

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 94 (2014-2015)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Identification des cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois  
**Autor:** Patthey, Patrick / Maeder, Arnaud  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-513637>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Identification des cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois

par

Patrick PATTHEY<sup>1</sup> & Arnaud MAEDER<sup>2,3</sup>

*Résumé.*—PATTHEY P. & MAEDER A., 2014. Identification des cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 94.1: 3-24.

L'importance patrimoniale chiroptérologique de septante-deux cavités souterraines du Jura vaudois (Suisse) a été déterminée à partir de captures réalisées durant la période du rassemblement automnal entre 2002 et 2010.

Dix-huit cavités d'importance patrimoniale majeure ont pu être identifiées et ce travail préconise qu'elles soient protégées en priorité. Ce sont: onze grands sites de rassemblement automnal, situés dans le Haut-Jura et formant le plus grand réseau européen connu; six cavités du pied du Jura entre Vallorbe et Baulmes visitées par les espèces les plus rares et menacées en Europe (petit rhinolophe *Rhinolophus hipposideros*, minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii* et barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus*) et une cavité avec un nombre important de captures. D'autre part, onze cavités sont d'importance patrimoniale élevée, vingt-sept cavités sont d'importance moyenne et seize cavités sont d'importance mineure (absence de capture).

Parmi les quatorze espèces de chauves-souris rencontrées, l'oreillard brun *Plecotus auritus* est l'espèce la plus abondante et la plus largement répartie. La distribution et l'abondance relative d'espèces peu connues comme le murin de Bechstein *Myotis bechsteinii* ou le murin de Natterer *Myotis nattereri* ont pu être mieux cernées. Enfin, le petit rhinolophe *Rhinolophus hipposideros*, considéré comme disparu du canton depuis 35 ans, a été redécouvert.

*Mots clés:* chiroptère, grotte, gouffre, richesse spécifique, diversité spécifique, espèce rare, espèce menacée, abondance, rassemblement automnal, swarming, hiérarchisation.

*Abstract.*—PATTHEY P. & MAEDER A., 2014. Identification of the most important underground sites for bats in the Swiss Jura Mountains. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 94.1: 3-24.

Hundreds of natural caves are present in western Swiss Jura Mountains. We evaluated their importance for bats according to bat species richness and abundance, and occurrence of autumnal swarming. 72 caves were mistnetted in autumns 2002 to 2010 (figure 1).

More than 1000 bats of 14 species were caught in the 56 caves in which at least one bat was mistnetted

<sup>1</sup>Le Cheminet 28, CH-1305 Penthaz.

E-mail: patrick.patthey@chauves-souris.ch

<sup>2</sup>Av. de Cour 12, CH-1007 Lausanne.

E-mail: arnaud.maeder@chauves-souris.ch

<sup>3</sup>Musée d'histoire naturelle, av. L.-Robert 63, CH-2300 La Chaux-de-Fonds.

(figure 4). *Plecotus auritus* (figure 2) was the most frequent and the broadly distributed (table 2). Unexpectedly *Myotis bechsteinii* and *Myotis nattereri* were as relatively common and abundant as *Myotis daubentonii*, *Myotis mystacinus* and *Myotis myotis* (figure 3 table 2). Only a few individuals of *Barbastella barbastellus*, *Myotis alcaethoe* and *Myotis brandtii* were caught at less than 5 sites and were considered as rare. *Rhinolophus hipposideros* and *Miniopterus schreibersii*, which were considered as extinct from Vaud state, were rediscovered each at one site and were very rare. *Pipistrellus pipistrellus* and *Eptesicus serotinus* were only contacted at a few sites mainly at low altitude.

Eleven caves in high elevation sites were identified as important autumnal swarming sites visited by dozen of bats and several species but mainly by *Plecotus auritus* (figures 6, 7 and 8a, tables 2 and 3). Some of these swarming sites were also used by a relatively high number of *M. nattereri*, *M. bechsteinii*, *M. daubentonii*, *M. myotis* or *M. mystacinus*. Consequently, the Vaud state part of Swiss Jura Mountains is probably one of the most important areas of Europe for autumnal swarming. In addition 6 caves were also of a high patrimonial value due to the presence of several threatened and/or rare species (table 3, figures 5 and 6) and are mainly located at lower altitude.

Our results will serve as a baseline to protect key underground sites in Jura Mountains.

**Keywords:** Chiroptera, bat, cave, species richness, species diversity, rare species, threatened species, abundance, autumnal swarming, prioritization, ranking.

## INTRODUCTION

Les chauves-souris (chiroptera) représentent environ un tiers des espèces de mammifères de Suisse et sont toutes protégées par des bases légales nationales (LPN du 01.07.1966, art. 3 et 18 et OPN du 16.01.1991, art. 14, 20 et compléments) et internationales (Europe: Annexes 2 et 3 de la convention de Berne; Monde: Annexe 2 de la Convention de Bonne). Parmi les 30 espèces actuellement présentes en Suisse, 15 sont considérées comme menacées au niveau national (BOHNENSTENGEL *et al* 2014), 6 au niveau européen (TEMPLE & TERRY 2007) et 4 au niveau mondial (<http://www.iucnredlist.org>). Ces petits mammifères volants utilisent des sites distincts à différents stades de leur cycle vital (hibernation, estivage, accouplement, mise bas, etc.). Certains sites peuvent être exploités par une proportion très importante de la population, du moins chez certaines espèces. La perturbation et/ou le dysfonctionnement de tels sites peuvent dès lors avoir un impact très négatif sur les effectifs ainsi que sur la distribution géographique des chauves-souris. En conséquence, il apparaît indispensable et primordial d'identifier ces sites d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris afin d'en assurer la protection.

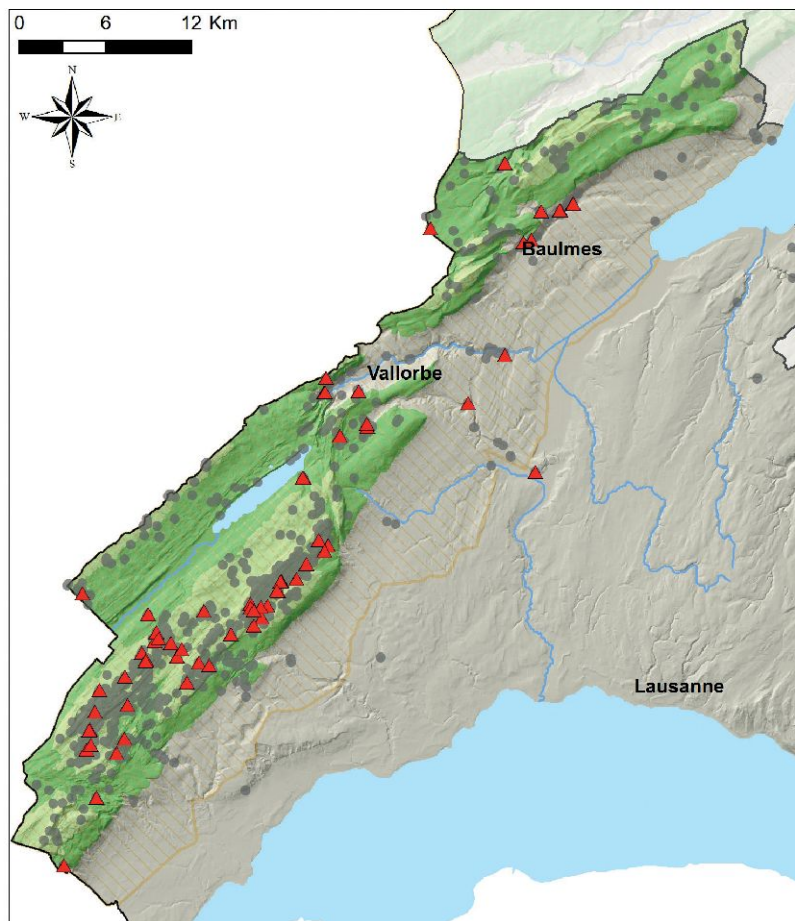
Les cavités souterraines naturelles (grottes, gouffres, baumes) ou artificielles (mines, tunnels, caves et ouvrages militaires) sont utilisées à différentes périodes de l'année par certaines espèces de chauves-souris: en tant que sites d'hibernation, de mises bas en été, et également lors de rassemblements de centaines, voire de milliers, d'individus principalement en automne (DIETZ & HELVERSEN 2004, DIETZ *et al.* 2007, ARTHUR & LEMAIRE 2009). Les raisons de ces grands rassemblements automnaux («autumnal swarming» en anglais) sont actuellement peu connues, seules quelques hypothèses non exclusives sont énoncées: (a) les adultes matures d'origines géographiques diverses s'y rencontrent pour les parades nuptiales et les accouplements; (b) ces sites permettent de ce fait un important brassage génétique au sein de la population; (c) les adultes prospectent, repèrent et mémorisent ces gîtes pour leur future hibernation et/ou comme site de substitution; (d) les jeunes découvrent et mémorisent la localisation de ces gîtes d'hibernation potentiel lors de visites exploratoires guidées par leur mère (KERTH *et al.* 2003, VEITH *et al.* 2004, FURMANKIEWICZ & ALTRINGHAM 2007).



Quelles que soient la ou les raisons de ces grands rassemblements, les cavités utilisées doivent être identifiées et protégées car elles peuvent attirer et concentrer en un seul lieu une part non négligeable des populations de chauves-souris, parfois réparties sur plusieurs dizaines de kilomètres aux alentours (PARSONS *et al.* 2003, RIVERS *et al.* 2006).

De par l'étendue de ses formations karstiques, le Jura vaudois abrite une densité très élevée de cavités souterraines naturelles, situées majoritairement au-dessus de 1000 mètres d'altitude (AUDÉTAT & HEISS 2002, DERIAZ 2007). Certaines sont parmi les plus grandes de Suisse et d'Europe. Potentiellement, ce sont des sites d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris car de très nombreux individus d'espèces variées pourraient les utiliser pour l'hibernation et/ou le rassemblement automnal (BLANT 2001). Toutefois, à ce jour, aucune mise bas n'a été constatée dans les cavités jurassiennes d'altitudes ce qui est peu surprenant du fait de conditions thermiques trop froides (BLANT 2001).

L'objectif du présent travail est d'identifier les cavités souterraines d'importance patrimoniale majeure pour les chauves-souris dans le Jura vaudois, en combinant les informations biologiques suivantes: occurrence de grands rassemblements automnaux, nombre d'individus (abondance) et occurrence d'espèces rares et/ou menacées.



© CCO/CSCF; Fonds: Swisstopo

Figure 1.–Répartition des cavités souterraines du Jura vaudois (ronds gris) et localisations des 72 cavités prospectées pendant la période du rassemblement automnal de 2002 à 2010 (triangles rouges). La limite de la région biogéographique du Jura est indiquée en hachuré brun, les altitudes supérieures à 1000m en vert foncé, les altitudes supérieures à 1300m en vert clair.



## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le nombre de chauves-souris (abondance) de chacune des espèces visitant les cavités a été obtenu par des captures réalisées à l'aide de filets japonais disposés à l'entrée de 68 cavités naturelles et 4 cavités artificielles. Les captures se sont déroulées pendant la période des rassemblements automnaux (mi-août à fin septembre) de 2002 à 2010. Ces 72 cavités (figure 1) ont été sélectionnées sur la base des inventaires spéléologiques du Jura vaudois Ouest et Nord. Ces derniers indiquent l'altitude, le dénivelé et le développement de chacune des cavités tout en mentionnant parfois la présence de chauves-souris (AUDÉTAT & HEISS 2002, DERIAZ 2007). Le choix s'est porté en priorité sur: (a) les cavités dans lesquelles des chauves-souris avaient été observées et identifiées par le passé (BOVEY 1954, AELLEN & STRINATI 1962, RUEDI *et al.* 1989, CHAPUISAT & RUEDI 1993); (b) les cavités avec un fort potentiel chiroptérologique, à savoir les plus profondes (dénivelé) et les plus longues (développement); (c) des cavités de volume différent et situées, lorsque cela était possible, à proximité des précédentes (a et/ou b); et (d) un échantillon de cavités représentatives et réparties sur l'ensemble du Jura vaudois. L'effort et la méthode de capture ont été standardisés de manière à pouvoir comparer les résultats de l'ensemble des cavités prospectées. Les sessions de captures ont été effectuées lors de conditions météorologiques favorables (température  $> 7^{\circ}\text{C}$  PARSONS *et al.* 2003; absence de vent et de pluie). Elles ont débuté au coucher du soleil et se sont terminées 5 heures plus tard, de manière à couvrir 66% de l'activité quotidienne du rassemblement automnal (P. Patthey, A. Maeder et C. Schönbächler, données non publiées; PIKSA 2011). Afin d'éviter les doubles comptages, tous les individus ont été marqués à l'aide de vernis à ongle sur les griffes des pouces ou de peinture à abeille sur le bord de l'oreille. Ce marquage s'efface naturellement en quelques heures ou jours (P. Ecoffey, com. pers.). Une seule soirée de capture a eu lieu à l'entrée de chacune des cavités. Dans les rares cas où les conditions de capture sont devenues défavorables en cours de session, par exemple suite à un orage imprévu, une deuxième soirée de capture a été réalisée. Dès lors, seuls les résultats de la seconde session ont été retenus. Les animaux capturés ont été identifiés à l'espèce et sexés sur la base de critères et de mesures morpho-anatomiques (DIETZ & HELVERSEN 2004), puis relâchés immédiatement sur le lieu même de la capture.

Les données provenant d'autres études effectuées dans le Jura vaudois n'ont pas été intégrées à la présente étude pour diverses raisons. Tout d'abord, les premières prospections (BOVEY 1954, AELLEN & STRINATI 1962) ne sont pas du tout représentatives de la situation actuelle car réalisées avant la chute massive des effectifs de chauves-souris de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (DIETZ & HELVERSEN 2004, DIETZ *et al.* 2007, ARTHUR & LEMAIRE 2009). De plus, certaines identifications ne sont actuellement plus valables, en raison notamment de descriptions récentes d'espèces jumelles et/ou nouvelles (MAYER & HELVERSEN 2001). En outre, les études les plus récentes (RUEDI *et al.* 1989, CHAPUISAT & RUEDI 1993) se concentrent sur le potentiel d'hibernation des cavités et non sur l'importance du rassemblement automnal en tant que tel. Finalement, toutes ces études utilisent des protocoles différents, rendant impossible toute comparaison objective entre cavités et/ou années.

DÉTERMINATION DE LA VALEUR PATRIMONIALE CHIROPTÉROLOGIQUE  
DES CAVITÉS SOUTERRAINES

La détermination de la valeur chiroptérologique de chacune des cavités souterraines a été effectuée en plusieurs étapes. La première a consisté à évaluer le degré de rareté de chacune des espèces au sein des cavités du Jura vaudois sur la base de la répartition géographique spécifique (RGS: pourcentage de cavités où l'espèce a été capturée par rapport au nombre total de cavités avec au moins une capture de chauve-souris) puis de l'abondance moyenne spécifique (AMS: nombre moyen d'individus capturés au sein des cavités avec au moins une capture de chauve-souris). Les degrés de rareté sont les suivants: «très rare» (RGS < 10%; AMS = 1); «rare» (RGS: 10 à 30%; AMS ≤ 2); «peu commun» (RGS: 30 à 50%; AMS > 2); «commun» (RGS: 50 à 70%; AMS > 4); «très commun» (RGS > 70%; AMS > 8). En cas d'ambiguïté, le critère RGS est dominant sur le critère AMS.

La seconde étape s'est basée sur le nombre d'individus différents capturés sur chaque site, ce qui a permis d'établir un indice semi-quantitatif d'abondance des chauves-souris. La meilleure note (1) équivaut à plus de 25 captures toutes espèces confondues; la seconde note (2) correspond à 10-25 captures; la troisième note (3) est attribuée à tous les autres sites visités par au moins une chauve-souris, et la quatrième note (4) correspond aux sites où aucune chauve-souris n'a été capturée.

La troisième étape s'est focalisée sur la qualité du peuplement chiroptérologique, laquelle a été évaluée comme suit: la meilleure note (1) correspond à la présence d'au moins une espèce en danger critique d'extinction (CR) ou en danger d'extinction (EN) au niveau suisse (BOHNENSTENGEL *et al* 2014); la seconde note (2) correspond à la présence d'au moins 2 espèces vulnérables (VU) au niveau Suisse sauf l'Oreillard brun, très commun dans les grottes jurassiennes. L'attribution des notes (3) et (4) a été réalisée de manière analogue à celle de la note d'abondance.

La quatrième étape a consisté à déterminer si la cavité était oui ou non un site de grand rassemblement automnal. Les critères se basent sur l'observation d'un ballet aérien de plusieurs dizaines de chauves-souris et d'un sexe-ratio fortement biaisé en faveur des mâles (ARTHUR & LEMAIRE 2009).

Finalement, la cinquième étape concerne la hiérarchisation des sites, réalisée en combinant les informations semi-quantitatives et qualitatives (tableau 1). Ainsi, les sites d'importance patrimoniale majeure (note globale I) sont les sites utilisés pour de grands rassemblements automnaux, ou les sites ayant reçu la meilleure note (1) pour le critère d'abondance ou pour celui de qualité des espèces. Les sites d'importance élevée (note globale II) sont ceux ayant reçu au moins la deuxième note (2) pour au moins l'un des deux critères précédents. Les sites d'importance moyenne (note globale III) sont tous les autres sites visités par au moins une chauve-souris. Les sites d'importance mineure (note globale IV) sont ceux où aucune chauve-souris n'a été capturée.



Tableau 1.–Synthèse des relations de l'évaluation de l'importance patrimoniale des cavités (note globale de I (majeure) à IV (mineure) en fonction des notes quantitatives et qualitatives). Voir également le texte.

		Note de quantité				
		1	2	3	4	
		>25 captures	10-25 captures	1-9 captures	Pas de capture	
Note de qualité	1	Au moins une espèce en danger (critique) d'extinction ou présence de grand rassemblement automnal	I	I	I	-
	2	Au moins deux espèces vulnérables	I	II	II	-
	3	Au moins une espèce capturée	I	II	III	-
	4	Pas de capture	-	-	-	IV

## RÉSULTATS

### *Répartition géographique, abondance relative et degré de rareté des chauves-souris*

Les sessions de captures ont été effectuées à l'entrée de 72 cavités du Jura vaudois entre 2002 et 2010. Ces cavités étaient situées entre 510 et 1505 mètres d'altitude (moyenne  $\pm$  erreur standard:  $1214 \pm 275$  m). Leurs développements et dénivellations variaient respectivement de 5 à 6500 mètres ( $462 \pm 952$  m) et de -35 à 487 mètres ( $80 \pm 110$  m). Un total de 1084 chauves-souris de 14 espèces différentes ont été capturées (tableau 2). Au moins une chauve-souris a été capturée au sein de 56 cavités, alors qu'aucune chauve-souris n'a été capturée dans les 16 autres cavités (tableau 2).

L'oreillard brun *Plecotus auritus* (figure 2) est non seulement l'espèce la plus abondante (> 500 captures, soit près de la moitié des captures, toutes espèces confondues) mais aussi celle qui a la plus large répartition parmi les cavités souterraines prospectées dans le Jura vaudois (42 cavités utilisées, soit plus de la moitié des sites prospectés) (tableau 2). Le grand murin *Myotis myotis* (figure 3), le murin de Daubenton *Myotis daubentonii*, le murin de Natterer *Myotis nattereri*, le murin de Bechstein *Myotis bechsteinii* et le murin à moustaches *Myotis mystacinus* sont relativement abondants (entre 50 et 200 captures) mais moins répandus (entre le tiers et près de la moitié des cavités). Parmi les autres espèces, le murin de Brandt *Myotis brandtii*, le murin d'Alcathoe *Myotis alcathoe*, la sérotine boréale *Eptesicus nilssonii* et la barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus* sont très peu abondants (3 à 10 captures) et ont été capturés dans très peu de sites (3 à 6 cavités différentes). Le petit rhinolophe *Rhinolophus hipposideros* n'a été observé qu'au sein du site des mines de Vallorbe. De même, le très rare minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii* et la sérotine commune *Eptesicus serotinus* ont été capturés uniquement au sein d'un site de basse altitude (mines de Baulmes caractérisé par de larges couloirs horizontaux). Malgré sa présence certaine dans les abords extérieurs de plusieurs cavités (preuve apportée par la détection de leurs ultrasons, A. Maeder & P. Patthey, données non publiées), la pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* ne semble utiliser que très rarement les cavités étudiées.





Figure 2.—L'oreillard brun est l'espèce la plus fréquente dans les cavités souterraines jurassiennes © Patrick Patthey.



Figure 3.—Le grand Murin © Patrick Patthey.

Même si le but de cette étude n'est pas de réaliser un atlas de répartition des chiroptères du Jura vaudois, elle a tout de même permis de prouver, à deux nouvelles occasions, la présence du murin d'Alcathoe dans le Jura suisse, espèce nouvellement décrite et distinguée de son espèce jumelle, le murin à moustaches. L'identification a été réalisée sur la base de critères morphologiques au gouffre de Longirod et au terrier de la Foirausaz, alors que des critères génétiques avaient été utilisés au gouffre Cathy (RUEDI *et al.* 2002). L'oreillard montagnard *Plecotus macrobullaris*, espèce nouvellement décrite et jumelle de l'oreillard brun, et l'oreillard gris *Plecotus austriacus* n'ont pas été observés malgré la capture de plus de 500 chauves-souris appartenant au genre *Plecotus*. Par ailleurs, toutes les captures de murin de Brandt ont permis d'identifier de nouveaux sites occupés par cette espèce dans le canton de Vaud. En résumé, 14 espèces de chauves-souris ont été capturées dans les cavités souterraines du Jura vaudois, soit près de 50% des 30 espèces présentes en Suisse. Parmi elles, 9 sont des espèces menacées, soit 65% des espèces inscrites sur liste rouge en Suisse (BOHNENSTENGEL *et al.* 2014) (tableau 2).

Tableau 2.—Détermination du degré de rareté de 11 espèces de chiroptères selon leur distribution et leur abondance dans les cavités du Jura vaudois. Évaluation établie sur la base d'une session de captures réalisées à l'entrée de 72 cavités souterraines durant les automnes 2002 à 2010. Les espèces sont classées selon le nombre total de captures décroissant, sauf les trois espèces pour lesquelles la méthode n'est pas adéquate.  
\* Le nombre d'individus capturés est plus de 2 fois supérieur à la moyenne des captures de l'espèce au sein des sites où l'espèce a été capturée.

Nom vernaculaire	Nom latin	Nombre total de captures (toutes cavités cumulées)	Nombre de cavités utilisées par l'espèce	Pourcentage de cavités où l'espèce à été capturée par rapport au nombre total de cavités avec au moins une capture de chauve-souris (RGS)	Abondance moyenne (AMS) dans les cavités où l'espèce était présente (min-max)	Nombre de cavités avec un effectif relativement important de l'espèce*	Statut selon la Liste Rouge mondiale des espèces menacées (www.iucn.org le 23.06.2010)	Statut selon la Liste Rouge Suisse des chauve-souris BOHNENSTENGEL <i>et al</i> 2014)	Degré de rareté dans les cavités du Jura vaudois selon le présent travail
Oreillard brun	<i>Plecotus auritus</i>	517	42	75	1.2.3 (1-164)	4	Préoccupation mineure	Vulnérable	Très commun
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	155	34	61	4.6 (1-16)	4	Préoccupation mineure	Potentiellement menacés	Commun
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	116	26	46	4.5 (1-20)	4	Préoccupation mineure	Non menacés	Peu commun
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	115	24	43	4.8 (1-22)	4	Préoccupation mineure	Potentiellement menacés	Peu commun
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteini</i>	90	27	48	3.3 (1-12)	5	Quasi menacé	Vulnérable	Peu commun
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	54	24	43	2.3 (1-8)	3	Préoccupation mineure	Vulnérable	Peu commun
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	10	6	11	1.7 (1-4)	1	Quasi menacée	<u>En danger</u>	Rare

Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	7	6	11	1.2 (1-2)	0	Préoccupation mineure	Vulnérable	Rare
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	4	4	7	1.0 (1-1)	0	Données insuffisantes	Données insuffisantes	Très rare
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	2	2	4	1.0 (1-1)	0	Préoccupation mineure	En danger	Très rare
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	1	1	2	1.0 (1-1)	0	Quasi menacé	En danger	Très rare
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5	3	5	1.7 (1-3)	0	Préoccupation mineure	Non menacé	Méthode non adéquate
Sérotine boréale	<i>Eptesicus nilssonii</i>	3	3	5	1.7 (1-2)	0	Préoccupation mineure	Vulnérable	Méthode non adéquate
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	1	1	2	1.0 (1-1)	0	Préoccupation mineure	Vulnérable	Méthode non adéquate
TOTAL	14 espèces	1084	56						



Malgré leur proximité, les cavités voisines contrôlées simultanément ont présenté parfois des peuplements chiroptérologiques (effectif et diversité spécifique) très différents (figures 4 et 5). L'abondance des chauves-souris capturées augmente significativement en fonction de la profondeur (test de Pearson sur les variables log-transformées;  $r = 0.61$ ,  $p < 0.001$ ), du développement ( $r = 0.69$ ,  $p < 0.001$ ) et de l'altitude des cavités ( $r = 0.31$ ,  $p < 0.01$ ). Parmi les 56 cavités ayant fait l'objet d'au moins une capture, seules 12 sont fréquentées par 6 à 7 espèces différentes de chauve-souris, alors que 32 ont été visitées par 2 à 5 espèces et enfin 12 par une seule espèce (données non présentées). La richesse spécifique est linéairement corrélée à l'abondance (régression linéaire des variables racine carrée-transformées;  $R^2$  ajusté = 0.91,  $p < 0.001$ ).

Sur la base du nombre élevé de captures réalisées, du sexe-ratio et de l'observation d'un ballet aérien de dizaines de chauves-souris, 11 sites de rassemblement automnal importants ont pu être identifiés (figure 6, tableau 3). Les valeurs d'altitude [moyenne: 1414 mètres (min-max: 1340–1500)], de dénivellation [215 (32–397)] ainsi que de développement [928 (217–2268)] des cavités où le rassemblement automnal a lieu sont plus élevées par rapport aux cavités sans rassemblement automnal (Tests de Welch sur les variables log-transformées,  $t = -5.7$ ,  $p < 0.001$ ;  $t = -6.61$ ,  $p < 0.001$ ;  $t = -5.6$ ,  $p < 0.001$ ).

Six autres cavités sont d'importance majeure car elles abritent des espèces rares et menacées (petit rhinolophe, minioptère de Schreibers ou barbastelle d'Europe, tableau 3 et figures 5 et 6). Ces cavités sont situées à plus faible altitude [moyenne: 816 mètres (min-max: 590 – 955)] et sont moins profondes [2(-35–53 m)] que l'ensemble des autres cavités prospectées (Test de Welch sur les variables log-transformées,  $t = -5.0$ ,  $p < 0.01$ ;  $t = -2.6$ ,

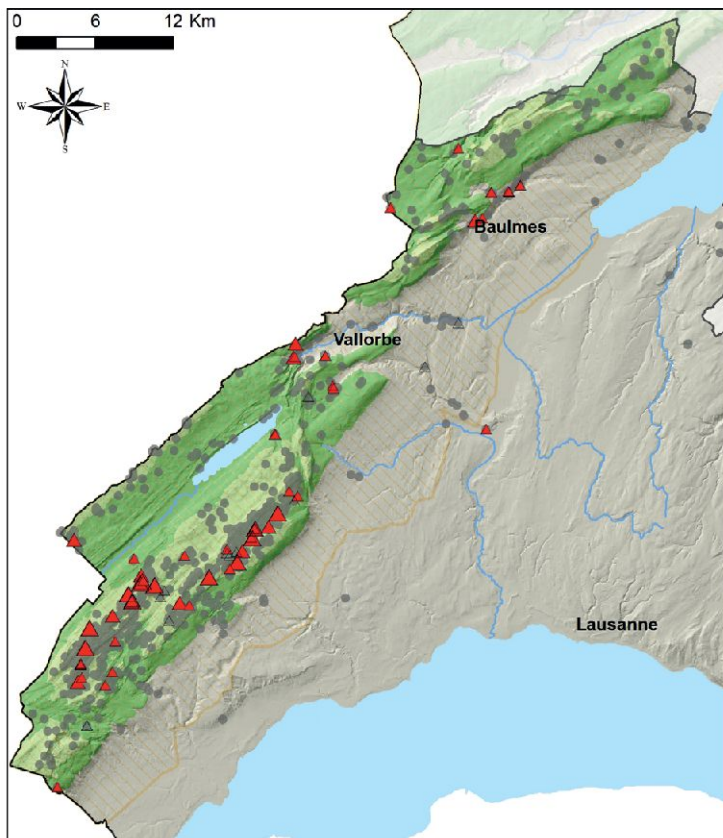


Figure 4.—Nombre de chauves-souris (note d'abondance) capturées dans 72 cavités souterraines du Jura vaudois pendant la période du rassemblement automnal de 2002 à 2010. Grands triangles: plus de 25 captures (note 1); triangles moyens: de 10 à 25 captures (note 2); petits triangles: de 1 à 9 captures (note 3); triangles vides: absence de capture (note 4). Voir aussi la figure 1 et le tableau 3.

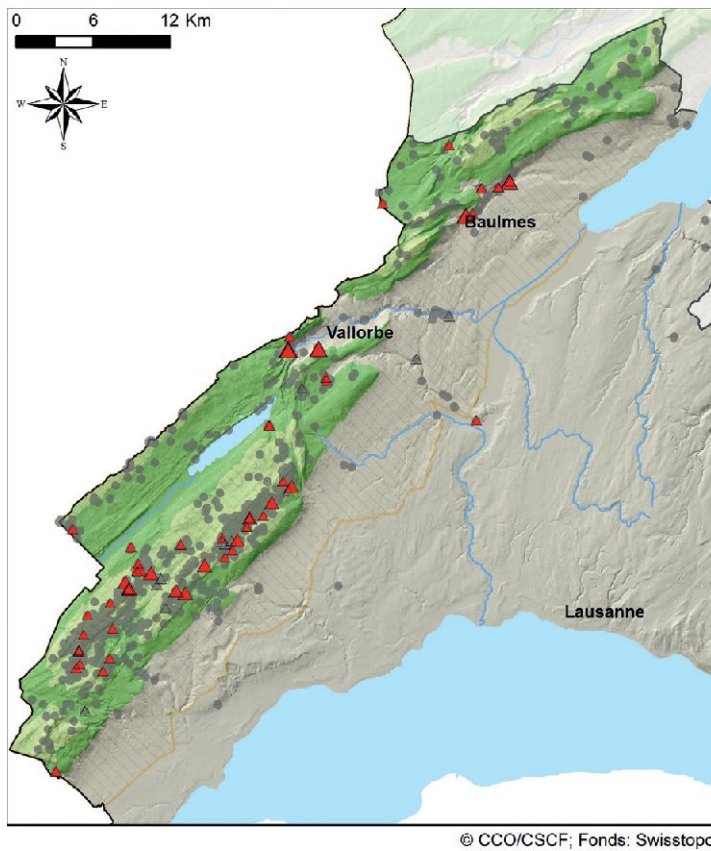


Figure 5.—Richesse en espèces rares et menacées (note de qualité) dans 72 cavités souterraines du Jura vaudois pendant la période du rassemblement automnal de 2002 à 2010. Grands triangles: au moins 1 espèce rare ou en danger d'extinction (note 1); triangles moyens: au moins 2 espèces rares ou potentiellement menacées (note 2); petits triangles: au moins une chauve-souris capturée (note 3); triangles vides: absence de capture (note 4). Voir aussi la figure 1 et le tableau 3.

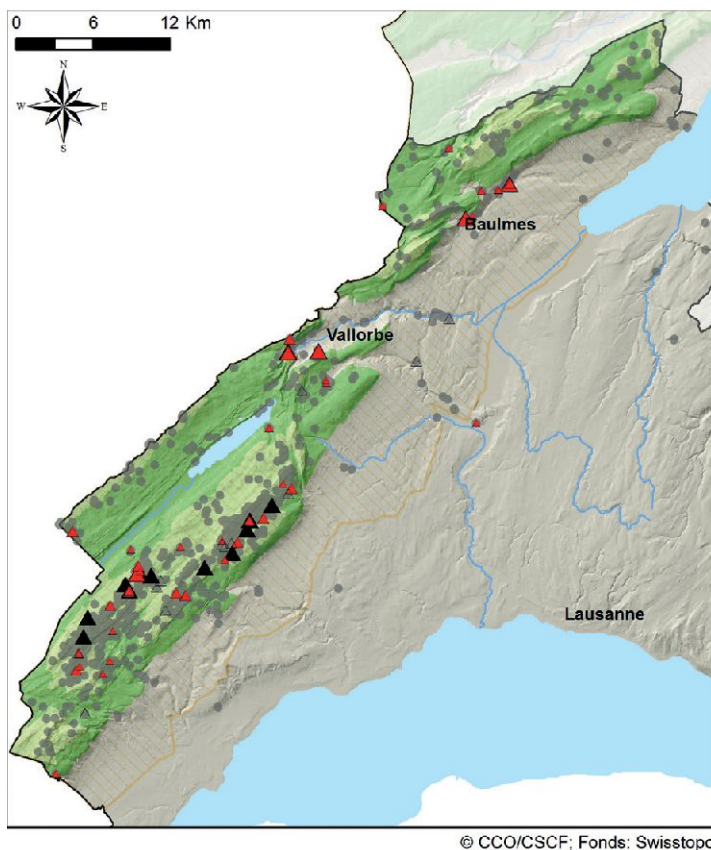


Figure 6.—Importance patrimoniale chiroptérologique de 72 cavités souterraines du Jura vaudois. Triangles noirs (rassemblement automnal) et grands triangles rouges: cavité d'importance majeure (note globale I); triangles rouges moyens: cavité d'importance élevée (note globale II); petits triangles rouges: cavité d'importance moyenne (note globale III); triangles vides (pas de capture): cavité d'importance mineure (note globale IV). Voir aussi la figure 1 et le tableau 3.



Tableau 3.–Détermination de l'importance patrimoniale de 72 cavités souterraines du Jura vaudois sur la base des captures réalisées pendant la période du rassemblement automnal entre 2002 et 2010. La note d'abondance varie de 1 (plus de 25 captures) à 4 (aucune capture). La note de qualité varient de 1 (au moins 1 espèce en danger d'extinction) à 4 (aucune espèce). La note globale d'importance patrimoniale varie de I (importance majeure) à IV (importance mineure). Lire les explications détaillées dans le § Matériel et méthodes.

<sup>1</sup>données de captures transmises par M. Ruedi

<sup>2</sup>données transmises par P. Christe et O. Glaizot (le premier auteur de cette étude était présent lors de la session de captures)

<sup>3</sup>Cavités artificielles

Site nom	Importance patrimoniale			
	Note de Quantité	Note de Qualité	Rassemblement automnal	Note globale
Baume n°6 de la Petite-Chaux	1	2	oui	I
Gouffre des 7 tiques	1	2	oui	I
Gouffre de la Pleine lune	1	2	oui	I
Glacière de Druchaux	1	2	oui	I
Gouffre de la Cascade	1	2	oui	I
Grande Baume du pré d'Aubonne	1	2	oui	I
Gouffre Antoine	1	2	oui	I
Baume Ouest n°1 du Mont-Pelé (Cathy) <sup>1</sup>	1	3	oui	I
Baume Des Loges	1	3	oui	I
Terrier Foirausaz	1	3	oui	I
Gouffre du Petit Pré	1	3	oui	I
Baume à la Rose	1	3		I
Mines supérieures de Baulmes <sup>2, 3</sup>	2	1		I
Grande Grotte aux Fées	2	1		I
Petite Grotte aux Fées	3	1		I
Mine n°2 des Grands-Crêts (Vallorbe) <sup>3</sup>	3	1		I
Grand Fontannet de la Mothe	3	1		I
Mine n°3 des Grands-Crêts (Vallorbe) <sup>3</sup>	3	1		I
Gouffre de Longirod	2	2		II
Gouffre du Pré de St-Livre	2	2		II
Baume des 2 Erables	2	2		II
Baume n°5 de la Petite-Chaux	2	3		II
Baume n°2 Creux-d'Enfer	2	3		II
Gouffre du lapiaz de la Combe Trébille	2	3		II
Pré de Ballens	2	3		II
Combe à barathoux	2	3		II



Gouffre grelon fumant	2	3	II
Grotte du chemin de la Source	2	3	II
Gouffre à la Masse	2	3	II
Baume du Rochasson	3	2	II
Gouffre du Narcoleptique	3	2	II
<hr/>			
Gouffre 18	3	3	III
Grotte de la Grande-Poule	3	3	III
Baume de l'Arche Perdue	3	3	III
Gouffre à pilule	3	3	III
Gouffre de la Commune	3	3	III
Lésine des Lorettes	3	3	III
Gouffre du Gripon	3	3	III
Grotte à Jules = Grotte du Pontet n°2	3	3	III
Grotte de la Pernon	3	3	III
Grotte du Pontet n°1	3	3	III
Grande Rolaz	3	3	III
Grotte de la Pible à Gaudin	3	3	III
Grotte à chenuz	3	3	III
Grotte du Gros Fort	3	3	III
Gouffre de l'Elan	3	3	III
Baume n°2 de la clairière de la trébille	3	3	III
Grotte des Lacs	3	3	III
Creux Noir	3	3	III
Grande Chaudière d'Enfer	3	3	III
Grotte du Biblanc	3	3	III
Grotte du Bois de la Sauge	3	3	III
Grotte du Casque	3	3	III
Baume des Rapilles n°2	3	3	III
Grotte du Mormont	3	3	III
Petite Chaudière d'Enfer	3	3	III
<hr/>			
Grotte des 3 chalets	4	4	IV
Baume n°9 Creux-d'Enfer	4	4	IV
Baume Ouest du Petit Pré	4	4	IV
Trou Duc	4	4	IV
Grotte du Bois du Corps de Garde	4	4	IV
Méandre du Retour	4	4	IV

Grotte à Mahomet	4	4	IV
Grotte d'Agiez <sup>3</sup>	4	4	IV
Cave aux Fées	4	4	IV
Cave à Blanchard	4	4	IV
Grotte des 3 chalets	4	4	IV
Baume Double	4	4	IV
Baume n° 2 de la Ligne	4	4	IV
Baume de l'Echelle	4	4	IV
Petit Fontannet de la Mothe	4	4	IV
Grotte-Gfre des Roches-Blanches	4	4	IV

$p < 0.05$ ) alors que leurs développements ne sont pas différents ( $t = -2.4$ ,  $p < 0.06$ ). Ces 6 cavités, quasiment toutes horizontales, sont d'anciennes mines ou des résurgences de rivières souterraines anciennes ou toujours actives. Une 18<sup>ème</sup> cavité (Baume de la Rose) est d'importance majeure (note globale I) de par le nombre important de captures réalisées (tableau 3). Toutefois, aucun grand rassemblement automnal n'a été observé sur ce site.

En résumé, l'analyse des 72 sites prospectés a permis d'identifier: 18 cavités importance majeure (note globale I), 11 cavités d'importance élevée (note globale II), 27 cavités d'importance moyenne (note globale III) et 16 cavités d'importance mineure (note globale IV) au sein du Jura vaudois (tableau 3, figure 6).

## DISCUSSION

La présente étude de terrain a permis d'identifier, dans le Haut-Jura vaudois Ouest (> 1000 m d'altitude), un ensemble exceptionnel de cavités souterraines naturelles utilisées par les chauves-souris pour de grands rassemblements automnaux. Ainsi, le Jura suisse est vraisemblablement l'une des plus importantes régions d'Europe – voire la plus importante – pour les rassemblements automnaux de chauves-souris de par la densité élevée de très grandes cavités, le nombre d'espèces présentes et celui d'individus observés (ARTHUR & LEMAIRE 2009, PIKSA 2011). Ce groupe de sites rassemble essentiellement des Oreillardes roux mais aussi, selon les cavités, des murins de Natterer, des murins de Bechstein, des murins de Daubenton ou des murins à moustaches. Certaines espèces de chauves-souris, comme les murins de Natterer, peuvent parcourir plusieurs dizaines de kilomètres entre leur colonie de mise bas et leur site de rassemblement automnal (PARSONS *et al.* 2003, RIVERS *et al.* 2006). Une cavité peut ainsi regrouper des individus provenant de différentes colonies de reproduction et être potentiellement visitée par plusieurs milliers de chauves-souris d'une seule espèce au cours d'une seule saison (ARTHUR & LEMAIRE 2009). Il est donc pertinent d'affirmer que les cavités du Jura vaudois attirent, rassemblent et concentrent des chauves-souris provenant d'un très grand bassin de populations transfrontalières (Suisse: cantons de Vaud, Genève et Neuchâtel; France: départements de l'Ain, du Jura et du Doubs) et que, par conséquent, les mesures de protection de ces sites auront un impact positif sur un vaste

territoire incluant de nombreuses colonies d'espèces différentes. Une relation semble bien exister entre les caractéristiques physiques (développement, dénivelé) des cavités du Jura vaudois et le fait qu'elles soient utilisées par les chauves-souris pour leurs rassemblements automnaux. En effet, les 11 cavités dans lesquelles un grand rassemblement automnal a pu être observé sont les plus volumineuses (figures 8b et 8c), alors que les cavités de moindre dimension n'étaient en général pas ou très peu fréquentées. Cependant, les préférences des chauves-souris pourraient également être déterminées par d'autres critères tels que les caractéristiques de l'entrée et des couloirs de la cavité (les boyaux étroits et/ou coudés et/ou verticaux ne permettant pas le passage d'espèces peu agiles en vol comme les noctules, les sérotines ou les pipistrelles), la qualité de l'habitat environnant (source de nourriture), la fréquence des dérangements anthropiques (feu, lumière, bruit), la présence de neige à l'entrée de la cavité lors de la sortie de l'hibernation, la date de désobstruction de l'entrée (par exemple lors de curage de décharge sauvage) ou encore la densité de prédateurs nocturnes qui pourraient se spécialiser sur les sites de rassemblement automnal. Ces

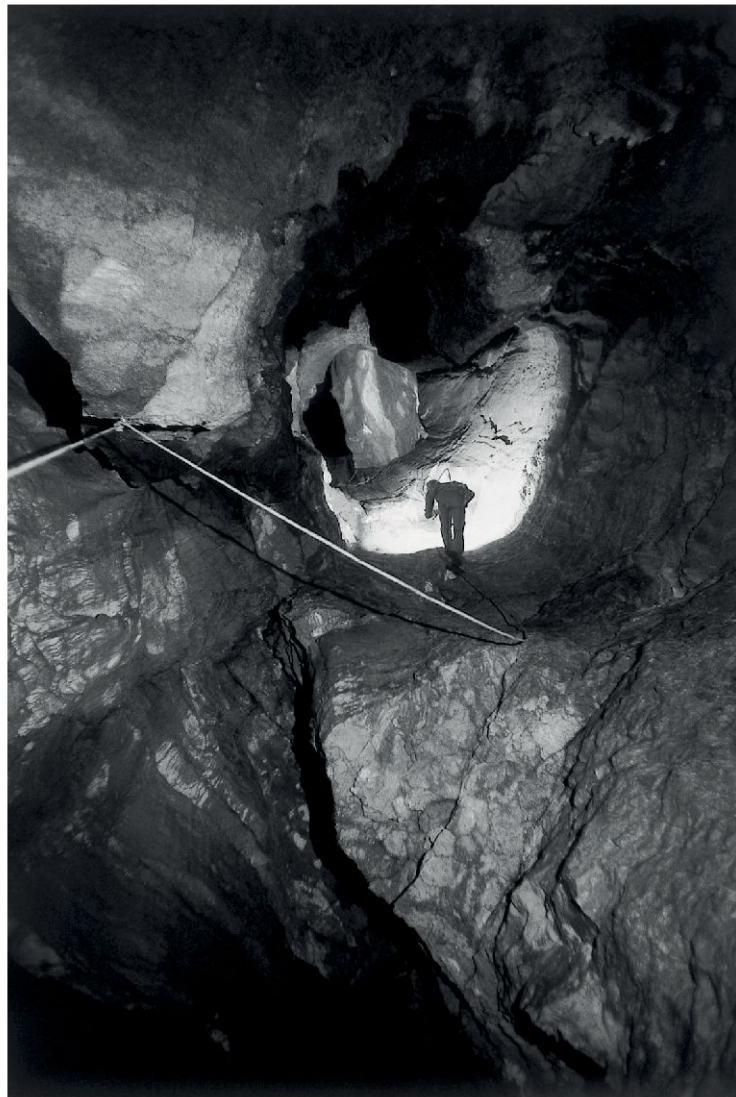


Figure 7.—Intérieur d'un gouffre du Jura vaudois © R. Wenger.



hypothèses doivent encore être testées, toutefois la préférence marquée des chauves-souris pour les cavités longues et profondes semble indiquer que ces dernières seraient également utilisées pour l'hibernation. Des observations hivernales d'essaims de chauves-souris à grande profondeur vont dans ce sens (AUDÉTAT & HEISS 2002, DERIAZ 2007). En outre, ces grandes cavités offrent une grande diversité de possibilités d'hibernation permettant de répondre aux exigences diverses et variées d'un grand nombre d'espèces (figures 7 et 8). L'entrée des cavités utilisées pour le rassemblement automnal, mais aussi celle des grandes cavités en général, est dégagée au moins dès la fin mars (enquête auprès des spéléologues, données non publiées). Néanmoins, il est, ou sera, très difficile de prouver ou infirmer que les sites de rassemblement automnal sont également des sites d'hibernation (GLOVER & ALTRINGHAM 2008). Dans tous les cas, et malgré les tendances observées, les critères déterminant le choix de telle ou telle cavité par les chauves-souris doivent être étudiés plus finement.

Ce travail a également permis d'identifier six cavités du Jura vaudois qui abritent des espèces parmi les plus menacées de Suisse. Ces sites sont tous localisés dans la région de Vallorbe-Baulmes, au pied du Jura, et à moins de 1000 mètres d'altitude. Ces cavités sont pour une moitié d'entre elles des mines désaffectées (figure 8d) et pour l'autre des résurgences de rivières souterraines (figure 8b). Elles sont toutes constituées d'un ou plusieurs couloirs plus ou moins horizontaux dans lequel un homme peut se tenir la plupart du temps debout. Cette morphologie de cavité est quasiment absente des autres secteurs jurassiens (une seule autre grotte connue). Il est donc difficile de déterminer si les chauves-souris les choisissent en fonction de leur écomorphologie particulière (humidité, température, structure de la roche, etc.), de leur accès facile pour des espèces ne pratiquant pas le vol lent, de leur altitude ou simplement en fonction de la région géographique.

Le degré de rareté en cavité des espèces capturées a été réévalué lors du processus d'identification des cavités d'importance majeure. Après avoir subi une chute drastique de ses effectifs au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle à l'échelle européenne (ARTHUR & LEMAIRE 2009), le petit rhinolophe était considéré comme éteint dans le canton de Vaud (CHAPUISAT & RUEDI 1993, NEET & NACEUR 2000). La capture d'une femelle de cette espèce dans la région de Vallorbe est par conséquent une découverte extrêmement réjouissante, d'autant plus que l'espèce a ensuite été observée à plusieurs reprises sur le même site. Selon ROUÉ & BARATAUD (1999) l'observation d'individus présuppose une colonie de reproduction dans un rayon de 12 kilomètres autour du site de capture. Dans notre cas, il s'agirait soit du canton de Vaud (Suisse), soit du département du Jura (France voisine). Concernant la barbastelle d'Europe, une espèce très menacée à l'échelle européenne, les sites cavernicoles vaudois visités par cette espèce sont toujours peu nombreux et tous localisés dans la région de Vallorbe-Baulmes. Nous n'avons pas capturé cette espèce au sein des deux autres cavités occupées au milieu du siècle dernier dans le sud du Jura vaudois (AELLEN & STRINATI 1962). Ainsi, la présente étude confirme que la barbastelle d'Europe est une espèce rare dans les cavités souterraines du canton de Vaud. Quant au murin de Bechstein et au murin de Natterer, qui étaient considérés comme rares (CHAPUISAT & RUEDI 1993, NEET & NACEUR 2000), ils semblent peu communs dans les cavités du Jura vaudois tout comme le grand murin et le murin à moustaches. Malgré les éventuelles erreurs de détermination, la rareté en milieu cavernicole du murin de Brandt et du murin d'Alcathoe semble être confirmée par cette étude même si ces deux espèces sont largement distribuées (sites éloignés) au sein

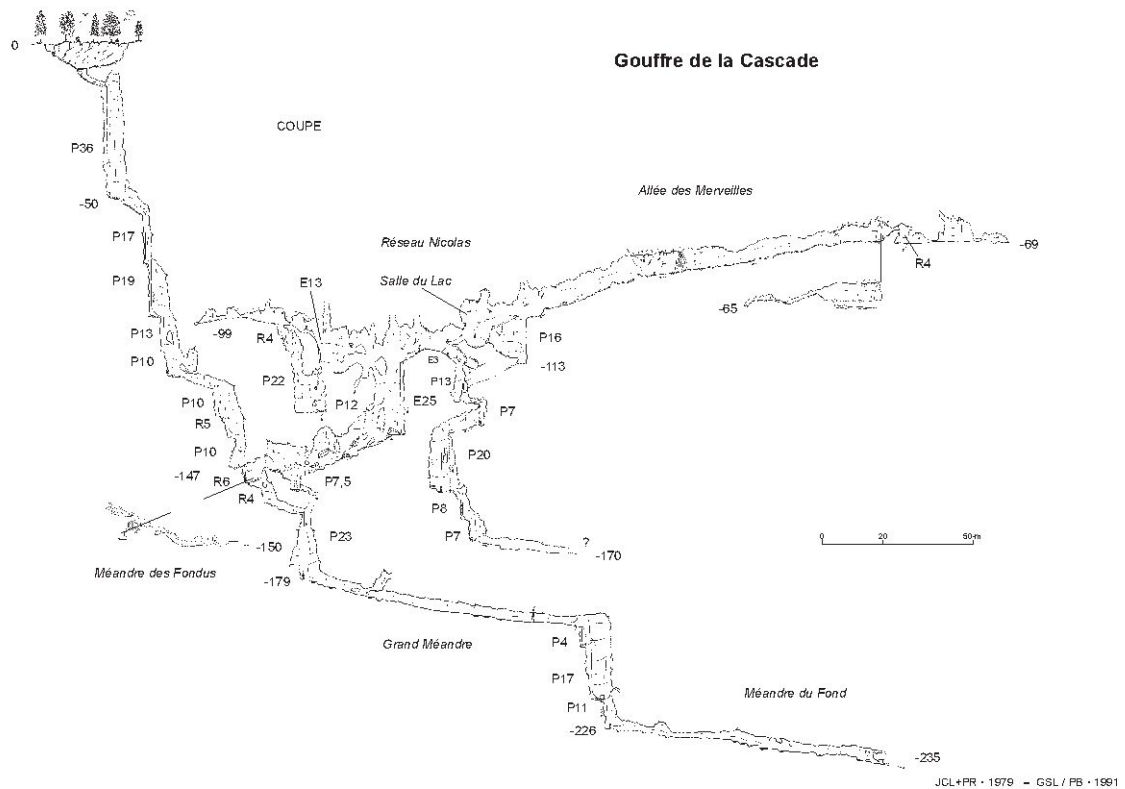


Figure 8a.—Exemple d'un grand gouffre d'importance patrimoniale majeure dans lequel un important rassemblement automnal de chauves-souris a été observé (Le gouffre de la Cascade) © Audéat et Heiss 2002.

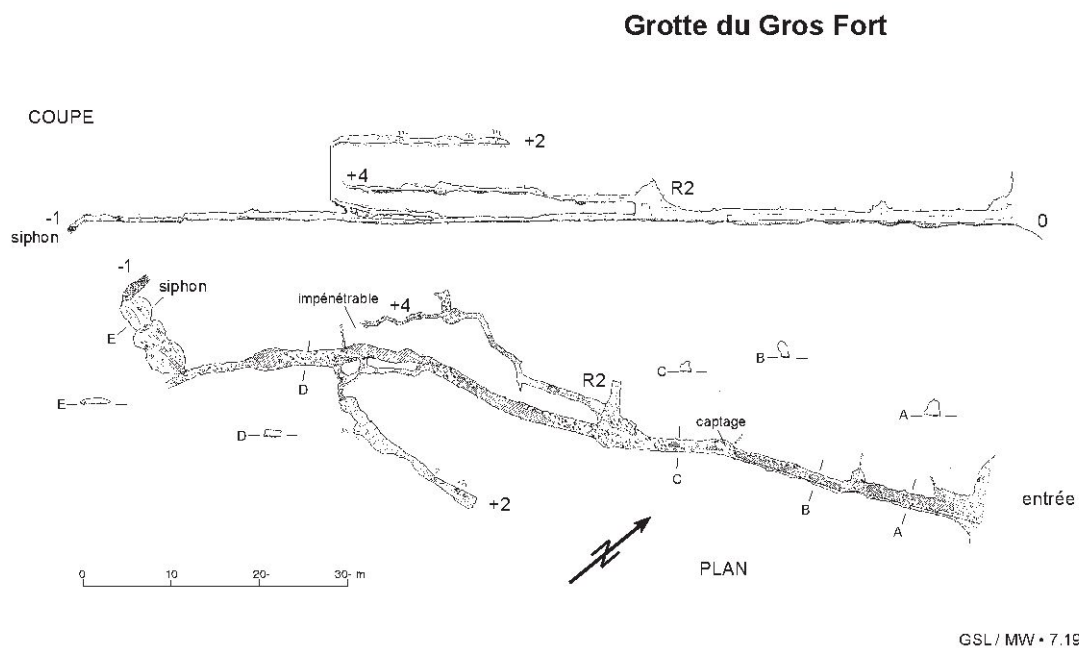


Figure 8b.—Exemple d'une résurgence naturelle de basse altitude d'importance patrimoniale moyenne (La grotte du Gros fort) © Audéat et Heiss 2002.



de la zone inventoriée. La présence de l'oreillard montagnard *Plecotus macrobullaris* et de l'oreillard gris *Plecotus austriacus*, espèces jumelles de l'oreillard brun, n'a pas pu être démontrée malgré une recherche ciblée (mesures de nombreux paramètres morphologiques). Ces résultats sont en accord avec les travaux d'ASHRAFI (2010) qui prédisent, d'une part, une ségrégation spatiale de ces espèces et, d'autre part, que l'oreillard montagnard et l'oreillard gris ne seraient pas présents dans le Jura vaudois, du moins pendant la période du rassemblement automnal. Bien que les pipistrelles *Pipistrellus spp* soient les espèces les plus abondantes en termes de nombre d'individus dans le canton de Vaud (base de données CCO-VD, 2010) et malgré leur présence prouvée par enregistrement d'ultrasons aux abords des cavités souterraines (données non publiées), elles semblent préférer les basses altitudes et la proximité des habitations (HAUSSER 1995). Les seules preuves d'utilisation durable de cavité par cette espèce concernent les mines de Baulmes (P. Christe et O. Glaizot, com. pers.) et une cavité neuchâteloise (J.-D. Blant, com. pers.) où elles se rassemblent en automne et en hiver.

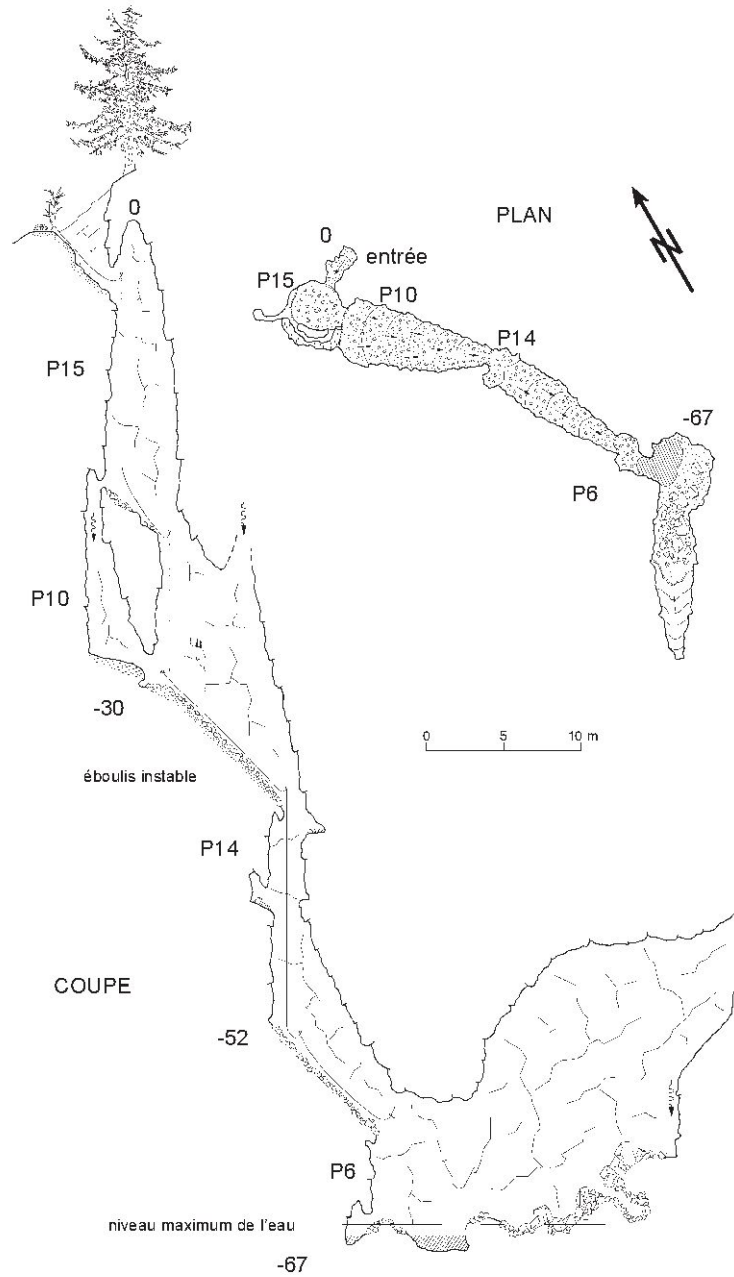
La méthode utilisée (5 heures de capture après la tombée de la nuit; période du rassemblement automnal; conditions météorologiques favorables) est très efficace pour obtenir une liste d'espèces et un indice relatif d'abondance, tous deux représentatifs de la qualité et de la valeur d'un site. Ceci s'avère très utile dans l'optique d'une comparaison intersites, mais il est évident qu'une seule soirée de capture ne permet en aucun cas de détecter l'ensemble des espèces de chauves-souris visitant la cavité au cours d'une saison. En augmentant l'effort de capture (plusieurs sessions de capture au cours de plusieurs années successives), la probabilité de capture des espèces rares, ou de celles fréquentant rarement les cavités souterraines, augmentera également (PIKSA 2011). Cependant, malgré plusieurs dizaines de nuits de captures réalisées en dehors du cadre du présent travail, et ce pendant plusieurs années au gouffre de la Pleine-Lune (base de données du CCO-Vaud, P. Ecoffey, M. Ruedi et C. Schönbächler, com. pers.), seuls quelques individus (< 3 par espèce) de petit murin *Myotis blythii*, de murin à oreilles échancrées *Myotis emarginatus*, de sérotine boréale *Eptesicus nilssonii* et de Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* ont été capturés. Dans tous les cas, il faut préciser que l'ajout de ces espèces à la liste du présent travail ne modifierait pas l'évaluation de l'importance patrimoniale de ce site, laquelle est déjà maximale. D'autre part, l'absence de capture dans certaines cavités prospectées ne prouve aucunement que celles-ci ne soient jamais utilisées par les chauves-souris. Cependant, ces cavités sont certainement d'une importance mineure pour les chauves-souris.

#### *Implications pour la conservation des sites et des espèces*

L'identification des cavités d'importance chiroptérologique majeure représente la première étape d'un processus de conservation des populations de chauves-souris en Suisse comme dans d'autres régions karstiques du monde (MITCHELL-JONES *et al.* 2007). La hiérarchisation des cavités souterraines du Jura vaudois, selon la méthode proposée ici, a permis de déterminer 18 sites hautement prioritaires qu'il faut impérativement protéger contre toute atteinte. Les principales menaces qui pèsent sur ces cavités souterraines sont l'obstruction totale de l'entrée (porte, plaque métallique, arbres et branchages, décharge sauvage) ou les dérangements directs par l'homme (feu, éclairage, bruit, désobstruction à l'explosif) en période sensible (hibernation, rassemblement automnal). Même s'ils sont de plus en plus



### Gouffre du Pré de Saint-Livres



GSL / JD • 1982

Figure 8c.—Exemple d'un petit gouffre d'importance patrimoniale élevée mais dans lequel le rassemblement automnal de chauves-souris n'a pas été observé (Le gouffre du Pré de St-Livres)  
© AUDÉTAT & HEISS 2002.

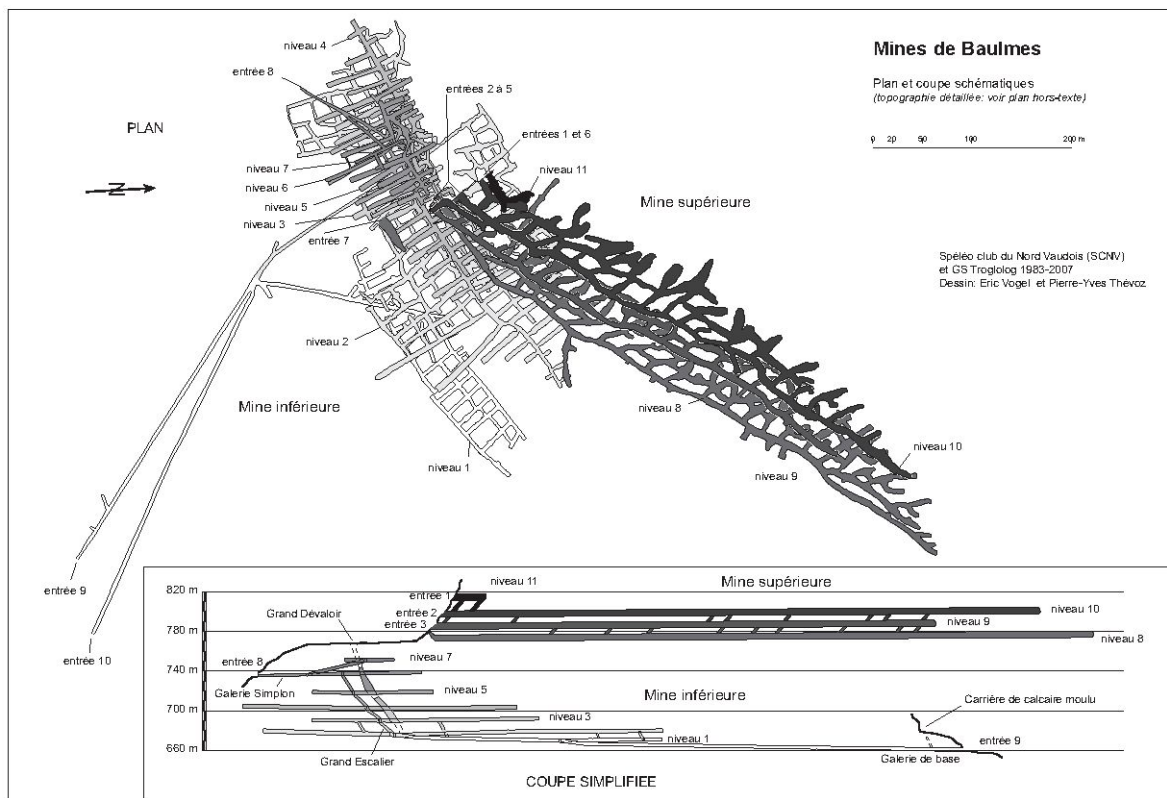


Figure 8d.—Exemple d’une grande mine d’importance patrimoniale majeure (Les mines de Baulmes)  
© Audétat et Heiss 2002.

rare, ces facteurs peuvent avoir un effet drastique sur les populations de chauves-souris utilisant les cavités souterraines. Les éoliennes, dont les projets de parcs se développent un peu partout en Suisse, constituent également une menace potentiellement importante, notamment dans l’Arc jurassien. Il est en effet prouvé que les pales d’éoliennes tuent les chauves-souris par collision, en particulier les espèces qui volent assez haut en altitude (RODRIGUES *et al.* 2008). Il est donc très fortement déconseillé d’installer les éoliennes sur les voies de transit utilisées par les chauves-souris entre leurs sites de repos diurnes (situés jusqu’en plaine pour certaines espèces) et les cavités d’importance patrimoniale majeure, comme celles désormais clairement identifiées par la présente étude. Aussi, ces dernières devront faire l’objet d’au minimum un contrôle annuel pour s’assurer de leur fonctionnalité.

Dans les perspectives futures, tous les sites potentiellement hautement favorables aux chauves-souris devront être contrôlés selon la méthodologie proposée dans ce travail. Par exemple, parmi les cavités listées dans les inventaires spéléologiques mais non prospectées lors de ce travail, certaines ont des caractéristiques physiques suffisantes (développement, dénivelé, taille de l’entrée) pour supposer qu’elles sont de grands sites de rassemblement automnal (grotte des Illanches, baume n°2 du crêt des danses, gouffre n°2 des Croix-rouges). Suivant le principe de précaution, il serait même préconisé de les protéger de manière préventive, même si aucun contrôle scientifique n’a encore été réalisé. Cette recherche d’autres cavités prioritaires devra s’étendre aux cantons limitrophes et à la France voisine afin de couvrir la plus grande surface possible de l’arc jurassien. Dans un second temps, la mise en place d’un monitoring des chauves-souris visitant ces cavités devrait permettre de

suivre l'évolution des effectifs d'un très «grand bassin versant» et ainsi être une excellente mesure globale d'évolution. En effet, les cavités peuvent rassembler des individus de nombreuses colonies situés à plusieurs dizaines de kilomètres et sont des milieux stables sur le long terme. Les variations d'effectifs observées sur les sites devraient ainsi refléter uniquement les variations de la qualité de l'environnement (habitats de chasse, gîtes de mises bas, abondance des proies, conditions climatiques, prédateurs, etc.) agissant sur une autre phase du cycle vital des chauves-souris (reproduction, migration, hibernation, etc.) que celle du rassemblement automnal. En cas de chute importante des effectifs en cavité, le signal d'alerte pourrait être donné rapidement afin d'encourager la recherche active des causes de disparition à une échelle plus globale.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions G. Evanno, C. Le Bayon, E. Rey et G. Yannic qui ont participé de façon active aux soirées de capture; M. Ruedi (gouffre Cathy), P. Christe et O. Glazot (carrières de Baulmes) qui nous ont très gracieusement transmis leurs données correspondant à une session de capture; tous les participants occasionnels aux sessions de captures qu'il serait trop long de citer ici; P. Deriaz et C. Imfeld qui ont transmis les données informatisées des gouffres et participé aux captures dans le Nord vaudois; R. Wenger pour la photographie de l'intérieur d'un gouffre; M. Ruedi et C. Schönbächler pour les discussions enrichissantes sur le thème du rassemblement automnal; P. Christe, T. Bohnenstengel, J. Pellet, Claire Le Bayon et J.-D. Blant pour leurs relectures critiques du manuscrit; le Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO-Vaud) et le Centre de Conservation de la Faune pour les moyens financiers mis à disposition et les autorisations de captures; le CSCF pour la création des cartes; le Département d'écologie et évolution de l'Université de Lausanne pour son soutien logistique; enfin, la fondation Ellis Elliot pour son soutien financier.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANGELL R.L., BUTLIN R.K. & ALTRINGHAM J.D., 2013. Sexual segregation and flexible mating patterns in temperate bats. *PLoS ONE* 8(1): e54194.
- AELLEN V. & STRINATI P., 1962. Nouveaux matériaux pour une faune cavernicole de la Suisse. *Rev. Suisse de Zool.* 69: 3-66.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2009. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope & Muséum d'histoire naturelle, Mèze & Paris. 544 p.
- ASHRAFI S., 2010. Resource partitioning in three cryptic, sympatric bat species (*Plecotus spp.*) with contrasting conservation status. Bern University, Bern.
- AUDÉTAT M. & HEISS G., 2002. Inventaire spéléologique de la Suisse – Tome IV – Jura vaudois partie ouest. Commission de Spéléologie de l'Académie suisse des sciences naturelles, La Chaux-de-Fonds. 535 p.
- BLANT M., 2001. Le Jura. Delachaux et Niestlé. 351 p.
- BOHNENSTENGEL, T., KRÄTTLI, H., OBRIST, M.K., BONTADINA F., JABERG C., RUEDI M. & MOESCHLER, P., 2014: Liste rouge des chauves-souris de Suisse, état 2011. Office fédéral de l'environnement, Berne, CSCF, Neuchâtel, Centre de Coordination Est et Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, Genève et Zurich, et WSL, Birmensdorf.
- BOVEY R., 1954. Observations sur les chiroptères du canton de Vaud et des régions voisines. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 66: 1-18.
- CHAPUISAT M. & RUEDI M., 1993. Les chauves-souris dans le canton de Vaud: statut et évolution des populations. *Le Rhinolophe* 10: 1-37.
- DERIAZ P., 2007. Inventaire spéléologique de la Suisse – Tome V – Jura vaudois partie Nord. Commission de Spéléologie de l'Académie suisse des sciences naturelles, La Chaux-de-Fonds. 535 p.



- DIETZ C. & HELVERSEN O., 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. In: <http://www.fledermaus-dietz.de/publications/publications.html>.
- DIETZ C., HELVERSEN O. & NILL D., 2007. Die Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Kosmos Verlag, Stuttgart. 396 p.
- FURMANKIEWICZ J., 2008. Population size, catchment area, and sex-influenced differences in autumn and spring swarming of the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Canadian Journal of Zoology* 86: 207-216.
- FURMANKIEWICZ J. & ALTRINGHAM J., 2007. Genetic structure in a swarming brown long-eared bat (*Plecotus auritus*) population: evidence for mating at swarming sites. *Conservation Genetics* 8: 913-923.
- GLOVER A. M. & ALTRINGHAM J., 2008. Cave selection and use by swarming bat species. *Biological conservation* 141: 1493-1504.
- HAUSSER J. 1995. Mammifères de la Suisse. Birkhäuser Verlag, Bâle. 501 p.
- KERTH G., KIEFER A., TRAPPMANN C. & WEISHAAR M., 2003. High gene diversity at swarming sites suggest hot spots for gene flow in the endangered Bechstein's bat. *Conservation Genetics* 4: 491-499.
- MAYER F. & HELVERSEN O. v. 2001. Cryptic diversity in European bats. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*. 268: 1825-1832.
- MITCHELL-JONES A. J., BIHARI Z., MASING M. & RODRIGUES L., 2007. Protection et gestion des gîtes souterrains pour les Chiroptères. EUROBATS Publication Series No. 2 (version française). PNUE/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Germany. 38 pp.
- NEET C. & NACEUR N., 2000. Espèces animales menacées d'extinction du canton de Vaud. Service des Forêts, de la Faune et de la Nature Vaud. St-Sulpice. 19 p.
- PARSONS K. N., JONES G., DAVIDSON-WATTS I. & GREENAWAY F., 2003. Swarming of bats at underground sites in Britain-implications for conservation. *Biological conservation* 111: 63-70.
- PIKSA K., BOGDANOWICZ W. & TEREBA A., 2011. Swarming of bats at different elevations in the Carpathian Mountains. *Acta Chiropterologica* 13: 113-122.
- RIVERS N. M., BUTLIN R. K. & ALTRINGHAM J. D., 2006. Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: Population size, catchment area and dispersal. *Biological conservation* 127: 215-226.
- RODRIGUES L., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.-J., GOODWIN J. & HARBUSCH C., 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No.3 (version française). PNUE/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Germany. 55 pp.
- ROUÉ S. Y. & BARATAUD M., 1999. Habitat et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe: synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. *Le Rhinolophe Vol. Spec.* 2: 5-15.
- RUEDI M., CHAPUISAT M., DELACRETAZ P., LEHMANN J., REYMOND A., ZUCHUAT O. & ARLETTAZ R., 1989. Liste commentée des chiroptères capturés en automne dans un gouffre du Jura vaudois (Suisse occidentale). *Le Rhinolophe* 6: 11-16.
- RUEDI M., JOURDE P., GIOSA P., BARATAUD M. & ROUÉ S. Y., 2002. DNA reveals the existence of *Myotis alcathoe* in France (Chiroptera: Vespertilionidae). *Revue Suisse de Zoologie* 109: 643-652.
- TEMPLE H. J. & TERRY A., 2007. The Status and Distribution of European Mammals. Office for Official Publications of the European Communities. 48 p
- VEITH N. B., BEER N., KIEFER A., JOHANNESSEN J. & SEITZ A., 2004. The role of swarming sites for maintaining gene flow in the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Heredity* 93.