

Utilisation du milieu forestier par les chauves-souris (*Mammalia: Chiroptera*) du canton de Neuchâtel – implications pour la gestion sylvicole

CHRISTOPHE JABERG, THIERRY BOHNENSTENGEL, RENÉ AMSTUTZ et JEAN-DANIEL BLANT

Keywords: Bats; habitat use; diet; roost selection; forest management; Canton Neuchâtel; Switzerland. FDK 149.4 : 151 : 907 : (494.43)

Introduction

La Suisse compte 28 espèces de chiroptères. La moitié environ sont forestières (HAUSSER 1995) et figurent sur la Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse (DUELLI 1994). Sept sont menacées à l'échelon européen (IUCN 2004). L'écologie de ces espèces reste mal connue en raison de leurs mœurs discrètes. Aussi, leur conservation n'a que rarement été intégrée à la gestion sylvicole. Cet article démontre l'importance des forêts et des pratiques sylviculturales pour les chiroptères et promeut leur conservation auprès des propriétaires et gestionnaires forestiers. Nous y décrivons (1) l'utilisation de la forêt par les 22 espèces présentes dans le canton de Neuchâtel et détaillons (2) l'exploitation des proies, (3) l'utilisation des habitats de chasse et (4) la sélection des gîtes chez la Barbastelle *Barbastella barbastellus* Schreber, le Grand Rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum* Schreber, le Murin de Bechstein *Myotis bechsteini* Natterer in Kuhl – trois espèces «Emeraude» classées de «vulnérable» à «en danger d'extinction» à l'échelon européen et suisse (IUCN 2004; DUELLI 1994) – et l'Oreillard brun *Plecotus auritus* L. – espèce encore relativement répandue et non menacée à l'échelle du continent (IUCN 2004; HAUSSER 1995; DUELLI 1994). Ces données proviennent de l'Inventaire des chauves-souris du canton de Neuchâtel (BLANT 1995; MOESCHLER 1991), d'un mandat confié par le Service de la faune du canton de Neuchâtel et d'un projet de recherche mené en collaboration avec l'Université de Neuchâtel (BOHNENSTENGEL en prép.).

Région d'étude

Les données proviennent du canton de Neuchâtel, soit une région de 786 km² qui s'étend des sommets jurassiens (1400 m d'altitude) jusqu'au lac de Neuchâtel (430 m). La région, essentiellement calcaire, est pauvre en cours d'eau de surface, mais présente un réseau karstique développé. Les forêts couvrent 34 % du territoire et forment de grands massifs (*Aceri-Fagion*, *Abieti-Fagion* et *Asperulo-Fagion*) sur les sommets (précipitations et température annuelle moyenne: 2000 mm, 5°C). Le littoral et le pied du Jura sont caractérisés par des communautés mésophiles, voire thermophiles (*Fraxinion*, *Carpinion*, *Cephalanthero-Fagion* et *Quercion pubescentis*). Précipitations et température annuelle moyenne: 980 mm, 9°C.

Matériel et méthodes

Utilisation de la forêt

Les résultats ont été extraits de la banque de données fauniques du CCO¹. Elle comprend 5222 données sur territoire neuchâtelois, récoltées entre 1980 et 2005 par les collaborateurs du CCO-NE selon diverses méthodes (captures au filet sur les terrains de chasse, à l'entrée de cavités d'hibernation, à la sortie de gîtes connus; examen de spécimens découverts par le public; contrôle systématique de gîtes potentiels; radiopistage; détection acoustique). Chaque occurrence représente

un individu identifié, sexé, âgé, localisé (précision < 25 m) et daté. Dans 13 cas, l'identité spécifique n'est pas affirmée. Ces données ont été mises en relation avec la couverture forestière du canton à l'aide d'un SIG (ArcView 3.3, ESRI, Redlands, USA). Les données phytosociologiques proviennent du Service des forêts du canton de Neuchâtel.

Proies

L'exploitation des proies a été examinée en détail chez *B. barbastellus*. Le guano produit par une femelle entre le 8 et le 20 mai 2005 a été récolté à l'aplomb de son gîte estival situé derrière le volet d'une maison en bois à Bevaix NE (coordonnées 551 843/197 390, 520 m d'altitude). Trente fèces ont été analysées à la loupe binoculaire (grossissement 32×). Les restes d'insectes ont été identifiés à l'ordre ou à la famille par comparaison avec des insectes capturés près des terrains de chasse. Le volume des différents taxons présents dans chaque crotte a été estimé en pourcentage du volume total (précision ± 5–10 %; ARLETTAZ 1999).

Habitats de chasse

L'utilisation des habitats de chasse a été étudiée chez 7 *M. bechsteini* et 7 *P. auritus* dans la région de Neuchâtel entre mai et septembre 2005, une Barbastelle femelle en avril-mai 2005 et deux mâles *R. ferrumequinum* en juillet 2004 dans la région de la Béroche (Boudry et Gorgier, NE). Les animaux ont été capturés au moyen de filets en nylon placés à proximité de leurs gîtes ou sur des points d'eau servant d'abreuvoir. Chaque individu a été équipé d'un émetteur (Holohil System Ltd., Canada) ne dépassant pas 5 % de son poids, puis relâché. La position des animaux a été relevée en continu durant la nuit par un ou deux observateurs munis d'un récepteur et d'une antenne portable. Les suivis ont été réalisés à pied ou en voiture selon le terrain. Chaque individu a été suivi en moyenne durant une semaine (de 2 jours à 4 semaines).

Gîtes

L'utilisation des gîtes a été étudiée chez la femelle *B. barbastellus* et les 7 *M. bechsteini* par radio-pistage (voir habitats de chasse). Chaque individu a été localisé au moins une fois par journée afin de repérer les gîtes diurnes.

Résultats

Utilisation de la forêt

Sur les 771 sites du canton où des chauves-souris ont été identifiées de 1980 à 2005, 65 (8,4 %) se situaient en forêt. Pour-

¹ CCO = Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris.
CCO-NE = Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, région Neuchâtel.

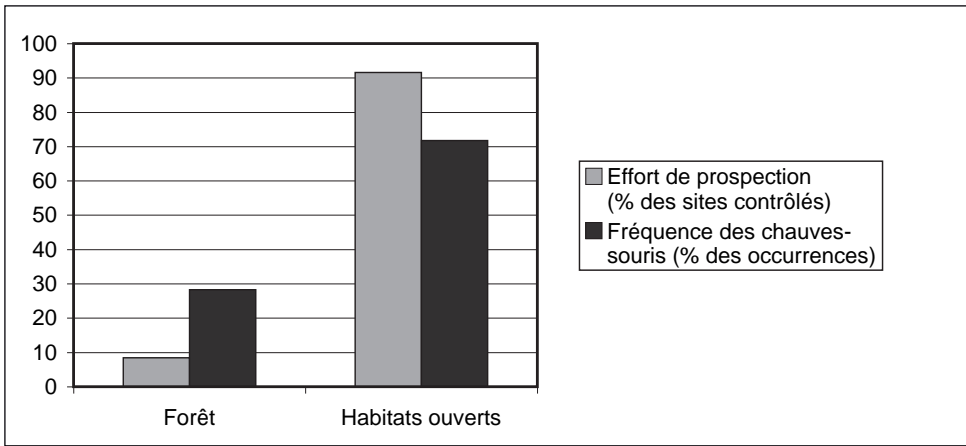


Figure 1: Nombre d'occurrences de chiroptères dans le canton de Neuchâtel en fonction de l'effort de prospection.

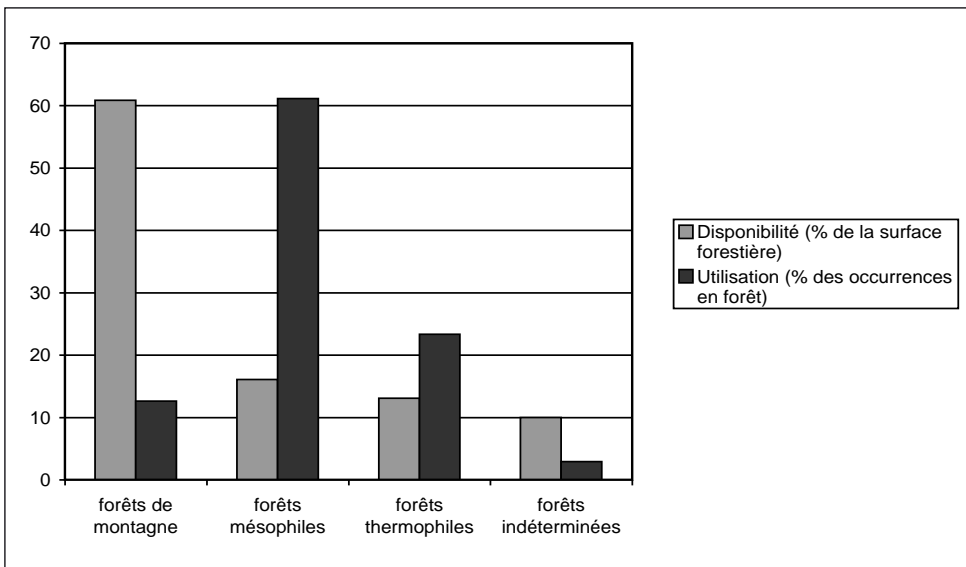


Figure 2: Utilisation des grands types de forêt par les chauves-souris comparée à leur surface disponible.

Tableau 1. Utilisation de la forêt par les chiroptères du canton de Neuchâtel.

N total = nombre total d'occurrences par espèce dans le canton; N forêt (%) = proportion des occurrences en forêt (en %) (en gras et entre parenthèses: voir texte); Utilisation de la forêt (%) = proportion des occurrences forestières (en %) attribuées respectivement aux activités d'hibernation ou de recherche de gîtes d'hibernation (hibern), de chasse (chasse), de repos diurne (gîtes) ou indéterminées (indét); Statut LR CH = statut des espèces selon la Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse (DUELLI 1994).

Espèces	N total	N forêt (%)	Utilisation de la forêt (%)				Statut LR CH
			hibern	chasse	gîtes	indét	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	28	85,7	50,0	4,2	0,0	45,8	En danger d'extinction
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	4	0,0	–	–	–	–	En danger d'extinction
<i>Myotis mystacinus</i>	182	40,7	51,4	45,9	2,7	0,0	En danger
<i>Myotis brandti</i>	15	20,0	0,0	100,0	0,0	0,0	Rare
<i>Myotis emarginatus</i>	1	(100,0)	100,0	0,0	0,0	0,0	Rare
<i>Myotis nattereri</i>	24	83,3	65,0	35,0	0,0	0,0	Rare
<i>Myotis bechsteini</i>	66	72,7	8,3	41,7	50,0	0,0	Rare
<i>Myotis myotis</i>	539	48,1	63,7	35,9	0,4	0,0	Très menacé
<i>Myotis daubentoni</i>	2139	28,8	44,2	55,8	0,0	0,0	En danger
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	722	20,1	15,9	80,7	3,4	0,0	Non menacé
<i>Pipistrellus nathusii</i>	161	3,7	33,3	66,7	0,0	0,0	En danger
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	9	11,1	0,0	100,0	0,0	0,0	Non menacé
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	8	(50,0)	0,0	100,0	0,0	0,0	à préciser
<i>Nyctalus leisleri</i>	22	0,0	–	–	–	–	Rare
<i>Nyctalus noctula</i>	94	19,1	61,1	5,6	33,3	0,0	En danger
<i>Eptesicus nilsoni</i>	384	6,3	91,7	8,3	0,0	0,0	Rare
<i>Eptesicus serotinus</i>	119	10,1	58,3	33,3	0,0	8,3	Très menacé
<i>Vespertilio murinus</i>	211	0,0	–	–	–	–	Rare
<i>Barbastella barbastellus</i>	20	90,0	77,8	5,6	16,7	0,0	En danger d'extinction
<i>Plecotus auritus</i>	441	42,4	69,0	31,0	0,0	0,0	En danger
<i>Plecotus austriacus</i>	9	(33,3)	0,0	33,3	0,0	66,7	Rare
<i>Miniopterus schreibersi</i>	11	(100,0)	100,0	0,0	0,0	0,0	En danger d'extinction

tant, 28,2 % des chauves-souris y ont été capturées (n = 1474/5222; figure 1). Bien que les forêts méso- et thermophiles totalisent à peine plus de 29 % de la surface forestière, 84 % (n = 1245/1474) des occurrences forestières de chiroptères provenaient de ces milieux (figure 2).

Dix-neuf des 22 espèces inventoriées ont été capturées au moins une fois en forêt. Sept présentaient une fréquence d'apparition supérieure à 34 % et ont été considérées comme sylvoicoles (en gras dans le tableau 1). Quatre autres n'ont pas pu être classées en raison d'un trop petit échantillonnage (entre parenthèses dans le tableau 1). Les occurrences forestières concernaient à part égale (environ 40–45 %) la recherche de sites d'hibernation et l'exploitation de zones de chasse. Faute d'une prospection suffisante, peu de gîtes ont été découverts dans les forêts (tableau 1).

Proies

80 % du volume des proies de *B. barbastellus* consistait en de petits lépidoptères nocturnes (*Geometridae*). Des *Tipulidae/Limo-*

niidae (Diptères) ont été consommés régulièrement en petite quantité (moins de 10%). Des restes de chenilles, probablement des *Geometridae*, ont été identifiés dans plusieurs fèces (près de 5%; *figure 3*). Le radiopistage a montré que ces proies ont été capturées au-dessus de forêts caducifoliées. Dans la plupart des zones de chasse, les charmes *Carpinus betulus* L., les chênes *Quercus* spp. et, dans une moindre mesure, les érables champêtres *Acer campestre* L. étaient fortement défoliés par des chenilles de géométrides.

Habitats de chasse

La Barbastelle a chassé principalement au-dessus de forêts de feuillus thermophiles dans la région de Bevaix NE (*Carpinion, Luzulo-Fagion*), même lorsqu'en début de saison son gîte diurne était situé à plus de 5 km, dans les gorges de l'Areuse (Boudry NE). Durant cette période, elle a également chassé au-dessus de chênaies buissonnantes (*Quercion pubescentis*) de l'adret des gorges. Les Grands Rhinolophes ont le plus souvent utilisé de petits boisements (environ 5 ha) situés en milieu semi-ouvert et à basse altitude (515–550 m). Ils ont chassé dans les bosquets et haies du vallon du Merdasson et de la sortie des gorges de l'Areuse, ainsi que dans le bois et les vergers autour du château de Gorgier NE. Les Murins de Bechstein et les Oreillards ont surtout chassé dans les hêtraies (*Carici-Fagetum, Luzulo-Fagion*) et chênaies buissonnantes faiblement enrésinées (<50%) entre Neuchâtel et Hauterive NE, mais les seconds évitaient moins les secteurs enrésinés. Ces deux espèces suivaient fréquemment les chemins forestiers pour leurs déplacements.

Gîtes

Après sa sortie d'hibernation, la Barbastelle a utilisé un gîte sur l'ubac des gorges de l'Areuse (sous Trey mont) à 690 m d'altitude, sous les écorces décollées d'un épicéa *Picea abies* (L.) Karsten mort sur pied au milieu d'une hêtraie (*Abieti-Fagion*) dominée par des épicéas atteints par les scolytes (> 90% d'arbres morts). Les *M. bechsteini* ont utilisé plus de 10 gîtes situés dans d'anciennes cavités de pics forées dans des chênes *Q. petraea x pubescens* (parfois dans des hêtres *Fagus sylvatica* L.). Les arbres-gîtes se situaient dans la chênaie buissonnante et le *Luzulo-Fagion* entre Neuchâtel et Hauterive à environ 600 m d'altitude.

Discussion

Importance du milieu forestier pour les chiroptères

Bien qu'un échantillonnage rigoureux dans le canton manque, il semble que la fréquence d'apparition des chiroptères en milieu forestier soit plus élevée que sur le reste du territoire. Les nombreuses cavités karstiques en forêt permettent très certainement d'expliquer ce phénomène: elles attirent les chauves-souris à la recherche de sites d'hibernation en automne (BLANT 1995) et sont presque toujours situées en milieu boisé à cause du relief accidenté peu propice au défrichement (JABERG & GUI SAN 2001).

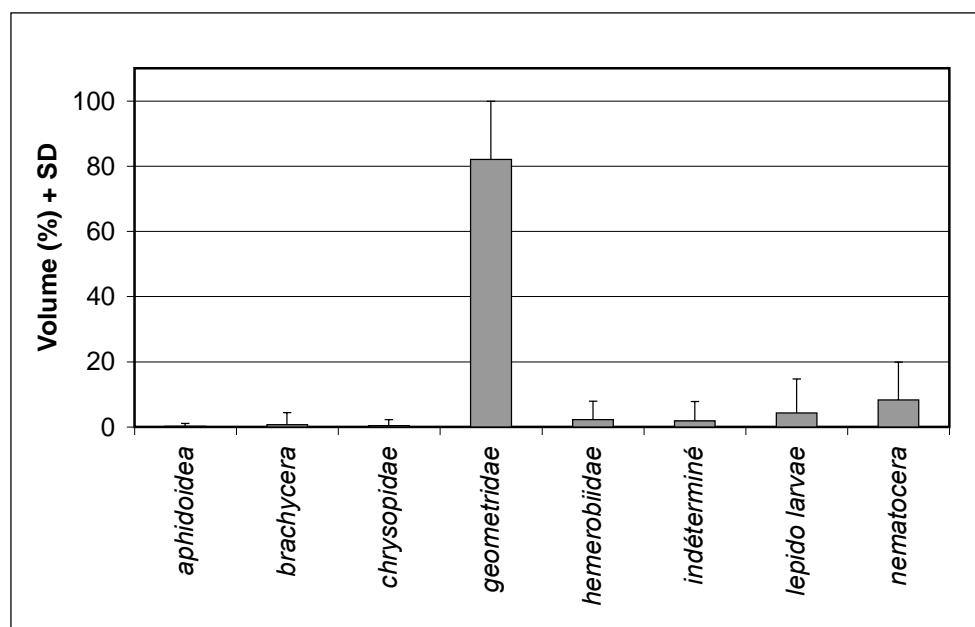


Figure 3: Régime alimentaire de la Barbastelle (un individu femelle) dans la région de Bevaix NE en mai 2005: volume moyen (+ écartype) des différents taxa identifiés dans 30 fèces (en %).

Une forte proportion des chiroptères contactés en milieu forestier y chassait, soulignant le rôle de réservoir trophique joué par la forêt pour de nombreuses espèces (par exemple AUDET 1990; BONTADINA *et al.* 2002). Les boisements de feuillus méso- et thermophiles, plus clairs que ceux de conifères, constituent des habitats particulièrement attractifs, probablement en raison de l'abondance des ressources trophiques qu'ils offrent (BROGGI & WILLI 1993). L'étude menée sur *B. barbastellus* le confirme: 85% de son régime était constitué de *Geometridae* vivant pour la plupart aux dépens d'essences caducifoliées (CHINERY 1988). Ses terrains de chasse infestés de chenilles (obs. pers.) mettent en lumière le rôle important joué par les chauves-souris dans la régulation des insectes ravageurs en forêt (ALTRINGHAM 1996). Chez les chiroptères, un régime alimentaire aussi spécialisé n'a été mis en évidence que dans le cas de la Barbastelle (SIERRO & ARLETTAZ 1997). Néanmoins, les espèces moins spécialisées chassent aussi, voire exclusivement (*M. bechsteini*, BOHNENSTENGEL en prép.) dans les forêts de feuillus. Seules certaines espèces comme l'Oreillard brun s'accommodent d'un certain enrésinement. Le fait que trois espèces radio-pistées ont suivi des structures linéaires (chemins forestiers) durant leur chasse en forêt semble indiquer qu'elles recherchent des boisements structurés par des ouvertures linéaires. Comme pour d'autres groupes fauniques (WEGMANN 1991), ces résultats suggèrent qu'une banalisation structurelle et un assombrissement des boisements pourraient agir négativement sur les populations de chiroptères forestiers.

Le radiopistage des Grands Rhinolophes a montré l'importance des petites surfaces boisées pour des espèces de milieux semi-ouverts. Ces îlots forestiers, en générant une diversification structurelle du paysage, élargissent l'offre alimentaire pour les chiroptères (WALSH & HARRIS 1996) et fonctionnent comme repères visuels et acoustiques pour leurs déplacements (LIMPENS & KAPTEYN 1991). Dès le XIX^e siècle, la dissociation spatiale des activités sylvicoles et agricoles a entraîné une raréfaction de ces structures, ce qui a contribué au déclin des espèces de milieux semi-ouverts (DUELLI 2004), dont le Grand Rhinolophe est un représentant typique (BONTADINA *et al.* 1997).

Bien que nos données soient encore lacunaires, la présence de gîtes estivaux diurnes (le plus souvent de reproduction) est

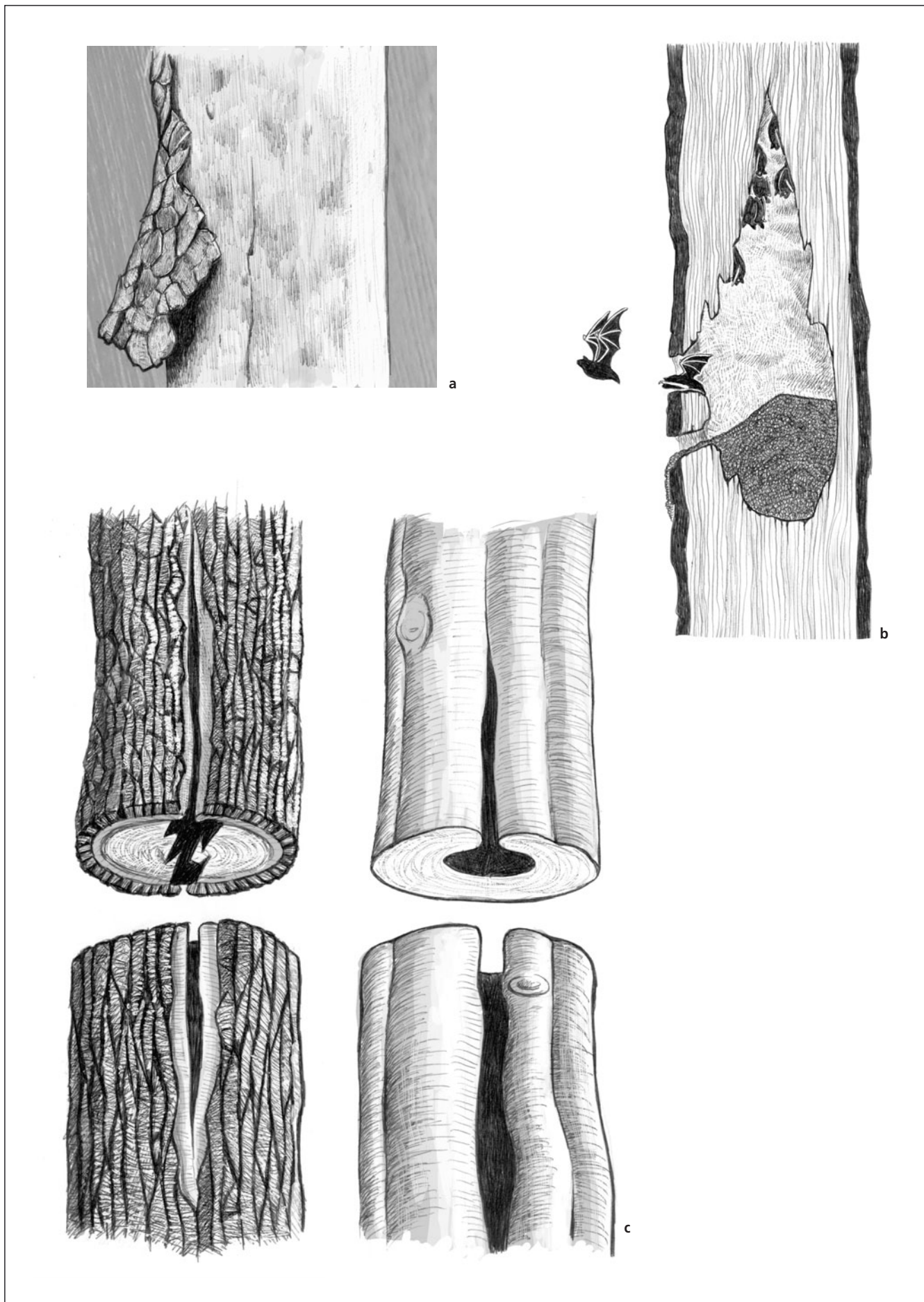


Figure 4 : Gîtes de chiroptères arboricoles.

a: écorce décollée sur un épicéa mort sur pied sous l'action des scolytes. Gîte de Barbastelle, gorges de l'Areuse (Boudry NE), avril 2005.

b: ancienne cavité de pic (coupe schématique).

c: fissures verticales sur un chêne (à gauche) et un hêtre (à droite). Dessins: Sunila Sen-Gupta (b et c d'après PÉNICAUD 2000).

incontestablement un facteur permettant d'expliquer l'attractivité du milieu forestier pour les chauves-souris puisque de nombreuses espèces sont connues pour coloniser les cavités d'arbres (par exemple *Nyctalus noctula* Schreber, KRONWITTER 1988; *N. leisleri* Kuhl, RUCZYNSKI & BOGDANOWICZ 2005; *Myotis nattereri* Kuhl, *M. daubentoni* Leisler in Kuhl; KANUCH 2004). Le suivi des *M. bechsteini* a mis en évidence une relation quasi exclusive entre cette espèce et les anciennes cavités de pics forées dans les chênes (BOHNENSTENGEL en prép.) et nous avons confirmé le rôle fondamental joué par les arbres morts sur pied (PÉNICAUD 2000) pour *B. barbastellus* qui gîte préférentiellement sous les écorces décollées (RUSSO *et al.* 2004). Ces préférences s'expliquent probablement par des facteurs microclimatiques: à cause de la faible densité des couronnes, les troncs sont soumis à un ensoleillement important qui réchauffe les cavités (SEdgeLEY 2001), favorisant la gestation des femelles et le développement des jeunes (SPEAKMAN & RACEY 1987).

Implications pour la gestion forestière

Nos résultats indiquent que les peuplements d'essences caducifoliées, riches en proies et en gîtes, revêtent une importance écologique fondamentale pour de nombreuses espèces de chiroptères. La proportion de résineux à basse altitude devrait donc être réduite en faveur de la régénération d'essences caducifoliées adaptées aux stations. Afin d'améliorer la disponibilité en insectes-proies dans les boisements, il conviendrait de promouvoir leur éclaircissement par la réduction du volume de bois sur pied, l'aménagement de petites clairières ou la réhabilitation ponctuelle de modes d'exploitation traditionnels (pacage en forêt, exploitation de la litière; DZWONKO & GAWRONSKI 2002; BÜRGI 2004). La (re)création de surfaces de transition semi-ouvertes en plaine – de type pâturage boisé ou selve – serait favorable à de nombreuses espèces.

L'amélioration de l'offre de gîtes pour les chauves-souris implique la conservation d'un nombre suffisant d'arbres morts sur pied (gîtes sous les écorces décollées, *figure 4a* ou dans les cassures) et d'arbres âgés (gîtes dans les trous de pics, *figure 4b* ou les fissures, *figure 4c*). En raison des déménagements fréquents observés dans le cas des colonies d'espèces forestières, et de leur faible rayon d'action (500 m à 2 km en moyenne, par exemple BONTADINA *et al.* 2002), la densité des arbres-gîtes potentiels devrait être élevée et leur distribution spatiale agrégée en taches (RUSSO *et al.* 2004). BROGGI & WILLI (1993) suggèrent de conserver un îlot de 1 à 3 ha d'arbres morts et/ou à cavités pour 100 ha. La pose de nichoirs ne peut être considérée comme une alternative durable et efficace à la conservation des cavités naturelles car, étant indépendante de la structure des boisements, elle ne peut garantir des conditions microclimatiques optimales pour la reproduction des chiroptères (MESCHÉDE & HELLER 2003).

Pour une conservation efficace des chiroptères, il serait indispensable que les chiroptérologues s'associent aux débats liés à la conservation de la biodiversité en milieu forestier. Dans l'optique de formuler des recommandations plus précises à l'intention des services forestiers concernés, il serait en outre nécessaire d'acquérir de meilleures connaissances sur l'écologie de nombreuses espèces, notamment sur la typologie fine et l'organisation spatiale de leurs terrains de chasse ainsi que sur l'utilisation spatio-temporelle des gîtes.

Résumé

L'utilisation du milieu forestier par 22 espèces de chiroptères a été décrite dans le canton de Neuchâtel (Suisse). Le régime alimentaire, l'utilisation de l'habitat et la sélection des gîtes ont

été précisés dans les cas de *Barbastella barbastellus*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis bechsteini* et *Plecotus auritus*. Les chauves-souris semblaient plus fréquentes en forêt que dans les milieux ouverts et les boisements de feuillus thermophiles ont été préférés par trois espèces durant leurs activités de chasse. *R. ferrumequinum* chassait en milieu semi-ouvert. Des arbres morts ont été utilisés comme gîtes par *B. barbastellus* et les anciennes cavités de pics étaient les principaux gîtes de *M. bechsteini*. Les papillons géométridés étaient les proies principales de *B. barbastellus*. Les implications pour la gestion sylvicole sont discutées.

Zusammenfassung

Benutzung von Waldressourcen durch Fledermäuse (*Mammalia: Chiroptera*) im Kanton Neuenburg – waldbauliche Auswirkungen

Im Kanton Neuenburg (Schweiz) wurden 22 Fledermausarten bezüglich Benutzung des Waldes untersucht. *Barbastella barbastellus*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis bechsteini* und *Plecotus auritus* sind nach den Kriterien Nahrung, Jagdhabitat und Quartierwahl erforscht worden. Fledermäuse scheinen Wälder vor offenem Gelände zu bevorzugen. Drei Arten jagten vorzugsweise in meso-thermophile Laubwäldern. *R. ferrumequinum* jagte lieber in halboffenem Gelände. Als Quartiere wurden abgestorbene Bäume von *B. barbastellus* genutzt. Verlassene Spechtlöcher waren das häufigste Quartier der *M. bechsteini*. Die wichtigste Beute der *B. barbastellus* waren kleine Nachtfalter (*Geometridae*). Auswirkungen für die waldbauliche Behandlung werden diskutiert.

Summary

Utilization of woodland resources by bats (*Mammalia: Chiroptera*) in the Canton Neuchâtel (Switzerland) – consequences for silviculture

We investigated utilization of wooded vs non wooded areas by 22 bat species in Canton Neuchâtel (Switzerland). Diet, habitat use and roost selection were analysed more thoroughly in *Barbastella barbastellus*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis bechsteini* and *Plecotus auritus*. Forests appeared to produce more bat occurrences than open habitats. Thermophilous deciduous woodlands were preferred by three species during foraging activities. *R. ferrumequinum* foraged in semi-open habitats. For roosting, dead trees were used by *B. barbastellus* and old woodpecker cavities were the main roosts of *M. bechsteini*. Small defoliating geometrid moths were the main preys of *B. barbastellus*. Consequences for silviculture are discussed.

Translation: ANGELA RAST-MARGERISON

Références bibliographiques

- ALTRINGHAM, J.D. 1996: Bats. Biology and behaviour. Oxford University Press, Oxford, 262 p.
- ARLETTAZ, R. 1999: Habitat selection as a major resource partitioning mechanism between the two sympatric sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology* 68: 460–471.
- AUDET, D. 1990: Foraging behaviour and habitat use by a gleaning bat, *Myotis myotis* (*Chiroptera: Vespertilionidae*). *J. Mamm.* 71, (3): 420–427.
- BLANT, J.-D. 1995: Les chauves-souris du canton de Neuchâtel. La Chaux-de-Fonds, Ed. de la Girafe, 71 p. (Cahiers du MHN 3).
- BOHNENSTENGEL, T. en prép.: Niche segregation in two sympatric gleaning bat species *Myotis bechsteini* and *Plecotus auritus*.

- BONTADINA, F.; SCHOFIELD, H.; NAEF-DAENZER, B. 2002: Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *Journal of Zoology*, London 258: 281–290.
- BONTADINA, F.; HOTZ, T.; GLOOR, S.; BECK, A.; LUTZ, M.; MÜHLEHALER, E. 1997: Schutz von Jagdgebieten von *Rhinolophus ferrumequinum*. Umsetzung der Ergebnisse einer Telemetrie-Studie in einem Alpental der Schweiz. In: Arbeitskreis Fledermäuse Sachsen-Anhalt (Hrsg.). Tagungsband. Zur Situation der Hufeisennasen in Europa. Nebra, 26–28 IFA Verlag GmbH: 33–39.
- BROGGI, M.F.; WILLI, G. 1993: Réserves forestières et protection de la nature. LSPN, Basel, 76 p.
- BÜRGI, M. 2004: La forêt fait partie du paysage cultivé. Utilisation de la litière: une mesure de protection de la nature? *Hotspot* 9: 8–9.
- CHINERY, M. 1988: Insectes d'Europe occidentale. Eds. Arthaud, Paris. 320 p.
- DUELLI, P. 2004: Biodiversité dans la forêt suisse. Espace vital pour la moitié de toutes les espèces? *Hotspot* 9: 6–7.
- Duelli, P. 1994: Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- DZWONKO, Z.; GAWRONSKI, S. 2002: Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. *Biological Conservation* 106: 389–398.
- HAUSSER, J. (Ed.) 1995: Mammifères de la Suisse: répartition, biologie, écologie. Basel, Birkhäuser: XII, 501 p. (Mémoires de l'Académie Suisse des Sciences Naturelles, Vol. 103).
- IUCN 2004: 2004 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 15 April 2006.
- JABERG, C.; GUIBAN, A. 2001: Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *J. Appl. Ecol.* 38: 1169–1181.
- KANUCH, P. 2004: Roosting and population ecology of three sympatric tree-dwelling bat species (*Myotis nattereri*, *M. daubentonii* and *Nyctalus noctula*). 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: 40.
- KRONWITTER, F. 1988: Population structure, habitat use and activity patterns of the noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (*Chiroptera: Vespertilionidae*) revealed by radio tracking. *Myotis* 26: 23–85.
- LIMPENS, H.J.G.A.; KAPTEYN, K. 1991: Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29: 39–48.
- MESCHÉDE, A.; HELLER, K.-G. 2003: Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le Rhinolophe* 16: 1–214.
- MOESCHLER, P. 1991: Concept national pour la protection et l'étude des chauves-souris. *Le Rhinolophe* 1: 1–102.
- PÉNICAUD, P. 2000: Chauves-souris arboricoles en Bretagne (France): typologie de 60 arbres-gîtes et éléments de l'écologie des espèces observées. *Le Rhinolophe* 14: 37–68.
- SPEAKMAN, J.R.; RACEY, P.A. 1987: The energetics of pregnancy and lactation in the brown long-eared bat, *Plecotus auritus*. In: Recent Advances in the Study of Bats. Ed. by M.B. Fenton, P.A. Racey and J.M.V. Rayner. Cambridge: Cambridge University Press: 367–393.
- RUCZYNSKI, I.; BOGDANOWICZ, W. 2005: Roost cavity selection by *Nyctalus noctula* and *N. leisleri* (Vespertilionidae: Chiroptera) in Bialowieza primeval forest, Eastern Poland. *Journal of Mammalogy* 86, 5: 921–930.
- RUSO, D.; CISTRONE, L.; JONES, G.; MAZZOLENI, S. 2004: Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, *Chiroptera: Vespertilionidae*) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. *Biological Conservation* 117, 1: 73–81.
- SEdgeLEY, J.A. 2001: Quality of cavity microclimate as a factor influencing selection of maternity roosts by a tree-dwelling bat, *Chalinolobus tuberculatus*, in New Zealand. *Journal of Applied Ecology* 38: 425–438.
- SIERRO, A.; ARLETTAZ, R. 1997: Barbastelle bats (*Barbastella* spp.) specialize in the predation of moths: implications for foraging tactics and conservation. *Acta Oecologica* 18, 2: 91–106.
- WALSH, A.L.; HARRIS, S. 1996: Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology* 33: 508–518.
- WEGMANN, S. 1991: Naturschutz bei der integralen Erschliessungsplanung. *Schweiz. Z. Forstwes.* 142, 8: 627–645.

Remerciements

Pour leur contribution, nous tenons à remercier tout spécialement: les collaborateurs du CCO-NE et en particulier Sunila Sen-Gupta, les services de la faune et des forêts du canton de Neuchâtel, le siège central du CCO (Muséum de Genève), l'Université de Neuchâtel. L'étude a été réalisée grâce au soutien financier du Service de la faune, de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de l'Université de Neuchâtel. Merci à Pascal Junod pour la relecture attentive du manuscrit.

Auteurs

CHRISTOPHE JABERG, THIERRY BOHNENSTENGEL, RENÉ AMSTUTZ et JEAN-DANIEL BLANT, Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO), Antenne neuchâteloise, c/o Musée d'histoire naturelle, Av. Léopold-Robert 63, 2300 La Chaux-de-Fonds. Correspondance: christophe.jaberg@rpn.ch