de Minioptère nécessite à minima et à l'échelle de son domaine vital, soit dans un rayon d'une quarantaine de kilomètres autour de son gîte de mise bas pour une colonie de l'ordre de quelques milliers d'individus :

- De conserver à grande échelle des milieux productifs en Lépidoptères. Une attention particulière devra être portée aux grands massifs forestiers feuillus ou aux boisements riverains,
- D'interdire les traitements chimiques contre les insectes ravageurs forestiers et de développer les traitement en lutte biologique
- De maintenir voire favoriser les cultures en vergers,
- De maintenir ou renforcer les corridors biologiques (linéaires arborés, réseau de haies),
- De maintenir ou d'encourager la création de ceintures vertes autour des zones urbaines,
- De maintenir voire de développer des paysages à structure horizontale diversifiée,
- D'éviter toute banalisation du territoire à grande échelle (plusieurs centaines voire milliers d'hectares),
- D'éviter la création d'infrastructures pouvant induire une mortalité directe des individus (autoroutes, fermes d'éoliennes...),
- De limiter l'utilisation de pesticides en agriculture conventionnelle ou dans les jardins particuliers.



## Bibliographie

---

AEBISCHER N.J., ROBERTSON P.A. & KENWARD R.E., 1993. Compositionnal analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74 : 1313-1325.

ARLETTAZ R., BERTHOUD G., DESFAYES M., 1998. Tendance démographiques opposées chez deux espèces sympatriques de chauves-souris, *Rhinolophus hipposideros* et *Pipistrellus pipistrellus* : un possible lien de cause à effet. *Le Rhinolophe* 13 : 35-41.

AVRIL, B. W. P. 1997. Le Minioptère de Schreibers: analyse des résultats de baguage de 1936 à 1970, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse: 128 p.

BAILLIE, J.E.M., HILTON-TAYLOR, C. AND STUART, S.N. (eds) 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 217 p.

BARATAUD M., GRANDEMANGE F., DURANEL A., LUGON A., 2005. Etude d'une colonie de mise bas de *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) – Sélection des gîtes et des habitats de chasse, régime alimentaire, implications dans la gestion de l'habitat forestier. Rapport. 33 p.

BONTADINA F., SCHOFIELD H. & NAEF-DAENZER B., 2002. Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *Journal of zoology*, 258 : 281-290.

BRATSCHI D., 2001. Utilisation de l'habitat en milieu urbain, suburbain et rural en relation avec les éclairages publics par *Eptesicus nilssoni* et *Pipistrellus pipistrellus*, *Le Rhinolophe* 15 : 157-165.

BURT W.H., 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24 : 346-352.

C.P.E.P.E.S.C. & S.F.E.P.M. 1999. Plan de restauration des chiroptères 1999-2003: 34 p.

CRETTENAND, Y & N. VIANIN. 1992. Le poids du foetus constraint-il les femelles de grands rhinolophes (*Rhinolophus ferrumequinum*) à des phases de torpeur en milieu et fin de gravidité? RéPLICATION DES EXPÉRIENCES DE RANSOME (1973). Travail de certificat de zoologie, Université de Lausanne. 69 p.

DEFREINE L., 2006. Etude des terrains de chasse de trois espèces de Chiroptères cavernicoles dans le Sud de la France, le Rhinolophe euryale, le Murin de Capaccini et le Minioptère de Schreibers. Diplôme d'Etudes Supérieures de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 90 p.

DWYER, P. D. 1966. "The population pattern of *M. schreibersii blepotis* in NE NSW." Australian Journal of Zoology 14(6): 1073-1137.

DWYER, P. D. 1968. Populations ranges of *Miniopterus schreibersii* in south-eastern Australia. Australian Journal of Zoology 17, 665-686.

FAUVEL B., ROS J., ROUE S.G., ROUE S.Y. et Groupe Chiroptères S.F.E.P.M., (en prép.). Espèces de l'annexe II de la Directive Habitat-Faune-Flore : synthèse actualisée des populations en France. XIèmes rencontres nationales chauves-souris.

FURLONGER C. L., DEWAR H. J., FENTON M. B., 1987. Habitat use by foraging insectivorous bats. Canadian Journal of Zoology 65 : 284-288.

GEGGIE J. F., FENTON M. B., 1984. A comparison of foraging by *Eptesicus fuscus* in urban and rural environments. Canadian Journal of Zoology 63 : 263-267.

GRANT, C., 2004. The conservation biology of the Southern bent-wing bat, *Miniopterus schreibersii bassanii*. In: Bogdanowicz, W., Lina, P.H.C., Pilot, M. & Rutkowski, R. [Eds]. International Bat Research Conference (13, 2004, Mikolajki). [Abstracts]. Warszawa, Museum and Institute of Zoology PAS: 39.

HACQUART A. & S.F.E.P.M., 2005. Plan de Restauration des Chiroptères - Suivi des populations des espèces jugées prioritaires - Année 2003. M.E.D.D. / S.F.E.P.M. : 18-20.

HARRIS S.W, CRESSWELL J., FORDE P.G., TREWHELLA W.J., WOOLLARD T. & WRAY S., 1990. Home range analysis using radiotracking data. A review of problems and techniques particularly applied to the study of mammals. Mammal Review 20(2/3) : 97-123.

HENRY M., THOMAS D.W., VAUDRY R., CARRIER M., 2002. Foraging distances and home range of pregnant and lactating little brown bats (*Myotis lucifugus*). Journal of Mammalogy, 83(3) : 767-774.

HOOGE P.N. & EICHENLAUB B, 1997. Animal movement extension to Arcview 1.1. Alaska Biological Science Center, U.S. Geological Survey, Anchorage, Alaska.

JACOBS D.S., 1999. Intraspecific variation in wingspan and echolocation call flexibility might explain the use of different habitats by the insectivorous bat *Miniopterus schreibersii* (Vespertilionidae : Miniopterinae). *Acta Chiropterologica*, 1(1) : 93-103.

JANEAU G., 1998. Localisation de balises radio-émettrices VHF portées par des mammifères terrestres : principes, précision, limites et contraintes. Actes « Amiens 97 » in Arvicola : 11-18.

JONES G., DUVERGE P.L. & RANSOME R.D., 1995. Conservation biology of an endangered species : field studies of greater horseshoe bats. In : RACEY P.A., SWIFT S.M. (Eds.), *Ecology, evolution and behaviour of bats*. Symposia of the Zoological Society of London, 67 : 309-324.

KENWARD R., 1987. *Wildlife Radio Tagging – Equipment, Field Techniques and Data Analysis*. Academic Press, London, 222 p.

LENTH R.V., 1981. On finding the source of signal. *Technometrics*, 23 : 149-154.

LIMPENS H.J.G.A. & KAPTEYN K., 1991. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29 : 39-48.

KUNZ, T.H. 1988. *Ecological and behaviour methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington. 533 p.

LUGON, A. 1998. Le régime alimentaire du Minioptère de Schreibers: premiers résultats. Rapport non publié. Ecoconseil, CH-La Chaux-de-Fonds. 6 p.

LUGON, A. 1999. Etude de l'impact du TGV sur les populations de minioptères de la vallée de l'Ognon. Rapport non publié, sur mandat de Réseau Ferré de France, Mission TGV Rhin-Rhône, Besançon. Ecoconseil, La Chaux-de-Fonds. 22 p.

LUGON, A. 2005. Analyse du régime alimentaire de *Myotis bechsteinii*, Vallégeas, commune de Sauviat-sur-Vige (Limousin). SFEPM, rapport non publié. L'Azuré, études en écologie appliquée, CH-Cernier. 12 p. + annexes.

LUGON A. 2006. Analyse du régime alimentaire de *Miniopterus schreibersii* Site FR8201676 Sables du Tricastin, Suze-la-Rousse (Drome). L'azuré/S.F.E.P.M.. 10 p.

LUGON, A., Y. BILAT & S.Y. ROUE. 2004. Etude d'incidence de la LGV Rhin-Rhône sur le site Natura 2000 Mine d'Ougney. Sur mandat de Réseau Ferré de France, Mission TGV Rhin-Rhône, Besançon. Ecoconseil, CH-La Chaux-de-Fonds. Rapport non publié. 53 p.

LUGON, A. & ROUE, S.Y. 2002. Impacts d'une ligne TGV sur les routes de vol du Minioptère de Schreibers: de l'étude aux propositions d'aménagements. *Symbioses* 6: 47-48.

MCANEY, C.M., C. SHIEL, C. SULLIVAN & J. FAIRLEY. 1991. *The analysis of bat droppings*. The Mammal Society, London. 48 p.

MITCHELL JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRISTUFEK B., REINJDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALIK V., ZIMA J. (éds.), 1999. *The Atlas of European Mammals*. Academic Press, London.

MOHR C., 1947. Table of equivalent population of North American small mammals. *American Midland Naturalist* 37 : 223-249.

NEMOZ M, BARATAUD M., ROUE S.G. et SCHWAAB F., 2002. Protection et restauration des habitats de chasse du Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) – cartographie des habitats autour des colonies de mise bas. D.N.P., 57pp.

NEU C.W., BYERS C., PEEK J.M. et BOY V., 1974. A technique for analysis of utilisation-availability data. *J. Wildlife Management*, 38 : 541-545.

NORBERG, U.M. & RAYNER, J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 316: 335-427.

O'DONNELL C.F.J., 2002. Influence of sex and reproductive status on nocturnal activity of long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*). *Journal of Mammalogy*, 83(3) : 794-803.

ODUM E.P. & KUENZLER E.J., 1955. Measurment of territory and home range in birds. *Auk* 72(2) : 128-137.

PAVEY C.R. & BURWELL C.J., 1998. Bat predation on eared moths : a test of the allotonic frequency hypothesis. *Oikos*, 81. 143-151.

PRESETNIK, P., 2005. The diet of Schreiber's bat, *Miniopterus schreibersii*, in Northeastern Slovenia. In: European Bat Research Symposium (10, 2005, Galway). Abstracts of the Xth European Bat Research Symposium, Galway, Ireland, 21st-26th August 2004. Galway, National University of Ireland: 1 p.

RACEY, P.A. & SPEAKMAN, J.R. 1987. The energy costs of pregnancy and lactation in heterothermic bats. Symposium of the Zoology Society of London 57: 107-125.

ROUE S.Y. & Groupe Chiroptères S.F.E.P.M., 1997. Les chauves-souris disparaissent-elles ? Vingt ans après. Arvicola, 9(1) : 19-24.

ROUE, S. Y. & M. BARATAUD 1999 p. "Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice." Le Rhinolophe vol. spe. 2: 2-132.

ROUE S.Y. & SFEPM, 2004. Inventaire des sites à protéger à Chiroptères en France métropolitaine – Mise à jour de l'inventaire de 1995. DNP, 91pp.

ROUE S.Y & NEMOZ M., 2002. Mortalité exceptionnelle du Minioptère de Schreibers en France lors de l'année 2002 - bilan national. SFEPM - Groupe Chiroptères, 27pp.

RYDELL J. & RACEY, P.A. 1995. Street lamps and the feeding ecology of insectivorous bats. Symposium of the Zoology Society of London 67: 291-307.

RYDELL J., ENTWISTLE A. & RACEY P., 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. Oikos, 76 : 243-252.

SAINT GIRONS M-C., 1994. Les Mammifères. in Maurin, H. (dir), 1994. Inventaire de la faune menacée de France. W.W.F. - M.N.H.N. - Nathan, Paris, 18-43.

SERRA-COBO, J. and E. BALCELLS. 1985. Mise à jour des résultats de baguage de *Miniopterus Screibersii* dans le N.E. espagnol et le français S.E. IXème Colloque Francophone de Mammalogie, "Les Chiroptères", SFEPM, Rouen, 85-88.

SERRA-COBO J., 1990. Estudi de la biologia i ecologia de *Miniopterus schreibersi*, Publicacions Universitatd de Barcelona, Tesi doctoral Barcelona, n°877.

SHIEL, C., C.M. MCANEY, C. SULLIVAN & J. FAIRLEY. 1997. Identification of arthropod fragments in bat droppings. The Mammal Society, London. 1-56.

VINCENT S., 2005. Actes des IV<sup>emes</sup> Rencontres Chiroptères Grands Sud. Le Minioptère de Schreibers en France – Synthèse des connaissances, S.F.E.P.M., Bidarray : 50-56 p.

VINCENT S., ISSARTEL G., 2005. Inventaire des gîtes cavernicoles d'intérêt majeur pour les Chiroptères en Rhône-Alpes, CORA-DIREN.42 p.

WHITE G.C. & GARROT R.A., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press, San Diego, 224pp

WORTON, B. J., 1989. Kernel methods for estimating the utilisation distribution in home range studies. Ecology, 70: 164-168.