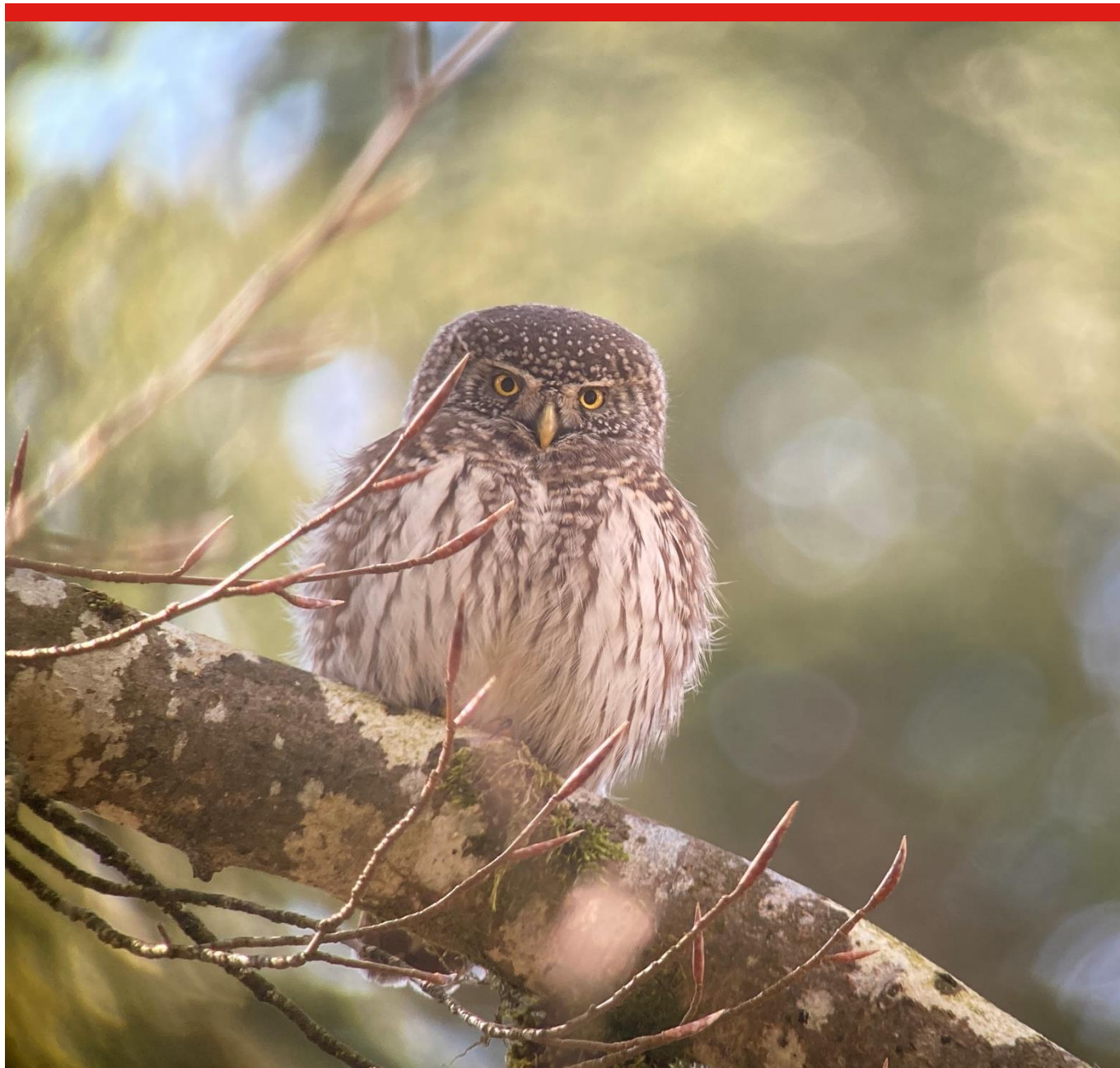




VOGELWARTE.CH

Sabrina Clément, Nicola Haltiner, Pierre Henrioux, Tatiana Kornienko, Ruben Lippuner, Ludovic Longchamp, Yves Ménétreay, Pierre-Alain Ravussin, Thomas Sattler



RAPPORT

Les bases pour un monitoring acoustique de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe

Contenu

Résumé	3
Zusammenfassung	4
Summary	5
1 Introduction	6
1.1 Distribution en Europe et en Suisse	6
1.2 Raisons des changements de population des deux espèces	7
1.3 Considérations sur le calcul de l'indice de population	8
1.4 Les méthodes acoustiques ouvrent de nouvelles possibilités	8
1.5 Objectifs	9
1.5.1 Objectif de l'étude :	9
1.5.2 Objectifs du rapport :	10
2 Matériel et méthode	11
2.1 Zone d'étude et habitat	11
2.2 Collaboration avec trois groupes bénévoles	13
2.3 Influence de la fructification du hêtre et de la météorologie	14
2.4 Méthodes	15
2.4.1 Monitoring des deux espèces de petites chouettes de montagne	15
2.4.2 Acoustique passive	16
2.4.3 Acoustique active	18
3 Résultats	19
3.1 Effort de prospection	19
3.2 Distribution des rapaces nocturnes sur la zone d'étude, entre 2023 et 2024	20
3.3 Bilan de reproduction des petites chouettes de montagne dans le Jura vaudois	23
3.3.1 Chouette de Tengmalm	23
3.3.2 Chevêchette d'Europe	24
3.4 Effort de la surveillance acoustique passive	25
3.5 Nombre de sites avec la repasse	26
4 Synthèse et perspectives	28
4.1 Cycles et tendance de population à long terme pour la Chouette de Tengmalm	28
4.2 Comparaison des différentes méthodes de suivi	29
5 Prochaines étapes et perspectives	30
6 Applications pour la conservation des espèces	31
7 Remerciements	31
8 Bibliographie	33
Annexes	36

IMPRESSUM

Les bases pour un monitoring acoustique de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe

Auteurs, autrices

Sabrina Clément
Nicola Haltiner
Pierre Henrioux
Tatiana Kornienko
Ruben Lippuner
Ludovic Longchamp
Yves Ménétrety
Pierre-Alain Ravussin
Thomas Sattler

Collaboration

Nicolas Strebel
Bertrand Posse
Lea Hohmann

Image, page de titre

Chevêchette d'Europe © Sabrina Clément

Numéro du projet

521000

Citation suggérée

Clément, S., N. Haltiner, P. Henrioux, T. Kornienko, R. Lippuner, L. Longchamp, Y. Ménétrety, P.-A. Ravussin, & T. Sattler (2026) : *Les bases pour un monitoring acoustique de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe*. Station ornithologique suisse de Sempach.

Contact

Thomas Sattler
Station ornithologique suisse
Seerose 1
6204 Sempach
T +41 41 462 97 25
thomas.sattler@vogelwarte.ch

© 2026, Station ornithologique suisse de Sempach

Ce rapport ne peut être publié, en totalité ou en partie, sans l'accord de la Station ornithologique suisse de Sempach.

Résumé

La Chevêchette d'Europe et la Chouette de Tengmalm sont des habitantes discrètes des forêts de montagne. Pour les recenser, il faut effectuer des contrôles spécifiques entre février et mars. À cette période, leur habitat est généralement difficile d'accès en raison de la neige, et plus encore la nuit. C'est pourquoi on soupçonne depuis longtemps que les données de base utilisées pour calculer l'indice national de population de ces deux espèces sont incomplètes. En Suisse, on trouve depuis longtemps déjà des indices qui laissent supposer un recul de la population de Chouettes de Tengmalm dans le Jura (voir ci-dessous) et une augmentation de celle des Chevêchettes. La Chevêchette a étendu son aire de répartition dans le Jura et s'implante également sur le Plateau. Ces évolutions ne se reflètent toutefois pas dans les indices de population nationaux, qui reposent sur des observations occasionnelles et indiquent une apparente stabilité. C'est pourquoi la Station ornithologique suisse s'est fixée pour objectif d'améliorer la base de données pour ces deux espèces. Cette étude a permis d'élaborer les bases d'une méthode ayant vocation à être appliquée à l'échelle nationale. Nous avons comparé les méthodes de surveillance acoustique passive (PAM) et de repasse avec l'écoute traditionnelle. Dans le cas de la PAM, des enregistreurs acoustiques autonomes enregistrent les cris des oiseaux, en particulier ceux des chouettes. Dans le cas de la repasse, des chants enregistrés au préalable sont diffusés, afin de provoquer une réponse des mâles et ainsi déterminer leur présence. Nous avons également comparé la faisabilité, les coûts et les avantages du PAM et de la repasse. Dans le cas de la repasse, il est particulièrement important de savoir si cette perturbation exerce une influence sur l'activité vocale ou le succès de reproduction. En outre, les contrôles annuels des nichoirs et des cavités creusées par des pics ont été poursuivis afin d'enregistrer le succès de reproduction et de baguer les jeunes. Les travaux ont été réalisés conjointement par des bénévoles et des employés de la Station ornithologique. Le présent rapport donne un aperçu des travaux de terrain effectués, tandis que l'analyse des données acoustiques est toujours en cours. Il s'agit donc d'un rapport intermédiaire, et non d'un rapport final.

La zone étudiée couvre une superficie de 1129 km² et se situe dans le Jura occidental, à parts égales en Suisse (canton de Vaud) et en France (département du Doubs). Sur 681 km² (environ 60 % de la superficie totale) s'étend une forêt mixte caractérisée par des peuplements de hêtres, de sapins et une forte proportion d'épicéas. Grâce au travail bénévole mené depuis des décennies par trois groupes de recherche locaux (GOBE, GTVJ, GERNOV), 270 nichoirs à Chouette de Tengmalm ont été installés sur cette surface et 868 cavités de Pic noir ont été relevées. Au total, 228 cavités creusées principalement par le Pic épeiche et utilisées par la Chevêchette ont également été recensées. Depuis 1985, les bénévoles ont constitué un ensemble unique de données sur l'évolution des effectifs, la biologie de la reproduction et la biologie des populations des deux espèces de chouettes. Les populations nicheuses des deux espèces sont soumises à de fortes fluctuations, dues à une disponibilité alimentaire variable. Ce phénomène est particulièrement prononcé chez la Chouette de Tengmalm, dont la population a fortement diminué entre 1989 et 2024. Dans le cadre du présent travail, toutes ces données ont pu être regroupées pour la première fois dans un projet SIG commun.

Comme le montrent aussi les études à long terme du Jura, les tendances annuelles, tant pour la Chevêchette que pour la et la Chouette de Tengmalm, y sont en corrélation avec l'abondance de leurs proies, les micromammifères qui, elle-même, dépend de la production de faines. On peut donc en conclure que la faible fructification des hêtres à l'automne 2022 a probablement entraîné une diminution du nombre de petits rongeurs, ce qui s'est traduit par une faible présence des deux espèces de chouette et un nombre réduit de couvées au printemps 2023. L'année suivante, le nombre de couples de Chouette de Tengmalm a triplé, passant de 22 en 2023 à 64 en 2024, ce qui est très probablement dû à la fructification abondante des hêtres à l'automne 2023. La population de la Chevêchette est passée de 9 couples en 2023 à 21 en 2024. Au cours de ces deux années, la repasse a été diffusée sur 15 sites où la Chouette de Tengmalm était présente, contre 68 sites témoins sans repasse, où la Chouette de Tengmalm était également présente. Au cours de la même période, la repasse a été diffusée sur sept sites où la Chouette chevêchette était présente, et comparée à 22 sites témoins sans repasse, mais avec présence avérée de chouette.

Les appareils ont enregistré 33 510 heures sur 52 sites en 2023 et 36 145 heures sur 45 sites en 2024. Ces 69 655 heures d'enregistrement au total (qui équivalent à près de huit ans d'écoute continue) seront analysées à l'aide d'un algorithme en cours de développement, afin de déterminer les types de cris (mâles, femelles, cris d'accouplement, cris des jeunes, etc.). Les trois méthodes d'enquête (écoute traditionnelle, PAM, repasse) ont été comparées sur la base de six critères. On peut déjà conclure que le PAM obtient les meilleurs résultats pour quatre d'entre eux (probabilité de détection, fiabilité des données à long terme, effort sur le terrain, risque de perturbation). Seul « l'effort au bureau » est plus important avec le PAM en raison de l'analyse en aval des enregistrements. Pour le calcul de l'indice de population annuel, la surveillance acoustique passive s'avère donc prometteuse pour un suivi à long terme de ces chouettes discrètes.

Zusammenfassung

Der Sperlingskauz und der Raufusskauz sind heimliche Bewohner von Bergwäldern. Um diese zu erfassen, braucht es artspezifische Kontrollgänge zwischen Februar und März. Meist ist ihr Lebensraum in dieser Periode wegen Schnee schwer zugänglich ist, noch mehr bei Nacht. Deshalb wurde schon länger vermutet, dass die Grundlagendaten zur Berechnung des nationalen Populationsindex für diese beiden Arten lückenhaft sind. In der Schweiz gibt schon seit Längerem Hinweise, die auf einen Rückgang der Population des Raufusskauzes im Jura (s.u.) sowie auf einen Anstieg derjenigen des Sperlingskauzes hindeuten. Der Sperlingskauz hat sein Verbreitungsgebiet im Jura ausgedehnt und stösst auch ins Mittelland vor. Diese Entwicklungen spiegeln sich jedoch nicht in den nationalen Populationsindizes wider, die auf Gelegenheitsbeobachtungen beruhen. Für beide Arten scheinen die Populationen in der Schweiz stabil zu sein. Aus diesem Grund hat sich die Schweizerische Vogelwarte zum Ziel gesetzt, die Datenbasis für diese beiden Arten zu verbessern.

In dieser Studie wurden die Grundlagen für eine nationale Anwendung erarbeitet. Wir verglichen die Methoden Passives akustisches Monitorings (PAM) und Playback mit dem traditionellen Verhören. Bei PAM zeichnen autonome akustische Rekorder Vogelstimmen auf, insbesondere die Lautäußerungen der Eulen. Beim Playback werden zuvor aufgezeichnete Gesänge abgespielt, um eine Rufantwort der Männchen zu provozieren und so ihre Anwesenheit festzustellen. Wir verglichen auch die Durchführbarkeit, Aufwand und Nutzen von PAM und Playback. Beim Playback interessiert insbesondere auch, ob ein Einfluss dieser Störung auf die Rufaktivität oder den Bruterfolg gefunden werden kann. Zusätzlich wurden auch die jährlichen Kontrollen der Nistkästen und Spechthöhlen weitergeführt, um den Bruterfolg zu erfassen und die Jungen zu beringen. Die Arbeiten wurden von den Freiwilligen und von Angestellten der Vogelwarte gemeinsam durchgeführt. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die durchgeführten Feldarbeiten, während die Analyse der akustischen Daten noch andauert. Es handelt sich also hiermit um einen Zwischen- und nicht um einen Abschlussbericht.

Das Untersuchungsgebiet umfasst eine Fläche von 1129 km² und liegt im westlichen Jura, zu gleichen Teilen in der Schweiz (Kanton Waadt) und in Frankreich (Departement Doubs). Auf 681 km² (ca. 60 % der Gesamtfläche) erstreckt sich Mischwald, der durch Buchen-Tannen-Bestände und einen hohen Fichtenanteil gekennzeichnet ist. Dank der jahrzehntelangen ehrenamtlichen Arbeit von drei lokalen Forschungsgruppen (GOBE, GTVJ, GERNOV) wurden auf dieser Fläche 270 Nistkästen für den Raufusskauz angebracht und insgesamt 868 Baumhöhlen des Schwarzspechts kartiert, die von derselben Art genutzt werden. Insgesamt wurden auch 228 hauptsächlich vom Buntspecht gefertigte Höhlen erfasst, die vom Sperlingskauz benutzt werden. Seit 1985 haben die Freiwilligen einen einzigartigen Datensatz zu Bestandsentwicklung, Brut- und Populationsbiologie der beiden Eulenarten erarbeitet. Die Brutbestände beider Arten unterliegen starken Schwankungen, die in einer wechselnden Nahrungsverfügbarkeit begründet sind. Dieses Phänomen ist beim Raufusskauz besonders ausgeprägt, dessen Bestand zwischen 1989 und 2024 gesamthaft stark zurückgegangen ist. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten all diese Daten erstmals in einem gemeinsamen GIS-Projekt zusammengeführt werden.

Wie aus Langzeitstudien auch aus dem Jura bekannt ist korrelieren bei beiden Arten die jährlichen Trends mit dem Mäusebestand. Dieser wiederum hängt von der Buchenfruktifikation ab. Daraus lässt sich schließen, dass die schlechte Fruchtbildung der Buchen im Herbst 2022 wahrscheinlich zu einem geringeren Mäusebestand geführt hat, was wiederum ein geringes Vorkommen beider Arten und nur wenige Bruten im Frühjahr 2023 zur Folge hatte. Die Zahl der Raufusskauzpaare verdreifachte sich von 22 im Jahr 2023 auf 64 im Jahr 2024, was höchstwahrscheinlich auf die Buchenmast im Herbst 2023 zurückzuführen ist. Die Population des Sperlingskauzes stieg von 9 Paaren im Jahr 2023 auf 21 im Jahr 2024. In den zwei Jahren wurden an 15 Standorten mit Vorkommen des Raufusskauzes, Playback abgespielt, und es wurden 68 Kontrollstandorte mit Raufusskauzen, an denen jedoch kein Playback abgespielt wurde, erfasst. Im gleichen Zeitraum wurden an sieben Standorten, an denen Sperlingskäuze vorkamen, Playback abgespielt, und gleichzeitig wurden 22 Kontrollstandorte erfasst.

Die Aufnahmegeräten zeichneten 2023 33'510 Stunden an 52 Standorten und 2024 36'145 Stunden an 45 Standorten auf. Diese total 69'655 Aufnahmestunden (fast acht Jahre kontinuierliches Verhören) werden mittels einem sich in Entwicklung befindlichen Algorithmus auf Ruftypen (Männchen, Weibchen, Paarungsrufe, Bettelrufe, etc.) analysiert werden. Die drei Erhebungsmethoden (Traditionelles Verhören, PAM, Playback) wurden bezüglich sechs Kriterien miteinander verglichen. Bereits heute kann geschlossen werden, dass PAM in vier davon am besten abschneidet (Entdeckungswahrscheinlichkeit, langfristige Zuverlässigkeit der Daten, Aufwand im Feld, Störungspotential). Lediglich der 'Aufwand im Büro' ist bei PAM aufgrund der nachgelagerten Analyse der Aufnahmen höher. Zur Berechnung des jährlichen Populationsindex erweist sich das passiv akustische Monitoring somit als vielversprechend, um für ein langfristiges Monitoring dieser heimlichen Eulenarten angewandt zu werden.

Summary

The Eurasian pygmy owl and the Boreal owl are secretive inhabitants of mountain forests. To record their numbers, species-specific surveys must be carried out between February and March. During this period, their habitat is usually difficult to access due to snow, and even more so at night. It has therefore long been suspected that the basic data used to calculate the national population index for these two species is incomplete. In Switzerland, there have been indications pointing to a decline in the Boreal owl population in the Jura mountains (see below) and an increase in the Eurasian pygmy owl population. The Eurasian pygmy owl has expanded its range in the Jura and is also advancing into the Swiss Plateau. However, these developments are not reflected in the national population indices, which are based on occasional observations. The populations of both species appear to be stable in Switzerland. For this reason, the Swiss Ornithological Institute has set itself the goal of improving the baseline data for these two species.

This study laid the basis for a national monitoring. We compared passive acoustic monitoring (PAM) and playback methods with traditional listening. With PAM, autonomous acoustic recorders record bird calls, especially the vocalisations of owls. With playback, previously recorded songs are played to provoke a response from territorial males and thus determine their presence. We also compared the feasibility, effort and benefits of PAM and playback. In playback, it is important to analyse whether this disturbance has any influence on calling activity or breeding success. In addition, the annual checks of nesting boxes and woodpecker cavities were continued to record breeding success and ring the chicks. The work was carried out jointly by volunteers and employees of the Swiss Ornithological Institute. This report provides an overview of the fieldwork carried out, while the analysis of the acoustic data is still ongoing. This is therefore an interim report and not a final report. The study area covers an area of 1129 km² and is located in the western Jura, equally divided between Switzerland (canton of Vaud) and France (department of Doubs). Mixed forest covers 681 km² (approx. 60 % of the total area), characterised by beech and fir stands and a high proportion of spruce. Thanks to decades of voluntary work by three local research groups (GOBE, GTVJ, GERNOV), 270 nesting boxes for the Boreal owl have been installed in this area and a total of 868 Black woodpecker cavities used by the same species have been mapped. A total of 228 cavities, mainly made by great spotted woodpeckers and used by pygmy owls, were also recorded. Since 1985, the volunteers have compiled a unique data set on the population development, breeding and population biology of the two owl species. The breeding populations of both species are subject to strong fluctuations due to changing food availability. This phenomenon is particularly pronounced in the Boreal owl, whose population declined sharply between 1989 and 2024. As part of this study, all this data was brought together for the first time in a joint GIS project.

As it is known from the long-term diet studies, that in Jura mountains for both species Pygmy and Boreal owl, annual trends correlate with the mice abundance, which in their own turn depend on beech seeds, we can conclude that the poor fruiting of beech trees in autumn 2022 probably led to fewer mice, resulting in low occurrence of both species and only few broods in spring 2023. The number of Boreal owl pairs tripled from 22 in 2023 to 64 in 2024, which most probably was caused by beech mast in autumn 2023. The population of the Eurasian pygmy owl rose from nine pairs in 2023 to 21 in 2024. In the two years, playback was carried out at 15 locations with Boreal owl being present, and 68 control locations with Boreal owls but without playback were surveyed. In the same period, playback was applied at seven locations with the presence of the Pygmy owl and 22 control locations were surveyed.

The recording devices recorded 33'510 hours at 52 locations in 2023 and 36'145 hours at 45 locations in 2024. These 69'655 hours of recordings (almost eight years of continuous listening) will be analysed using an algorithm currently under development to identify call types (males, females, mating calls, begging calls, etc.). The three survey methods (traditional listening, PAM, playback) were compared with each other based on six criteria. It can already be concluded that PAM performs best in four of these (detection probability, long-term reliability of data, field effort, potential for disturbance). Only with respect to the criteria 'office effort' PAM is doing worse due to the downstream analysis of the recordings. Passive acoustic monitoring thus proves to be promising for calculating the annual population index and for long-term monitoring of these secretive owl species.

1 Introduction

En raison de leur comportement nocturne et discret, le recensement et le suivi de la plupart des espèces de chouettes constituent un véritable défi (Aebischer 2008, Robb & van den Berg 2015, Bilger et al. 2021). Lorsque les espèces évoluent dans des forêts de montagne et défendent leur territoire dès février et mars, comme c'est le cas de la Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*) et de la Chevêchette d'Europe (*Glaucidium passerinum*), le recensement systématique devient encore plus difficile (Bilger et al. 2021). Seuls quelques pays procèdent à des recensements systématiques des chouettes (par exemple la France : Laguet 2020 ; l'Allemagne : DDA 2023). En Suisse, les données disponibles sont basées sur des observations opportunistes (données ornitho.ch) et ne sont pas systématiques en raison des difficultés de recensement dans le Jura et les Alpes. C'est pourquoi le recours à un suivi acoustique est à l'étude, à laquelle contribue ce suivi 2023-2024 dans le Jura vaudois et en France voisine.

1.1 Distribution en Europe et en Suisse

A l'échelle de l'Europe, entre 2013 et 2017 (EBBA 2 ; Keller et al. 2020), la Chouette de Tengmalm est relevée dans 1379 carrés de 50 x 50 km, soit 26 % du territoire européen, et la Chevêchette d'Europe dans 1153 carrés, soit 22 % du territoire européen (Fig. 1). Entre le premier (EBBA 1 ; Hagemeijer & Blair 1997) et le second atlas (EBBA 2), au sujet de l'occupation du territoire européen, l'indice de changement¹ indique un gain de 7,5 pour la Chouette de Tengmalm et de 19,2 pour la Chevêchette (Keller et al. 2020). Cette extension de l'aire de répartition en Europe centrale et orientale, dont les raisons ne sont pas clairement établies, est également documentée plus en détail pour les deux espèces (Kopij 2011).

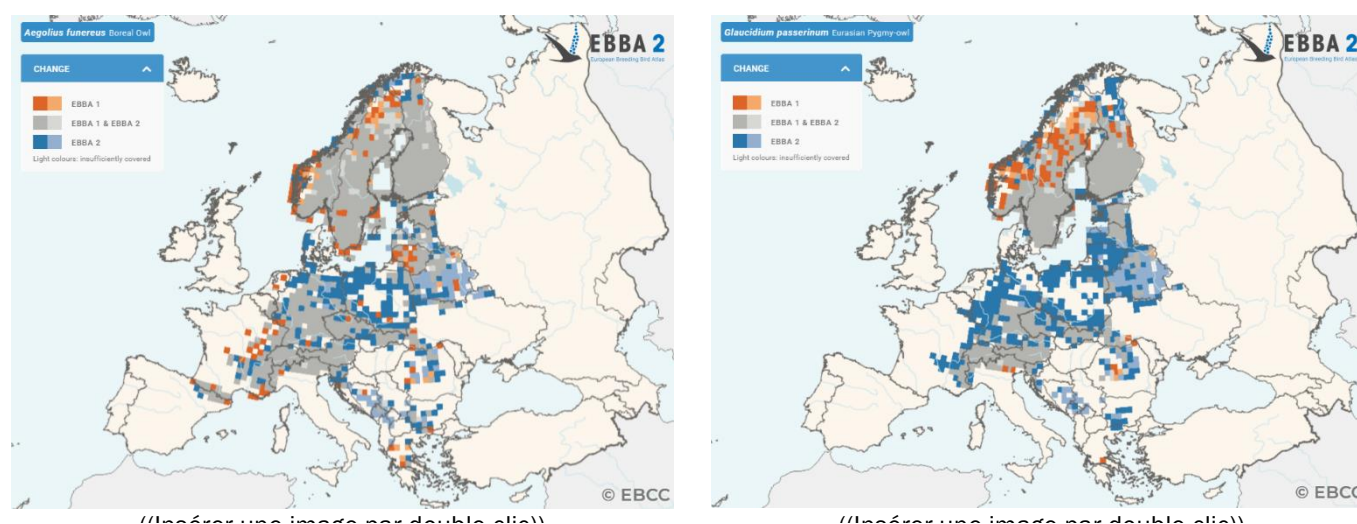


Fig. 1 Evolution de la distribution de la Chouette de Tengmalm (à gauche) et de la Chevêchette d'Europe (à droite), en Europe, à l'échelle de carrés de 50 x 50 km, entre les années 1980 (EBBA 1) et 2013-2017 (EBBA 2) (Keller et al. 2020).

En Suisse, la Chouette de Tengmalm est présente exclusivement, et la Chevêchette en grande majorité, dans les deux chaînes de montagnes des Alpes et du Jura. A l'échelle nationale, entre 2013 et 2016 (Knaus et al. 2018), la Chouette de Tengmalm est relevée dans 239 carrés de 10 x 10 km (51 % du territoire national), contre 232 carrés entre 1993 et 1996 (+ 3 %). La Chevêchette est, quant à elle, relevée dans 235 carrés (50 %), contre 168 carrés entre 1993 et 1996 (+ 40 %) (Fig. 2). L'indice de changement¹ indique un gain de 1,7 pour la Chouette de Tengmalm et de 16,6 pour la Chevêchette depuis l'atlas de 1993 à 1996 (Schmid et al. 1998). Au moins une partie des nouvelles observations dans l'espace alpin s'explique par un effort d'observation accru et une recherche spécifique. Cependant, l'extension de la Chevêchette depuis l'ouest du Jura vers l'est correspond certainement à une expansion de son aire de répartition entre les années 1990 et 2010.

En outre, dans la dernière décennie, la Chevêchette a commencé à coloniser des régions suisses en dessous de 1100 m, notamment sur le Plateau suisse (territoires jusqu'à 370 m). L'expansion conséquente de la Chevêchette d'Europe entre 2017 et 2024, matérialisée en vert clair sur la Fig. 2, représente 52 carrés supplémentaires en seulement 8 ans

¹ L'indice de changement est égal à $100 \times (N2 - N1) / (N2 + N1)$, où N1 et N2 correspondent au nombre de carrés occupés respectivement dans les périodes du précédent atlas et du dernier atlas Keller et al. (2020).

(l'équivalent de + 42,2 % sur 10 ans), contre 81 carrés supplémentaires en 20 ans (l'équivalent de + 26.3 % sur 10 ans), entre 1993-1996 et 2013-2016.

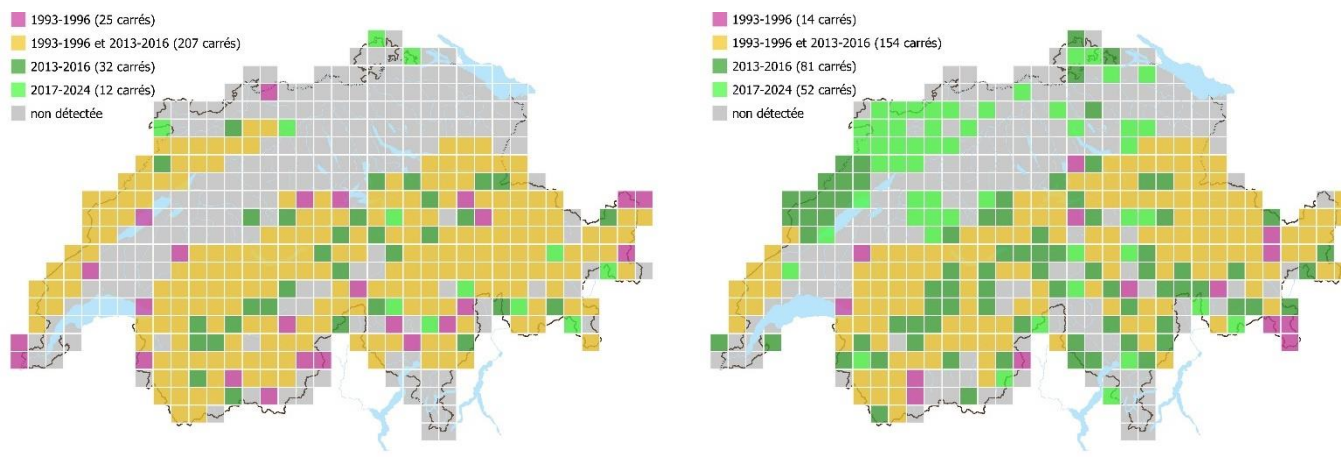


Fig. 2 Evolution de la distribution de la Chouette de Tengmalm (à gauche) et de la Chevêchette d'Europe (à droite), en Suisse, à l'échelle de carrés de 10 x 10 km (total 470 carrés), entre 1993-1996 (Knaus et al. 2018) et 2017-2024.

1.2 Raisons des changements de population des deux espèces

Les effectifs de la Chouette de Tengmalm sont soumis à d'importantes fluctuations chaque année (Korpimäki 1987). Ces fluctuations semblent corrélées à plusieurs variables. La ressource alimentaire en est une, qui influe fortement sur ces fluctuations d'effectif (Korpimäki 1981, Valkama et al. 2002, Kouba et al. 2020) et qui se retrouve elle-même dépendante d'une autre variable, qui n'est autre que l'abondance de la fructification du hêtre *Fagus sylvatica* à l'automne précédent la saison de reproduction (Ravussin et al. 2022). En effet, le régime alimentaire de la Chouette de Tengmalm étant essentiellement constitué de micromammifères forestiers, la ressource alimentaire va dépendre de l'abondance de ces derniers, principalement pour le mulot et le campagnol roussâtre, elle-même soumise à des fluctuations d'effectifs également liées à leur propre ressource alimentaire. Bien que le régime alimentaire des micromammifères forestiers apparaisse varié et que d'autres essences productives interviennent également, le succès de reproduction de ces espèces semble principalement corrélé à l'abondance de fructification du hêtre.

Par conséquent, si la faînée est abondante à l'automne précédent, la reproduction des micromammifères forestiers sera conséquente, donc la disponibilité en proie, abondante, ce qui génèrera dès l'automne des mouvements de population, augmentant ainsi l'abondance de la population, et favorisera la reproduction de l'espèce. Il en résultera un nombre de nichées plus conséquent. Comme effet secondaire, les faînées généreuses influencent également la phénologie de reproduction des deux espèces de chouette, en général plus précoce (Kouba et al. 2020, Riecke et al. 2025), de manière à bénéficier d'une abondance de proies durant la phase d'élevage des poussins (Ravussin et al. 2022). Ainsi, la phénologie de reproduction de la Chouette de Tengmalm peut être assez variable d'une année à l'autre. Bien qu'influencée également par ce paramètre, la phénologie de reproduction de la Chevêchette d'Europe semble soumise à des variations de moindre importance (Henrioux et al. 2016).

Des indications fortes présagent que le réchauffement climatique exerce des influences indirectes et imprévisibles sur ces espèces, surtout concernant la Chouette de Tengmalm (Preston et al. 2008, Chamberlain et al. 2013, Ravussin 2014, Brambilla et al. 2015, Ravussin et al. 2015). Par exemple, le dépérissement des épicéas est actuellement en forte augmentation du fait de l'assèchement des sols et d'attaques de scolytes sur des arbres fragilisés par le stress hydrique généré par le réchauffement climatique. Par ailleurs, de multiples tempêtes accentuent cette mortalité dans un contexte où ces derniers sont plus exposés (Legay 2014, Saintonge et al. 2022). Si les hêtres augmentent (Barbaro et al. 2016), cela pourrait éventuellement exercer une influence positive sur l'offre de nourriture. Cependant, dans les endroits secs du nord-ouest du Jura, même les hêtres meurent sur de grandes surfaces. Cela signifie que le paysage forestier pourrait bien s'en trouver considérablement modifié, avec des conséquences très floues pour ces deux espèces de chouettes.

De plus, le changement climatique semble également favoriser la présence de la Chouette hulotte. Cette dernière est montée de plus en plus en altitude ces 20 dernières années, là où seule la Chouette de Tengmalm apparaissait auparavant, tout du moins dans le massif du Jura (Ravussin et al. 2015, Cistac 2018). La Chouette de Tengmalm est non seulement en concurrence avec la Hulotte pour les sites de reproduction, mais elle l'est également concernant la disponibilité alimentaire (Ravussin et al. 2015, Cistac 2018). Qui plus est, la Chouette hulotte s'inscrit parmi les prédateurs occasionnels de la Chouette de Tengmalm (Mikkola 1983).

La disponibilité en cavités constitue un facteur limitant la reproduction de la Chouette de Tengmalm (Joveniaux & Durand 1987). En plus de la Chouette hulotte, la Chouette de Tengmalm est en concurrence également avec d'autres espèces pour les sites de reproduction, lesquels sont généralement forés par le Pic noir *Dryocopus martius*. En effet, outre le Pic noir lui-même qui utilise certaines cavités pendant plusieurs années, ces cavités sont également utilisées par le Pigeon colombin *Columba oenas*, le Chat forestier *Felis silvestris* et la Martre *Martes martes* (Ravussin et al. 2015). La Martre n'est pas seulement une concurrente pour les cavités, mais elle est aussi le principal prédateur de la Chouette de Tengmalm (Korpimäki 1981). La Chevêchette est moins affectée par la Martre au vu du diamètre d'entrée des cavités qu'elle occupe (souvent des trous de Pic épeiche), mais elle est aussi en concurrence avec d'autres espèces, notamment des passereaux, pour l'occupation des cavités de nidification. Toutefois prédatrice de passereaux, au-dessus d'eux dans la chaîne alimentaire, elle sait généralement s'imposer face à la concurrence.

1.3 Considérations sur le calcul de l'indice de population

Les indices de population des deux espèces de chouettes sont actualisés chaque année, par la Station ornithologique, en utilisant des modèles d'occupation de site (ceux-ci prennent en compte la probabilité de détection) sur la base d'observations opportunistes (données ornitho.ch). Ces indices de population donnent l'impression d'une situation à peu près stable pour les deux espèces (Fig. 3), durant les 35 dernières années, mais les connaissances du Jura que nous avons amassées, montrent une autre situation. Les raisons de cette divergence ne sont pas claires et sont probablement multifactorielles. Pour la Chouette de Tengmalm, la différence de type de données (le nombre de reproductions pour les bilans de reproduction annuels dans le Jura versus le nombre de mâles chanteurs pour l'indice de population) exerce certainement une influence sur le fait que ni les fluctuations, ni l'évolution négative, ne sont détectées. Pour la Chevêchette, les raisons pour lesquelles l'indice de population n'évolue pas clairement de manière positive ne sont pas établies non plus. Les problèmes supposés proviennent des circonstances suivantes :

- 1) Les sites d'observation n'ont pas été choisis au hasard. Les observateurs se rendent bien souvent sur des sites aisément accessibles et connus comme occupés par l'espèce recherchée. Cela se traduit par un contrôle plus intensif du Jura que des Alpes, où les forêts sont en moyenne plus hautes et où de nombreuses zones sont plus difficiles à atteindre, en raison de l'enneigement et du fait de l'activité crépusculaire ou nocturne de ces deux chouettes. Cet effet de connaissances plus élevées dans le massif du Jura est encore renforcé du fait de l'existence de groupes d'étude sur ces espèces qui ont recueilli des données détaillées depuis quarante ans. Nous bénéficions ainsi de solides connaissances dans ce massif, via des données détaillées recueillies depuis longtemps.
- 2) L'effort d'échantillonnage peut varier d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Les modèles d'occupation de site ne peuvent probablement compenser cela que partiellement.

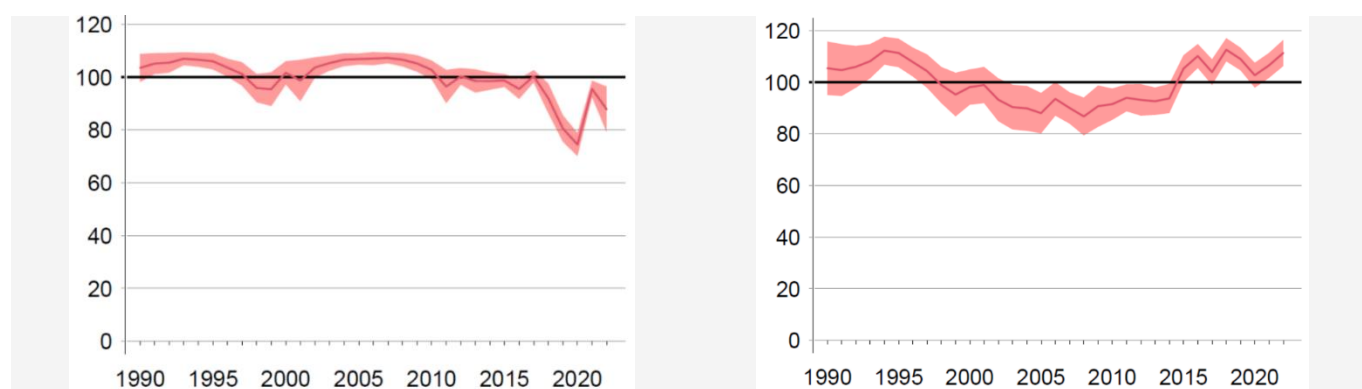


Fig. 3 Indice des effectifs nicheurs de la Chouette de Tengmalm (à gauche) et de la Chevêchette d'Europe (à droite), en Suisse, calculé sur la base d'observations opportunistes de mâles chanteurs (Strebel et al. 2024).

1.4 Les méthodes acoustiques ouvrent de nouvelles possibilités

De nouvelles techniques acoustiques sont devenues plus populaires. Elles permettent la détection de la faune discrète, qui se manifeste vocalement à certaines périodes. La collecte de données est améliorée, parce que la probabilité de détection est augmentée et que les échantillons peuvent être collectés de manière plus systématique. Principalement, on distingue deux méthodes : l'acoustique passive, qu'on peut qualifier par l'utilisation de dispositifs d'enregistrement

acoustique autonomes, et l'acoustique active, qu'on peut qualifier par l'usage de la « repasse ». Ces techniques sont en réalité apparues depuis plusieurs décennies, mais le développement d'outils simples à manipuler et à configurer, qui soient également abordables, a fait qu'elles n'ont pu être appliquées que plus récemment.

La surveillance acoustique passive (en anglais : Passive Acoustic Monitoring PAM) est une technique permettant la surveillance d'espèces, offrant un large éventail d'applications (Sugai et al., 2019). Le PAM nécessite la mise en place de dispositifs d'enregistrement autonomes sur le terrain pour collecter des données sans intervention humaine, réduisant ainsi l'impact sur les habitats naturels et le risque de dérangement sur la faune. On parle alors de « technique non invasive » car celle-ci permet de surveiller une espèce sans perturbation, ou tout du moins, en minimisant considérablement le dérangement anthropique, ce qui s'avère très pertinent dans le cas d'espèces sensibles ou menacées. Les seules interventions nécessaires sont la pose et le retrait du matériel, ainsi que des éventuels passages de maintenance (changer les batteries ou les cartes SD). Les dispositifs enregistrent les sons ambiants, puis les données acoustiques sont analysées, souvent avec des algorithmes spécifiques. Fréquemment, le but des analyses des vocalisations est l'identification de l'espèce. Sur la base des occurrences détectées ainsi, on procède ensuite à des analyses secondaires en réponse à une problématique (Browning et al. 2017, Sugai et al. 2020, OFB 2024).

L'acoustique passive s'avère particulièrement bénéfique pour des espèces nocturnes, comme certaines chouettes et hiboux, ou pour des espèces où l'accessibilité à leur milieu peut s'avérer particulièrement compliqué (p. ex. : terrain très escarpés ou sites enneigés) pour la période idéale à son suivi (Serrurier et al. 2024, Sugai et al., 2019). En raison de la longue durée de présence des appareils sur le terrain (jusqu'à plusieurs mois), la probabilité de détection sera aussi considérablement augmentée, en ce qui concernerait notamment des espèces discrètes.

L'acoustique active, appelée plus communément « repasse », est une technique consistant à diffuser un enregistrement vocal d'une espèce en vue d'obtenir une réaction de sa part (Grindal & Brigham 1999, McGregor 2000). Les chants produits par les mâles ayant notamment pour rôle d'affirmer leur possession d'un territoire, on utilise généralement ce dernier pour provoquer une réaction territoriale d'un potentiel mâle présent qui réagirait à un concurrent qui aurait pénétré sur son territoire. Souvent, cette méthode mène à une probabilité de détection plus élevée, surtout pour les mâles chanteurs. L'efficacité accrue de cette méthode a pu être prouvée pour certaines espèces de chouettes (McGarigal & Fraser 1985, Birrer 2014, Vrezec & Bertoncelj 2018, Kornienko et al. 2025), mais pas pour la Chouette de Tengmalm (Kéry 2023). Ponctuellement mis en œuvre dans le cadre de monitorings ou d'études scientifiques, il convient de l'utiliser avec précaution pour minimiser le dérangement et d'établir un protocole pour réglementer clairement son utilisation (Sibley 2011). Cependant, l'intensité du dérangement reste souvent inconnue.

1.5 Objectifs

1.5.1 Objectif de l'étude :

Dans le cadre de notre étude, nous testons l'utilisation de l'acoustique passive et active dans le monitoring de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe pour définir une méthode de monitoring acoustique ayant vocation à être développée à l'échelle de la Suisse. En outre, nous visons d'évaluer le dérangement généré par l'acoustique active.

Les questions d'étude suivantes ont été soulevées :

- 1) Comparer l'acoustique passive avec l'acoustique active pour le monitoring de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe pour définir laquelle des deux méthodes a une probabilité de détection supérieure et laquelle est la plus fiable à long terme ?
- 2) Quelles informations supplémentaires peut-on acquérir avec l'acoustique passive au regard des méthodes de prospection et de suivi actuelles, telles que les écoutes spontanées ou l'acoustique active ? Plus concrètement, peut-on faire le lien entre les vocalises relevées sur les enregistrements de l'acoustique passive (les types de chant et l'intensité du chant) et le statut de reproduction de l'individu (mâle solitaire, couple, couple nicheur) ?
- 3) L'usage de l'acoustique active peut-il engendrer des changements de comportement (activité de chant élevée ou réduite) et/ou influencer le succès de reproduction ?

Le dérangement potentiellement généré par la repasse est examiné, individuellement pour chacune des deux espèces dans deux dimensions : a) Activité acoustique : Sur la base des connaissances actuelles, il faut partir du principe qu'il existe de grandes différences individuelles entre les mâles en ce qui concerne « la fréquence normale » des chants. Pour pouvoir mesurer l'impact de la repasse sur le comportement du mâle, il faut obtenir des enregistrements du PAM aussi bien avant qu'après la repasse. Ainsi, la fréquence normale des chants du mâle (avant la repasse) peut être établie. Après la repasse, on mesure le temps nécessaire jusqu'au retour à la normale de la fréquence des appels. b) Succès de reproduction : Pour pouvoir mesurer l'impact de la repasse sur le succès de reproduction, il faut comparer les nichées avec repasse avec celles sans repasse. Donc, pour connaître les effets générés par la repasse, il faut combiner les données du

PAM, des contrôles des nids et de la repasse elle-même. La combinaison de ces données n'existe que dans le Jura VD et F grâce au travail des trois groupes bénévoles.

1.5.2 Objectifs du rapport :

L'objectif de ce rapport intermédiaire est d'établir le bilan du travail de terrain dans le Jura occidental (CH et F) en 2023 et 2024, afin de définir les bases pour des futures analyses des données récoltées. De plus, les données disponibles permettent d'obtenir une vue d'ensemble inédite et spatiale de la présence de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe dans les sous-régions des trois groupes de travail. Nous divisons l'objectif du rapport en trois sous-objectifs :

- 1) Quantifier l'effort de terrain pour les différentes parties du projet (prospection, durées des enregistrements, effort de repasse)
- 2) Présenter la distribution de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe dans le Jura occidental et comparer la présence de la Chouette de Tengmalm au regard de celle de la Chouette hulotte et du Hibou moyen-duc.
- 3) Présenter le bilan de reproduction de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe pour 2023 et 2024 dans le Jura occidental.

2 Matériel et méthode

2.1 Zone d'étude et habitat

La zone d'étude du projet bioacoustique « Petites Chouettes de Montagne », qui représente une surface de 1129 km², se situe dans le massif du Jura, en partie sur Suisse, dans le canton de Vaud pour 543 km², et en partie sur France, dans le département du Doubs pour 585 km². Le point culminant de la zone d'étude s'élève à 1679 mètres d'altitude avec le Mont Tendre. L'altitude la plus basse apparaît dans la vallée de l'Orbe, près de Ballaigues, avec 610 mètres.

La zone d'étude se découpe en trois sous-régions représentant les zones de trois groupes d'étude des petites chouettes de montagne avec lesquels nous avons collaboré (Fig. 4). Les trois zones étudiées sont contiguës. Alors que les travaux se sont concentrés au début sur la chouette de Tengmalm, les chevêchettes d'Europe sont recensées depuis 1996 dans l'une des zones, tandis que dans les deux autres, le suivi de cette espèce est plus récent et complémentaire au suivi de la chouette de Tengmalm.

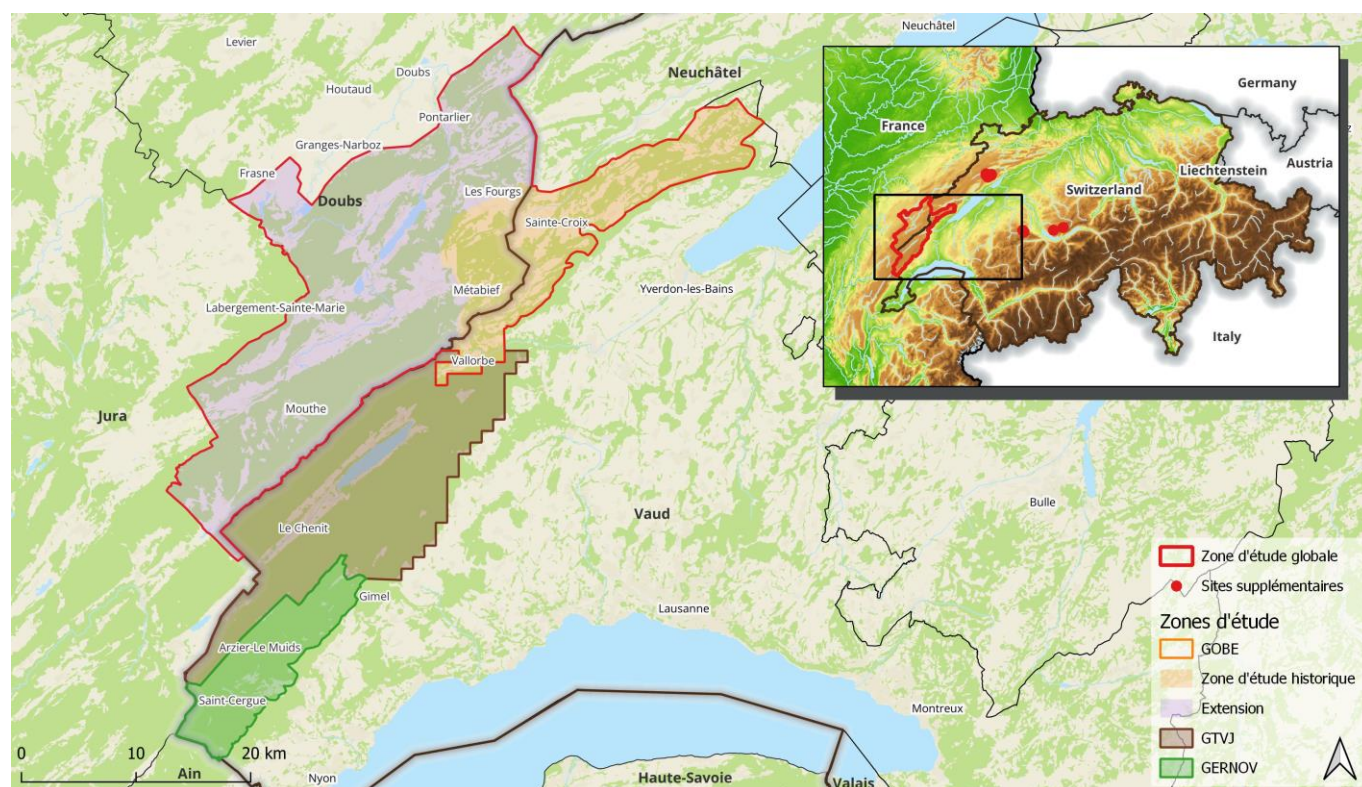


Fig. 4 Situation géographique de la zone d'étude découpée en trois subrégions.

Dans le Jura, les petites chouettes de montagne se cantonnent dans les forêts d'altitude ou dans des cuvettes froides. Le milieu forestier représente 681 km², soit 60 % de la surface de notre zone d'étude (*Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.*). Les deux espèces de chouettes sont attrayantes à observer et à photographier. Les dérangements d'origine humaine pendant certaines phases de reproduction peuvent parfois mener à l'abandon des nichées. Afin de ne pas divulguer les lieux exacts de présence des deux espèces, les données ont été regroupées dans ce rapport par carrés de 2x2 km.

La zone d'étude globalise 359 carrés de 2x2 km, dont près de la moitié dispose d'un recouvrement forestier supérieur à 60 %, et 20 %, supérieur à 80 % (*Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.*). Il est composé de forêts mixtes se caractérisant majoritairement par la hêtraie sapinière (*Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.*). Au-delà de 1100 mètres d'altitude, le sapin laisse progressivement place à l'épicéa et la végétation se caractérise alors par la pessière à doradille associée à la hêtraie à érable (Bert 1992).

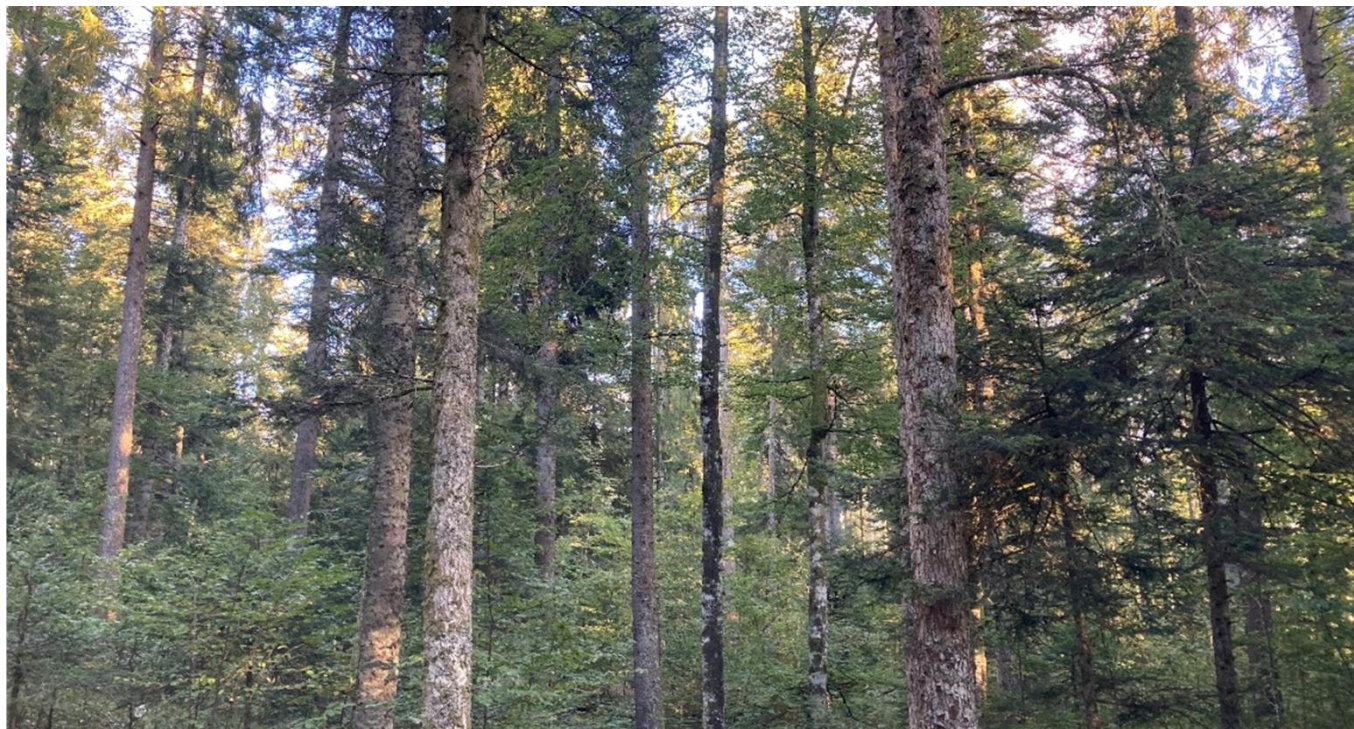


Fig. 5 La hêtraie-sapinière, forêt caractéristique de la zone d'étude (Jougne - 25 - France). © Sabrina Clément

Le hêtre est ainsi une essence marquante du massif du Jura et sa fructification exerce une forte influence sur l'offre de nourriture des deux chouettes, et donc sur leur succès de reproduction. Sur la zone d'étude, les feuillus sont présents en plus faible proportion que les résineux. De plus en plus traités en futaie jardinée, ces peuplements apparaissent bien structurés, avec des essences variées, de vieux arbres et de plus jeunes, ainsi que des trouées de régénération.

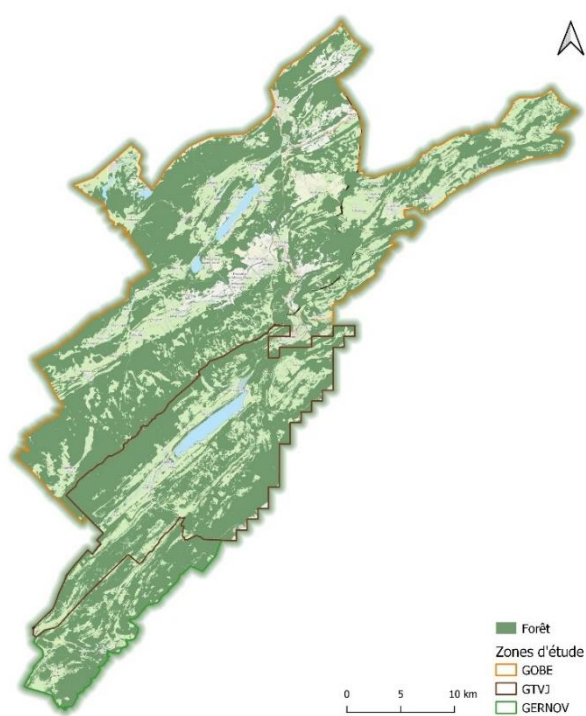


Fig. 6 Couverture forestière de la zone d'étude selon les trois sous-régions.

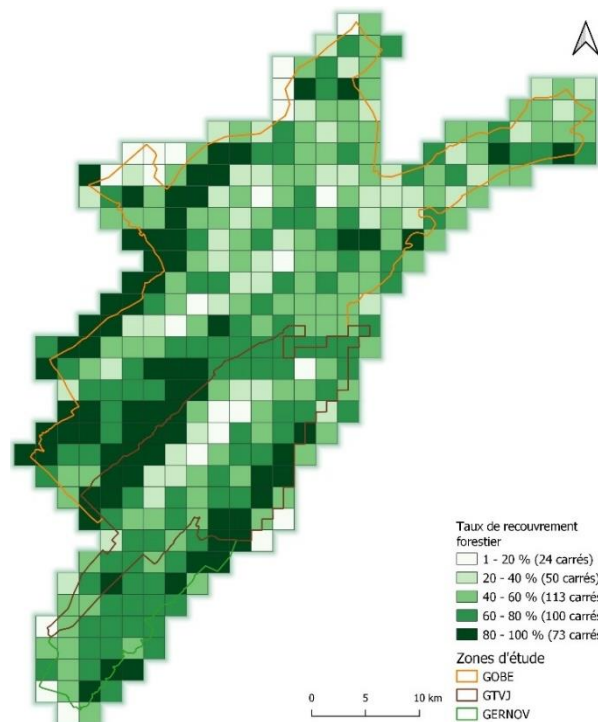


Fig. 7 Taux de recouvrement forestier de la zone d'étude par carrés 2x2 km (total de 359 carrés).

2.2 Collaboration avec trois groupes bénévoles

Ce projet a été réalisé avec l'appui bénévole collaboratif de trois groupes d'études locaux œuvrant pour les petites chouettes de montagne dans le canton de Vaud : le GOBE, le GTVJ et le GERNOV.

Le GOBE, « Groupe Ornithologique de Baulmes et Environs », est une association qui étudie de multiples espèces, dont tout particulièrement, la Chouette de Tengmalm. Elle dispose d'un réseau de 111 nichoirs (Fig. 8) et contrôle environ 200 arbres à cavités pour le suivi de cette espèce (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Elle œuvre dans le nord du massif du Jura vaudois, ainsi que dans le Haut-Doubs français, d'abord sur une petite portion comprise dans la zone dite « historique », puis dès l'automne 2020, elle étend son territoire d'activité avec une portion qu'on nommera « extension ». La sous-région du GOBE totalise une surface de 735 km² (Fig. 4). Le secteur historique s'étend sur 206 km², comprenant 107 km² de forêt, soit 52 %. L'extension, concernant uniquement le territoire français, globalise 529 km², dont 321 km² de forêt, soit 61 % (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

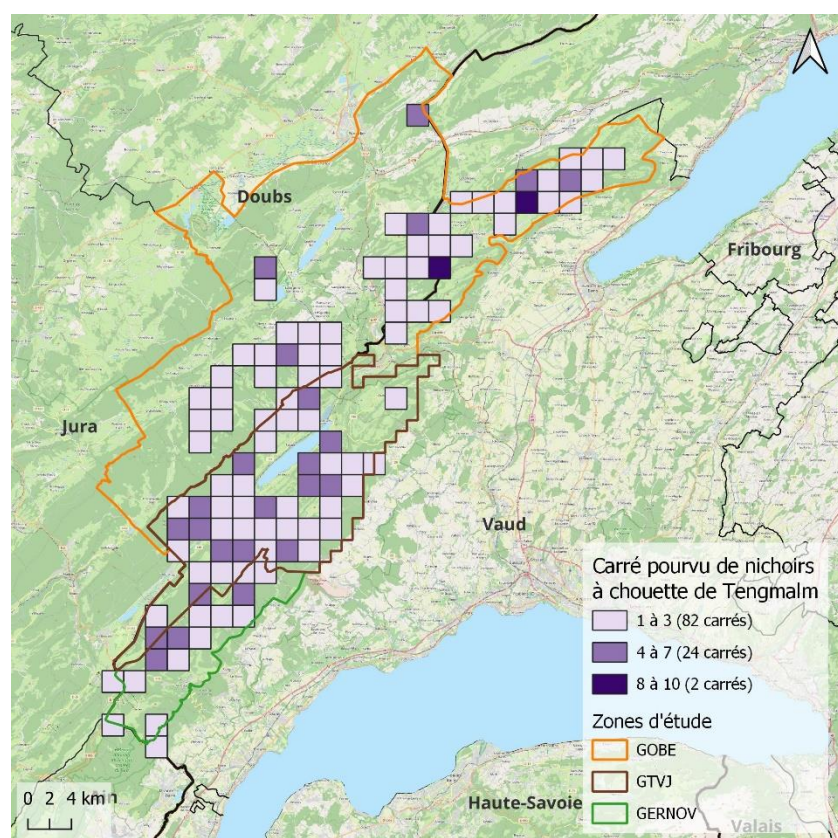


Fig. 8 Couverture en nichoirs à Chouette de Tengmalm, par carrés 2x2km (total de 270 nichoirs).

Le GTVJ, « Groupe Tengmalm de la Vallée de Joux, » est un groupe de naturalistes s'affairant dans l'étude de la Chouette de Tengmalm et œuvrant dans la partie centrale du massif du Jura vaudois, entre le GOBE et le GERNOV. Il dispose d'un réseau de 123 nichoirs pour le suivi de cette espèce (Fig. 8) et assure le suivi de 533 arbres à cavités (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

La sous-région du GTVJ représente 295 km² (Fig. 4), comprenant 186 km² de forêts, soit 63 % (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Le GERNOV, « Groupe d'Etudes sur les Rapaces Nocturnes de l'Ouest Vaudois », est un groupe de naturalistes principalement axé sur l'étude de la Chevêchette d'Europe. Il s'investit également sur l'étude de la Chouette de Tengmalm. Il dispose d'un réseau de 36 nichoirs (Fig. 8) et contrôle 237 arbres à cavités pour la Chouette de Tengmalm (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) et 122 arbres à cavités pour la Chevêchette (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Il œuvre dans l'ouest du massif du Jura vaudois, au sud du GTVJ. La sous-région du GERNOV englobe 104 km², dont 72 km² de forêts (69 %) (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), concernant la Chouette de Tengmalm (Fig. 4), et 126 km², dont 85 km² de forêts (67 %), concernant la Chevêchette d'Europe. Cette extension concernant la Chevêchette se superpose sur la sous-région du GTVJ (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

La majeure partie du réseau de nichoirs posés et suivis par le GOBE et le GTVJ sont des nichoirs dits « à toit basculant » (Fig. 9), prototype mis au point par Michel Beaud en 1991 (Beaud 1995). Ce modèle est muni d'un dispositif « anti-martre » permettant de soustraire ses occupants à la prédation de la Martre, la pression qu'exerce cette dernière sur le succès de reproduction de la Chouette de Tengmalm étant particulièrement conséquente (Ravussin et al. 2015).



Fig. 9 Nichoir à toit basculant installé pour accueillir la Chouette de Tengmalm. © Ludovic Longchamp

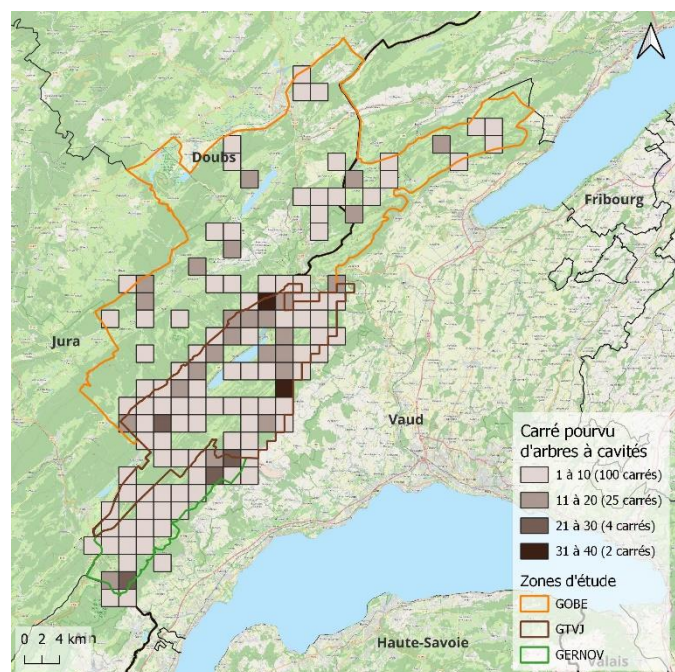


Fig. 10 Couverture en arbres à cavités pouvant accueillir la Chouette de Tengmalm, par carrés 2x2 km (total de 868 arbres).

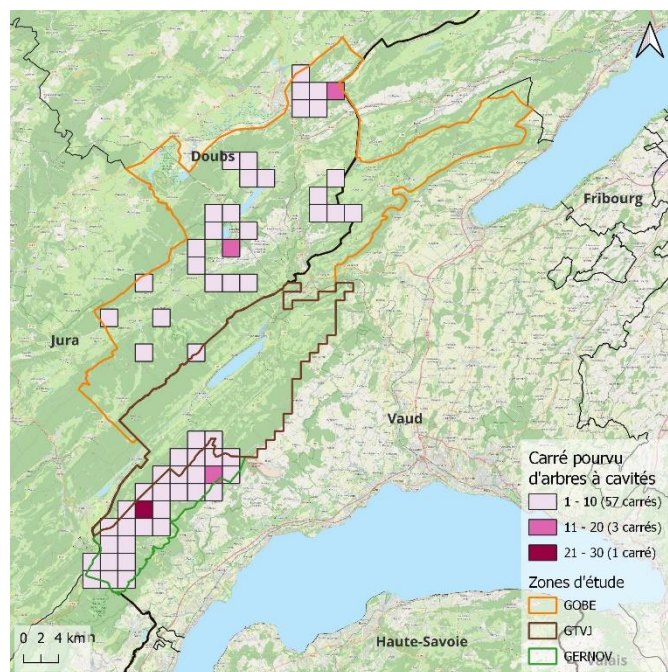


Fig. 11 Couverture en arbres à cavités pouvant accueillir la Chevêchette d'Europe, par carrés 2x2 km (total de 228 arbres). Sources : GERNOV & Sabrina Clément

2.3 Influence de la fructification du hêtre et de la météorologie

L'étude s'est déroulée sur deux saisons de reproduction, 2023 et 2024, qui, dans le Jura vaudois, se distinguent tant par la fructification du hêtre que par l'intensité de l'hiver. Comme la fructification du hêtre a été faible durant l'automne 2022 (WSL 2022) (Annexe 1), il s'en est suivi une faible abondance des micromammifères forestiers au printemps 2023. Par conséquent, la phénologie de reproduction de la Chouette de Tengmalm était légèrement tardive. L'activité vocale de la Chouette de Tengmalm a débuté fin février/début mars. A contrario, la faînée a été bien plus conséquente durant l'automne 2023 (WSL 2023). Il en a résulté une abondance de micromammifères forestiers plus conséquente au printemps 2024 et de ce fait, une phénologie de reproduction précoce. L'activité vocale de la Chouette de Tengmalm a démarré dès le mois de janvier.

Les sessions de terrain ont débuté début février pour s'achever fin juillet, pour chacune des deux saisons de reproduction. Alors que l'activité des chouettes était encore très faible en février 2023, la Chouette de Tengmalm, en particulier, a démarré son activité vocale dès le mois de janvier 2024. Les deux hivers 2022-2023 et 2023-2024 se présentaient particulièrement doux (MétéoSuisse 2023) (MétéoSuisse 2024), ce qui a peut-être amélioré la survie hivernale des chouettes. L'hiver 2023-2024 était même enregistré comme l'hiver le plus doux relevé jusque-là, avec le mois de février 2024 qui révèle des températures supérieures de 4° à 5°C à la norme de 1991-2020. La température du printemps 2023 s'inscrit dans la norme de 1991-2020 (MétéoSuisse 2023b) bien que les mois de mars et d'avril aient enregistré de fortes précipitations et des températures inférieures à la moyenne. L'hiver et le printemps 2024 ont été marqués par de fortes précipitations et le printemps s'inscrit parmi les plus humides enregistrés. La première quinzaine d'avril a été dominée par des conditions quasi-estivales, qui ont précédé un retour d'hiver subit durant la seconde quinzaine du mois, avec des chutes de neige jusqu'à basse altitude (MétéoSuisse 2024a, 2024c). Pour résumer, les printemps 2023 et 2024 n'ont probablement pas offert les meilleures conditions pour permettre un bon succès de reproduction.

2.4 Méthodes

2.4.1 Monitoring des deux espèces de petites chouettes de montagne

Afin d'obtenir les paramètres pertinents pour répondre à nos questions d'étude, nous avons dû suivre le cycle de reproduction depuis le début. Les sites de reproduction sont recherchés par les mâles dans le courant de l'automne N-1. Nous découperons le cycle de reproduction en trois phases : A) Parades et accouplements, B) Ponte et incubation, C) Éclosion, envol et élevage des poussins. Ces phases peuvent varier dans le temps d'une année sur l'autre ou d'un couple à l'autre. Des facteurs externes, tels que des conditions météorologiques différentes (y compris des niveaux d'enneigement différents), des pertes de nichées et des nichées de remplacement ultérieures, renforcent encore la superposition des différentes phases entre les couples et les années, de sorte que les différents travaux de terrain ont également dû s'adapter au déroulement de la couvaison (Fig. 12).

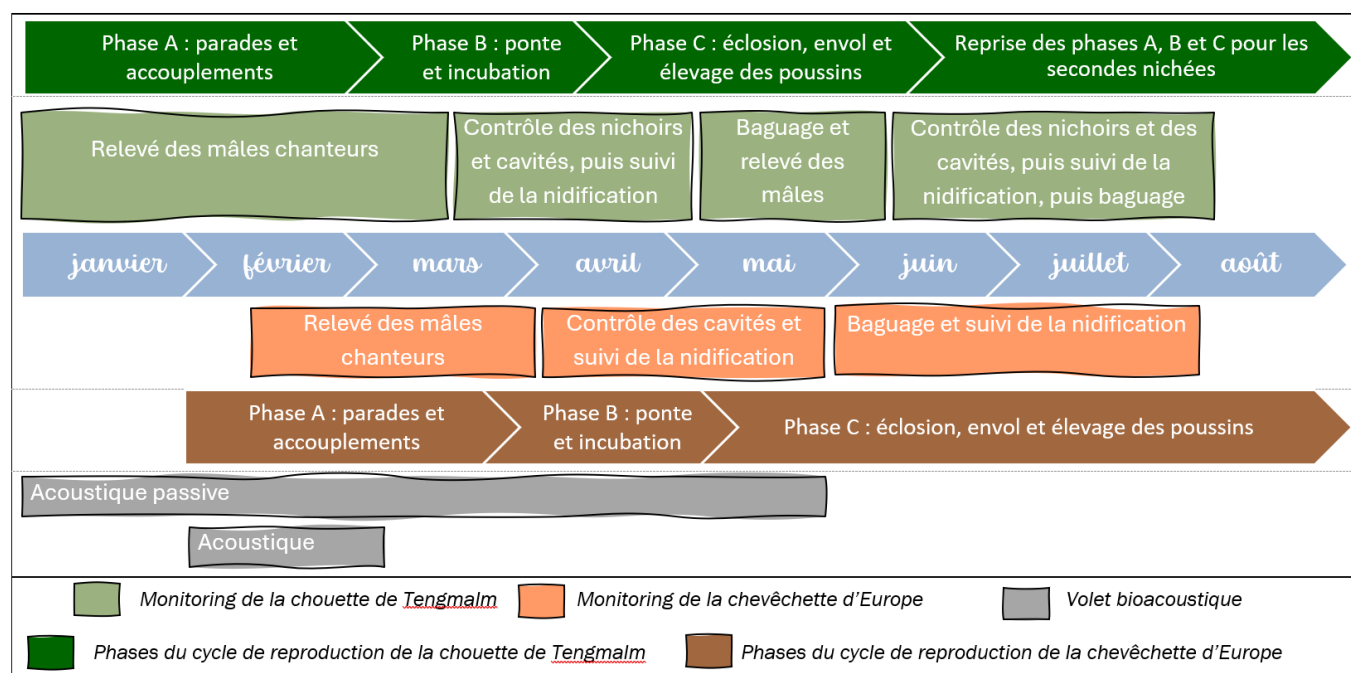


Fig. 12 Chronologie des étapes du cycle de reproduction de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe vis-à-vis des étapes du monitoring au regard de l'acoustique passive et de l'acoustique active exercée. Nous reproduisons ici un déroulement classique. Selon la phénologie de reproduction, on peut ainsi observer jusqu'à plus d'un mois de décalage de ces étapes.

Pendant les phases d'incubation et d'élevage des poussins (B et C), nous réalisons les contrôles des nichoirs et des cavités à l'aide d'une caméra fixée au bout d'une perche et reliée au téléphone via le réseau Wifi (Fig. 13 & Annexe 2). Nous prenons toutes les précautions possibles pour éviter de laisser notre empreinte olfactive sur le tronc de l'arbre, au risque d'y attirer la Martre et ainsi engendrer la prédation de la nichée (P.-A. Ravussin, comm. pers.). Dans le même temps, des prospections sont entreprises pour découvrir de nouveaux arbres à cavités pouvant accueillir des nidifications.



Fig. 13 Perches et caméras ayant permis le contrôle d'occupation des nichoirs et des cavités © Tetiana Korniienko & Sabrina Clément

Les différents couples dont le statut nicheur, voire reproducteur, a pu être établi, sont suivis jusqu'à l'envol des poussins, notamment pour suivre l'avancement et le bon déroulement de la reproduction, mais aussi pour évaluer l'âge des jeunes et ainsi déterminer les dates où nous procéderons au baguage.

L'éclosion intervient entre fin mars et début juin pour la Chouette de Tengmalm, et entre avril et juin pour la Chevêchette. Les poussins restent au nid environ une trentaine de jours pendant lesquels ils sont approvisionnés en proies, d'abord seulement par le mâle, puis également par la femelle dès lors qu'ils sont capables d'assurer eux-mêmes leur régulation thermique, si la femelle ne quitte pas les lieux pour tenter une seconde reproduction sur un autre site (Ravussin et al. 2021). Les poussins quittent le nid entre fin avril et juillet pour la Chouette de Tengmalm, et entre mai et août pour la Chevêchette (Henrioux et al. 2016). Une fois qu'ils ont tous quitté la loge, ils restent ensemble, accompagnés des deux parents ou seulement du mâle, pendant environ un mois avant qu'ils ne s'émancipent et ne se dispersent (Sordello 2012).

2.4.2 Acoustique passive

2.4.2.1 Matériel

Nous avons retenu l'enregistreur acoustique Song Meter Mini (Wildlife Acoustics 2023). Cet appareil, équipé d'une batterie Lithium-ion, nous permet de bénéficier d'une autonomie suffisamment longue pour couvrir nos besoins pour cette étude (Fig. 14, Fig. 42 & Annexe 3).

En 2023, nous avons utilisé 38 SM mini et, en 2024, 35 SM mini. Certains enregistreurs ont pu être déplacés d'un site à un autre, à une ou plusieurs reprises, et ainsi enregistrer sur plusieurs sites. Les SM Mini ont été complétés de 7 Audiomoth (Hill et al. 2019) en juin-juillet 2024 (Fig. 47 & Annexe 3). Les enregistreurs ont été programmés pour enregistrer à partir d'une heure avant le coucher du soleil, jusqu'à une heure après son lever, et le taux d'échantillonnage a été réglé à 16'000 Hz (Annexe 3).

L'appareil est fixé sur le tronc d'un arbre à l'aide d'une sangle (Fig. 14). Il est installé un peu à l'écart des chemins pour ne pas attirer trop l'attention des passants, mais pas trop loin de ces derniers toutefois, pour minimiser le dérangement de la faune. Pour ne pas restreindre la portée de l'appareil, le site de pose ne doit pas être trop encaissé.



Fig. 14 Positionnement et fixation des enregistreurs acoustiques SM Mini. © Tatiana Kornienko.

2.4.2.2 Méthode d'échantillonnage

Les enregistreurs ont été installés sur des sites où nous avons entendu au moins une des deux espèces de chouettes pendant les prospections réalisées entre janvier et mars. D'autres ont pris place ultérieurement, suite à la découverte d'un couple cantonné ou d'un individu dont le statut de nidification s'avérait probant. D'autres encore ont été installés plus tardivement, après la découverte d'une nidification en cours. Pour les écoutes réalisées et l'installation des enregistreurs, nous avons bénéficié d'un appui substantiel et bénévole de la part des membres du GOBE, du GTJV et du GERNOV.

Dans la zone d'étude, nous comptabilisons 36 sites équipés d'un enregistreur en 2023, représentant 29 carrés de 2 x 2 km (Fig. 15). 17 sites ont été équipés sur la zone du GOBE, 17 sur celle du GTJV et deux sur celle du GERNOV. En raison de la faible activité acoustique des deux espèces dans la zone d'étude du Jura Vaudois, nous avons également installé des enregistreurs dans d'autres régions (Jura neuchâtelois avec trois enregistreurs (trois carrés supplémentaires), Oberland bernois avec quatre enregistreurs (quatre carrés) et Jura bernois avec neuf enregistreurs (sept carrés)).

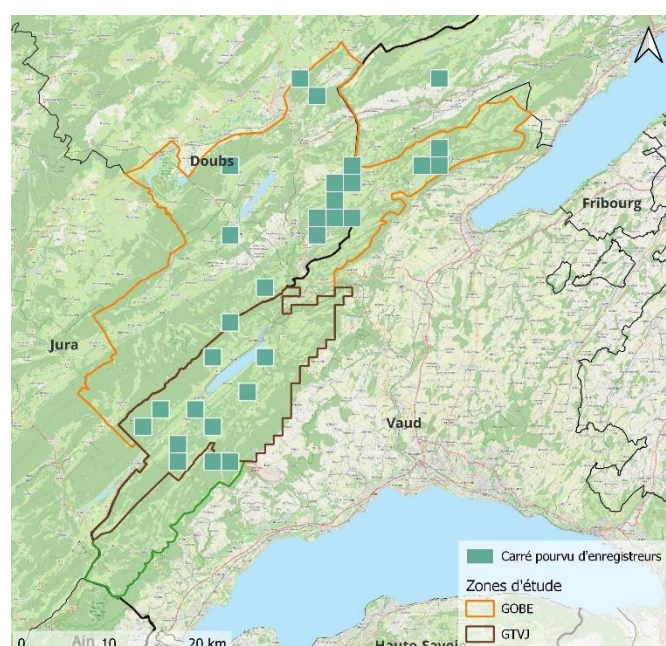
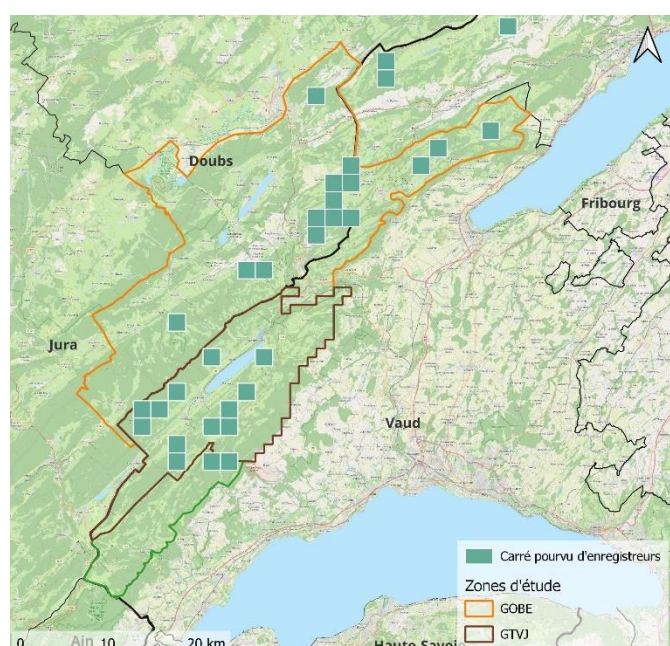


Fig. 15 La zone d'étude avec 29 carrés équipés d'un ou plusieurs enregistreurs – 2023. Ici, trois carrés se trouvent hors de la zone dans le Jura neuchâtelois.

Fig. 16 La zone d'étude avec 28 carrés équipés d'un ou plusieurs enregistreurs – 2024. Un carré se trouve hors de la zone dans le Jura neuchâtelois.

En 2024, 45 sites dans la zone d'étude (28 carrés de 2 x 2 km) été dotés d'un enregistreur (28 sites sur la zone du GOBE, 14 sur la zone du GTJV et trois sur celle du GERNOV). Cette année, seulement un site était équipé hors de la zone d'étude, dans le Jura neuchâtelois (Fig. 16).

2.4.3 Acoustique active

Les conséquences de l'usage de la repasse sont examinées avec une approche expérimentale. Nous comparons les valeurs d'un groupe de couples ayant bénéficié d'un traitement, pour lesquels la repasse a été pratiquée, à celles d'un groupe témoin, c'est-à-dire les couples pour lesquels nous n'avons pas utilisé de repasse. Pour chacune des deux espèces, on examine les deux valeurs suivantes : a) le temps nécessaire pour que l'activité vocale retrouve l'intensité individuelle antérieure au dérangement ; b) le succès de reproduction des deux groupes.

Le protocole de repasse, que nous avons établi pour cette étude sur le terrain, s'inspire grandement de celui du monitoring LPO/ONF français sur les Petites Chouettes de Montagne (Laguet 2020). Nous avons utilisé les mêmes bandes sonores avec un volume standardisé (72 décibels) et appliqué les mêmes phases et mêmes durées pour nos points d'écoute. Cela permettra de comparer les résultats que nous obtiendrons dans notre étude à ceux du monitoring français. Contrairement au protocole français, qui consiste à réaliser cinq points d'écoute sur un transect de 2 km, nous ne réalisons qu'un seul point de repasse par soirée, ceci parce que nous voulions atteindre une indépendance statistique sur un seul site.

Les points de repasse Chevêchette débutent 15 minutes avant l'heure de coucher du soleil et ceux de Tengmalm dix minutes après l'heure de coucher du soleil. Une repasse protocolée dure dix minutes par point, et se découpe en trois phases distinctes : 1) un temps d'écoute spontanée d'une durée de deux minutes ; 2) la diffusion de la bande sonore de repasse d'une durée de trois minutes ; 3) à nouveau un temps d'écoute de 5 minutes.

Le rayon d'action d'un individu étant supérieur à 500 mètres, nous pouvons supposer que les cinq points d'un même transect ne sont pas indépendants les uns des autres. Par conséquent, nous craignons que l'usage de repasse puisse attirer un individu d'un site à l'autre ou un individu puisse être recensé sur un site voisin lors de répétitions de l'enquête. En cas de réaction durant la phase de repasse, la diffusion de la bande sonore est coupée et la phase d'écoute qui s'ensuit démarre immédiatement. Néanmoins, si un individu chante durant la phase d'écoute spontanée, le protocole français prévoit qu'il n'y ait pas de repasse. Comme l'objectif de notre étude est d'évaluer le dérangement possiblement engendré par la diffusion d'une repasse, il s'avère nécessaire de diffuser la bande sonore même si un individu se manifeste spontanément. Nous patientons alors jusqu'à cinq minutes qu'il arrête de chanter avant de diffuser, malgré tout, la bande sonore. Les résultats obtenus lors d'une repasse protocolée sont consignés sur une fiche de terrain (Annexe 4). En plus de la réaction des chouettes, le mobbing, soit la réaction des passereaux à la diffusion de la bande sonore d'un de leurs prédateurs, est noté, ainsi que la présence de la Chouette hulotte. Nous avons principalement utilisé le FoxPro NX4 (FOXPRO Inc. 2016) pour l'acoustique active (



Fig. 17).



Fig. 17 Un bénévole manipule un FoxPro NX4 lors de repasses protocolées. © Thomas Sattler

Pour pouvoir évaluer l'impact de la repasse, nous avons réalisé une étude expérimentale. Le territoire français de notre zone d'étude est en grande partie couvert par le suivi protocolé PCM français LPO/ONF, faisant donc lui aussi appel à la repasse. Il n'était donc pas nécessaire, et il aurait même été contre-productif vis-à-vis du monitoring français, de réaliser des points de repasse supplémentaires. La repasse pratiquée par le protocole français remplissait toutes les conditions nécessaires aux besoins de notre étude. Le protocole de repasse a ainsi été pratiqué sur onze sites de notre zone d'étude en 2023 et sur 16 sites en 2024 (Fig. 18). De ce fait, la repasse a été pratiquée sur approximativement 50 % des sites suivis par un enregistreur (25).

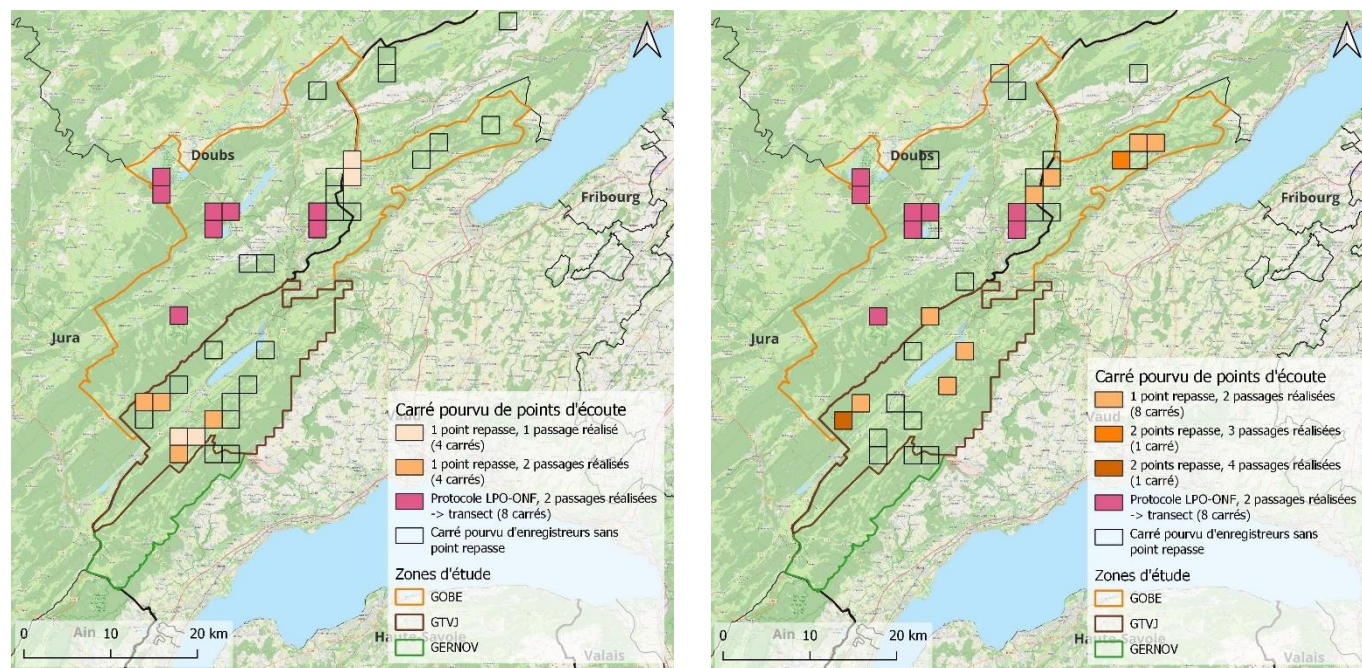


Fig. 18 Carrés sélectionnés pour l'active acoustic monitoring (repass) des deux espèces au regard du passive acoustic monitoring lors des saisons 2023 et 2024.

3 Résultats

Avec cette étude, nous avons principalement pour objectif d'obtenir une expérience avec l'acoustique passive et active dans le monitoring de la Chouette de Tengmalm et de la Chevêchette d'Europe, afin de comparer les méthodes et d'identifier leurs avantages et inconvénients. Ces bases serviront à développer une méthode de monitoring acoustique à l'échelle de la Suisse.

3.1 Effort de prospection

L'effort de prospection apparaît en hausse entre 2023 et 2024, tant sur le nombre de données transmises (y compris les non-détections avec le nombre = 0 et le code Atlas = 99) que sur la couverture géographique des zones prospectées (Fig. 19). Pour la Chouette de Tengmalm, 342 données ont été transmises en 2023, contre 538 en 2024. Pour la Chevêchette d'Europe, il y a eu 211 données en 2023 et 303 en 2024 (Fig. 20).

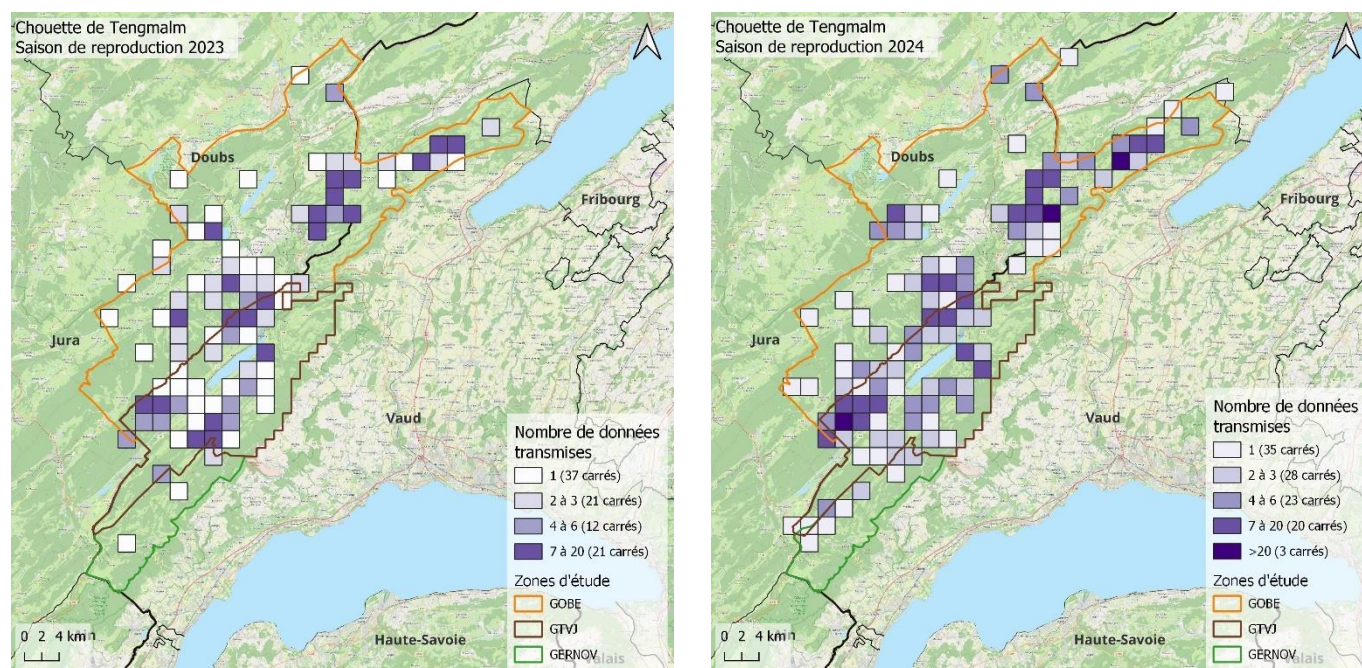


Fig. 19 Effort de prospection pour la Chouette de Tengmalm en 2023 et 2024. Sont prises en compte toutes les données saisies (y compris les non-détections avec le code Atlas = 99). En 2023, un total de 342 données (dont 153 données de présence) a été rapporté à partir de 91 carrés, tandis qu'en 2024, il y avait 538 données (362 présences) provenant de 109 carrés (ornitho.ch, FauneFrance).

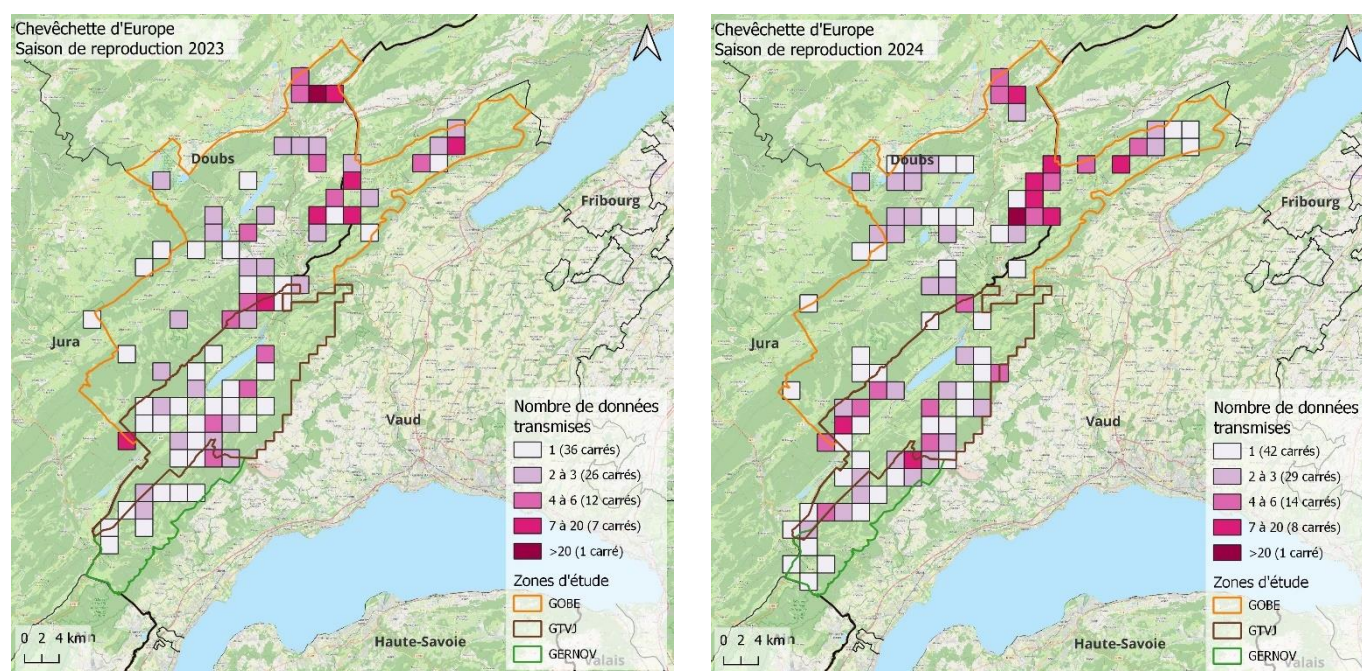


Fig. 20 Effort de prospection pour la Chevêchette d'Europe en 2023 et 2024. Sont prises en compte toutes les données saisies (y compris les non-détections avec le code Atlas = 99). En 2023, un total de 211 données (dont 165 données de présence) a été rapporté à partir de 82 carrés, tandis qu'en 2024, il y avait 303 données (249 présences) provenant de 94 carrés (ornitho.ch, FauneFrance).

3.2 Distribution des rapaces nocturnes sur la zone d'étude, entre 2023 et 2024

En Suisse, toutes les observations de chouettes et hiboux doivent être signalées sur la plateforme en ligne ornitho.ch. C'est pourquoi, en plus des deux espèces cibles, la Chevêchette d'Europe et la Chouette de Tengmalm, nous nous attendons à ce qu'ait été relativement bien recensées dans notre zone d'étude, même si ce n'est pas de manière exhaustive, les deux espèces répandues que sont la Chouette hulotte et le Hibou moyen-duc. Au moins l'une des quatre

espèces a été détectée sur 220 carrés de 4 km², soit 61 % de la zone d'étude qui totalise 359 carrés (Fig. 21 & Annexe 5).

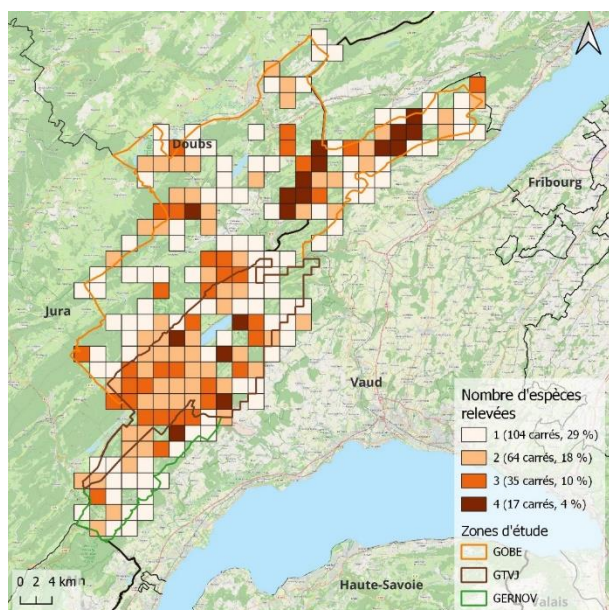


Fig. 21 Richesse spécifique des quatre rapaces nocturnes forestiers considérés (*Chevêchette d'Europe*, *Chouette de Tengmalm*, *Chouette hulotte* et *Hibou moyen-duc*), dans la zone d'étude, par carrés 2x2km (total de 359 carrés). Sont prises en compte toutes les données positives (543 données en 2023 (T153, C165, H 177 MD53) et 867 en 2024 (T362, C249, H 209, MD47)) (ornitho.ch, FauneFrance).

La Chevêchette est relevée sur 108 carrés parmi les 359 carrés que globalise la zone d'étude, durant les deux années de terrain, soit 30 % (Fig. 22). Elle est relevée sur 58 carrés (16 %) en 2023 et sur 83 carrés (23 %) en 2024, soit une progression de 43 %. Elle apparaît dans 5 carrés en 2023 où elle n'est pas détectée en 2024. Plus fortement détectée en 2024, elle apparaît présente dans 30 carrés en 2024 où elle n'avait pas été trouvée en 2023. Pour 53 carrés, elle a été contactée à la fois en 2023 et en 2024.

La Chouette de Tengmalm apparaît sur 95 carrés, soit 26 % (Fig. 23). Elle est détectée dans 44 carrés en 2023 et dans 81 carrés en 2024, soit une progression de 84 %. 30 carrés attestent de sa présence à la fois en 2023 et en 2024. Dans 14 carrés, elle n'a été trouvée qu'en 2023 et dans 51 carrés, seulement en 2024. Une fois encore, le nombre de carrés positifs à la présence du rapace nocturne est plus conséquent en 2023 qu'en 2024.

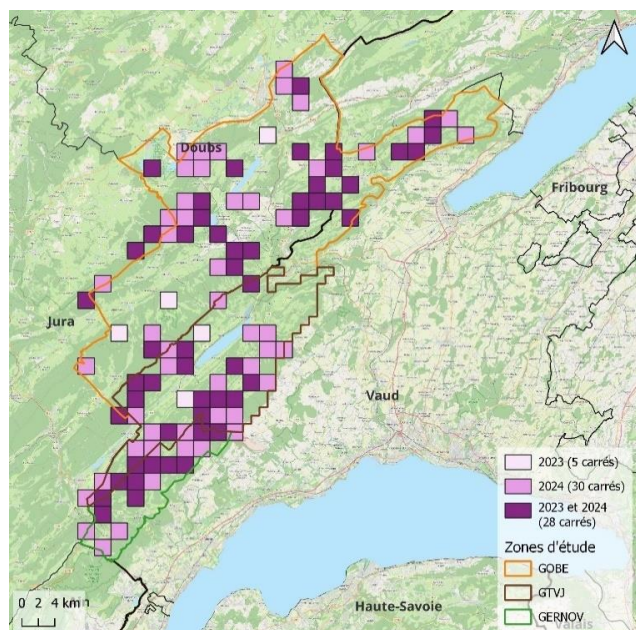


Fig. 22 Distribution de la Chevêche d'Europe, dans la zone d'étude, par carrés 2x2km, en 2023 et 2024. Sont prises en compte toutes les données positives (nombre > 0) (ornitho.ch, FauneFrance).

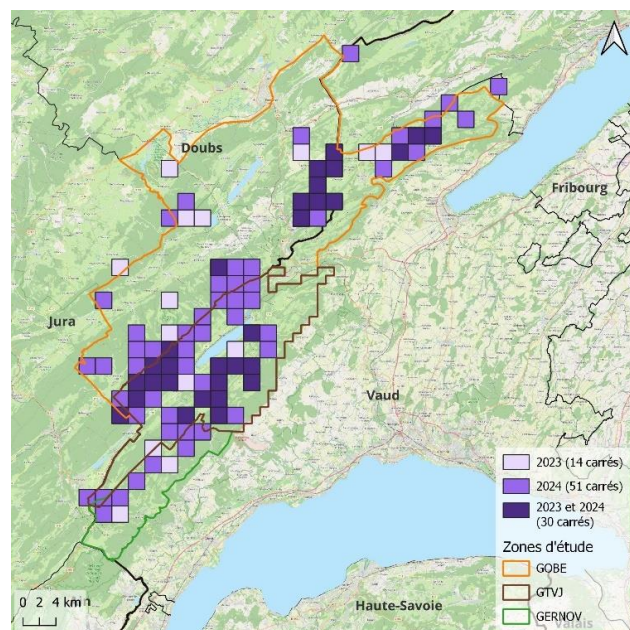


Fig. 23 Distribution de la Chouette de Tengmalm, dans la zone d'étude, par carré 2x2km, en 2023 et 2024. Sont prises en compte toutes les données positives (nombre > 0) (ornitho.ch, FauneFrance).

La présence de la Chouette hulotte est relevée sur 152 carrés, soit 42 %, et celle du Hibou moyen-duc est constatée sur 51 carrés, soit 14 % (Fig. 24). Si l'on observe plus en détail la distribution de la Chouette hulotte vis-à-vis de celle de la Chouette de Tengmalm, 186 carrés attestent de la présence d'au moins une des deux espèces ; 61 carrés, de la présence simultanée des deux espèces, soit 33 %. La présence de la Chouette hulotte est rapportée sur 91 carrés exempts de Chouette de Tengmalm, soit 49 %, et celle de la Tengmalm est relevée sur 34 carrés exempts de Hulotte, soit 18 %.

Si l'on observe plus en détail la distribution du Hibou moyen-duc vis-à-vis de celle de la Chouette de Tengmalm, 114 carrés attestent de la présence d'au moins une des deux espèces et 31 carrés attestent de la présence simultanée des deux espèces, soit 27 %. La présence du Hibou moyen-duc est rapportée sur 20 carrés exempts de Chouette de Tengmalm, soit 18 %, et la présence de la Chouette de Tengmalm est relevée sur 63 carrés exempts de Hibou moyen-duc, soit 55 %.

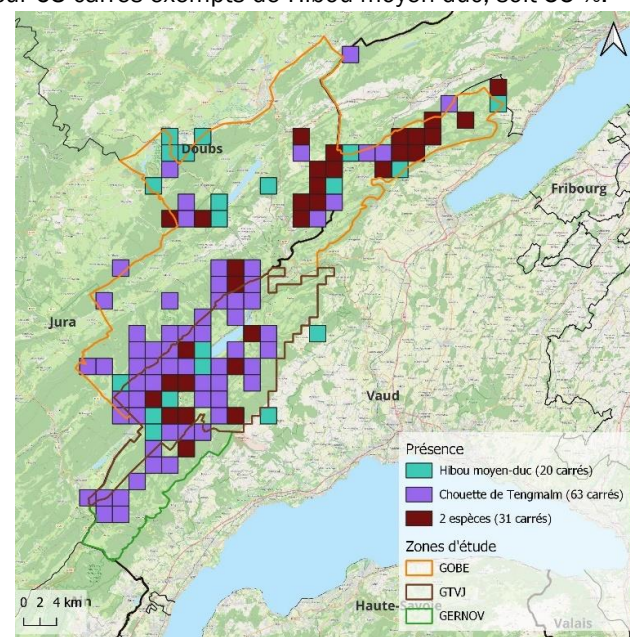
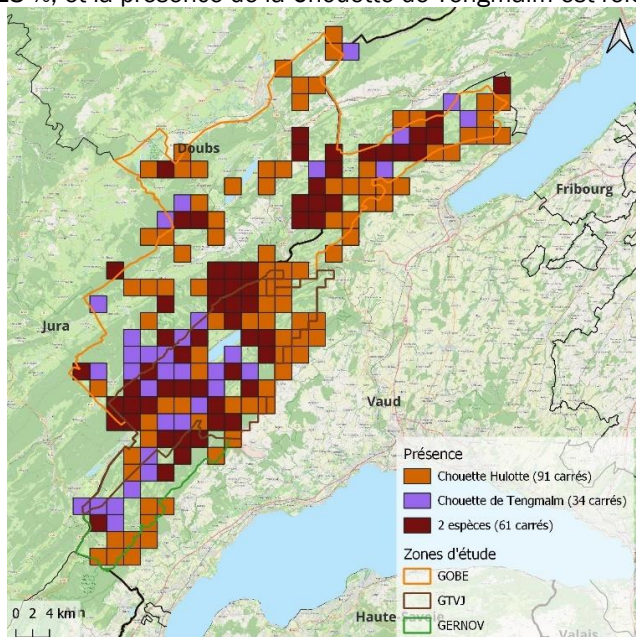


Fig. 24 Distribution de la Chouette hulotte (à gauche) et du Hibou-moyen-duc (à droite), par carrés 2x2 km, en 2023 et 2024, au regard de la Chouette de Tengmalm. Sont prises en compte toutes les données positives (nombre > 0) (ornitho.ch, FauneFrance).

3.3 Bilan de reproduction des petites chouettes de montagne dans le Jura vaudois

3.3.1 Chouette de Tengmalm

Des données de Chouette de Tengmalm, avec attribution d'un code atlas, durant les saisons de reproduction 2023 et 2024, sont relevées dans 91 carrés. Pour 25 d'entre eux (27 %), un nicheur potentiel a été identifié à la fois en 2023 et en 2024 (Fig. 25). Dans 45 des 91 carrés, ont été découverts des nicheurs certains de Chouette de Tengmalm. Et parmi ces derniers, ce sont douze carrés (de nouveau 27 %) avec des nicheurs certains, à la fois en 2023 et 2024 (Annexe 6).

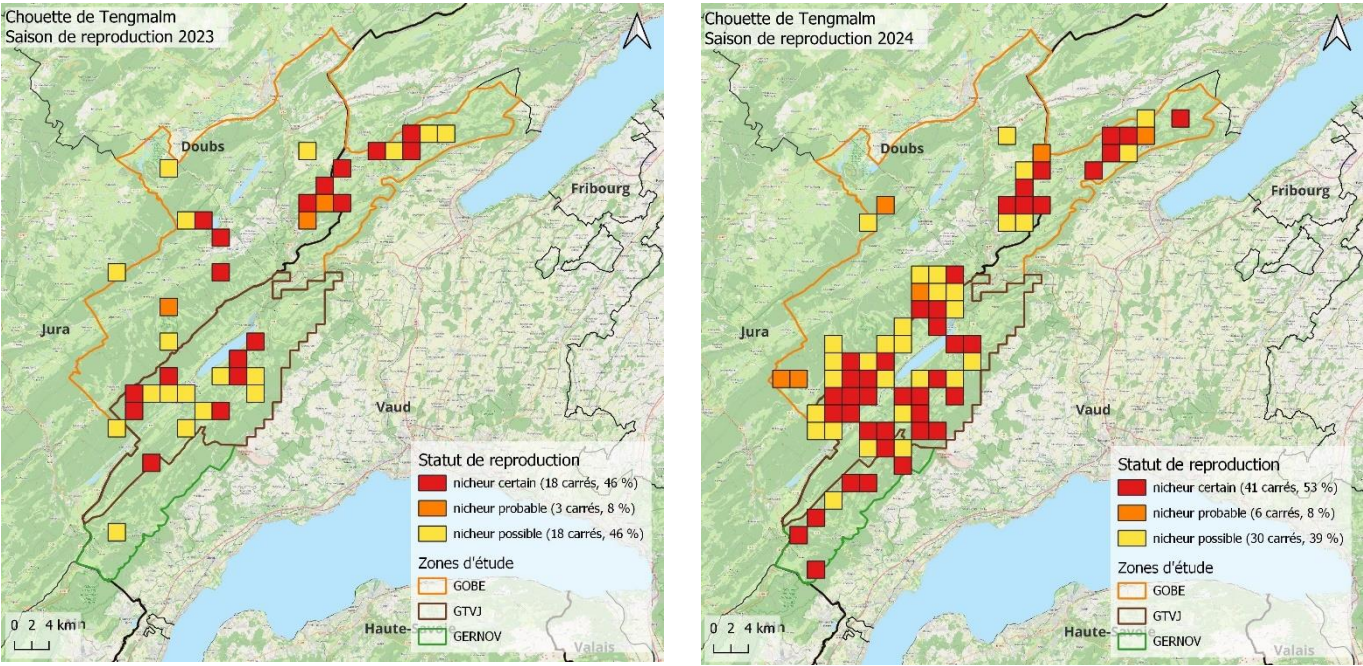


Fig. 25 Distribution de la Chouette de Tengmalm dans la zone d'étude, par carrés 2x2km, selon son statut de nidification, en 2023 et 2024. Sont prises en compte seulement les données positives (nombre > 0) avec attribution d'un code atlas (ornitho.ch, FauneFrance).

En 2023, 22 couples cantonnés de Chouette de Tengmalm ont été répertoriés sur la forêt de la zone d'étude (681 km²). Ces installations se sont soldées par une ponte pour 21 couples (Fig. 26), dont 16 (76 % des couples nicheurs) se sont avérés reproducteurs (couples dont les œufs ont éclos). 15 couples (71 % des couples nicheurs) ont mené des poussins à l'envol. Le nombre de poussins est estimé à 45, au moins, qui ont quitté leur loge avec succès (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Une nidification a été découverte dans l'Oberland bernois et une autre dans le Jura neuchâtelois, chacune sur un site suivi par un enregistreur, mais les deux nidifications ont toutefois été prédatées.

En 2024, le nombre de couples cantonnés s'élève à 64. 61 de ces installations ont donné lieu à une ponte (Fig. 26). Au moins 37 couples (61 % des couples nicheurs) se sont avérés reproducteurs, puis 35 d'entre eux (57 % des couples nicheurs) ont mené des poussins à l'envol. Le nombre de ces poussins est estimé à au moins 141 individus qui sont parvenus à prendre leur envol (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tab. 1 Bilan des saisons de reproduction de la chouette de Tengmalm en 2023 et 2024, selon les subrégions.

Subrégions	Couples cantonnés		Couples nicheurs		Couples reproducteurs		Couples producteurs		Nombre de poussins	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
GTVJ	9	38	9	37	8	≥19	8	≥19	≥24	≥80
GERNOV	0	8	0	8	0	≥5	0	≥5	0	≥20
GOBE (historique)	9	16	8	15	7	≥12	6	≥8	≥20	≥35
GOBE (extension)	4	2	4	1	1	1	1	1	≥1	≥6
Global	22	64	21	61	16	≥37	15	≥35	≥45	≥141

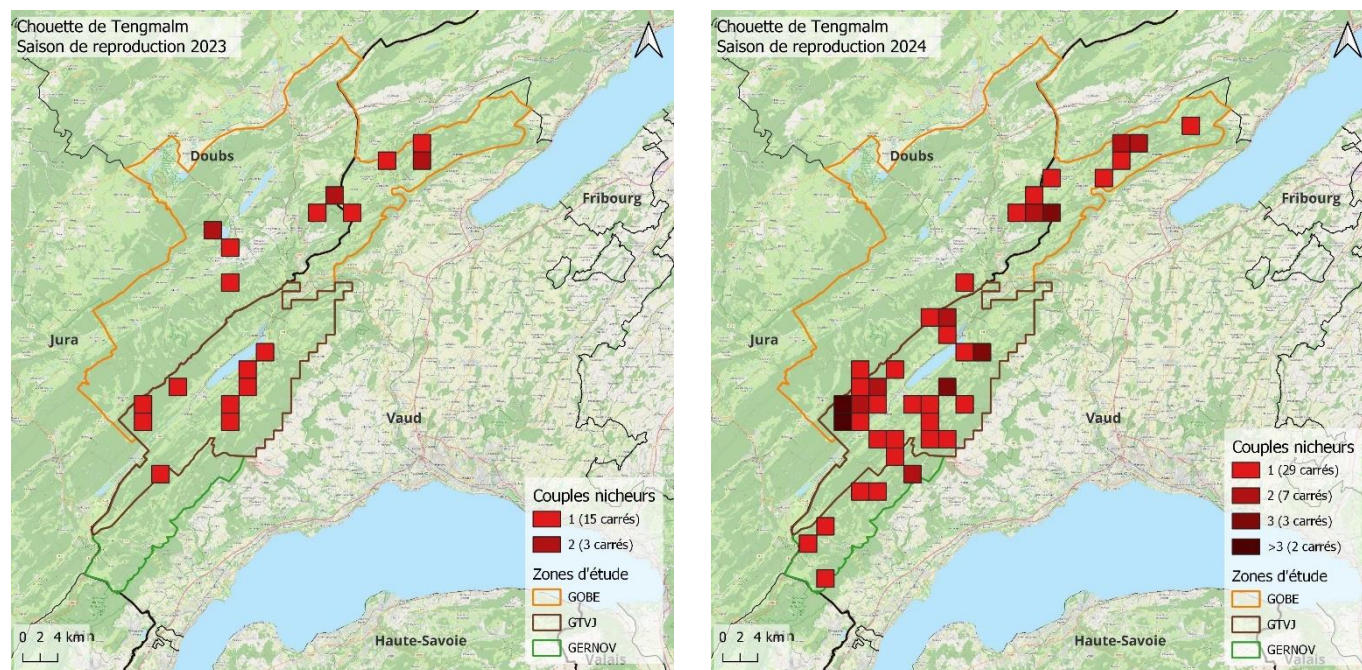


Fig. 26 Répartition des couples nicheurs de Chouette de Tengmalm relevés sur la zone d'étude, par carrés 2x2 km, en 2023 (21 couples) et 2024 (61 couples).

3.3.2 Chevêchette d'Europe

Des données de Chevêchette d'Europe, avec attribution d'un code atlas, durant les saisons de reproduction 2023 et 2024, sont relevées dans 78 carrés. Pour 21 carrés, soit 27 %, un nicheur potentiel a été identifié à la fois en 2023 et en 2024 (Fig. 27). Dans 21 des 78 carrés, ont été découverts des nicheurs certains de Chevêchette d'Europe. Et parmi ces derniers, quatre carrés (19 %), attestent de la présence de nicheurs certains, à la fois en 2023 et 2024 (Annexe 6).

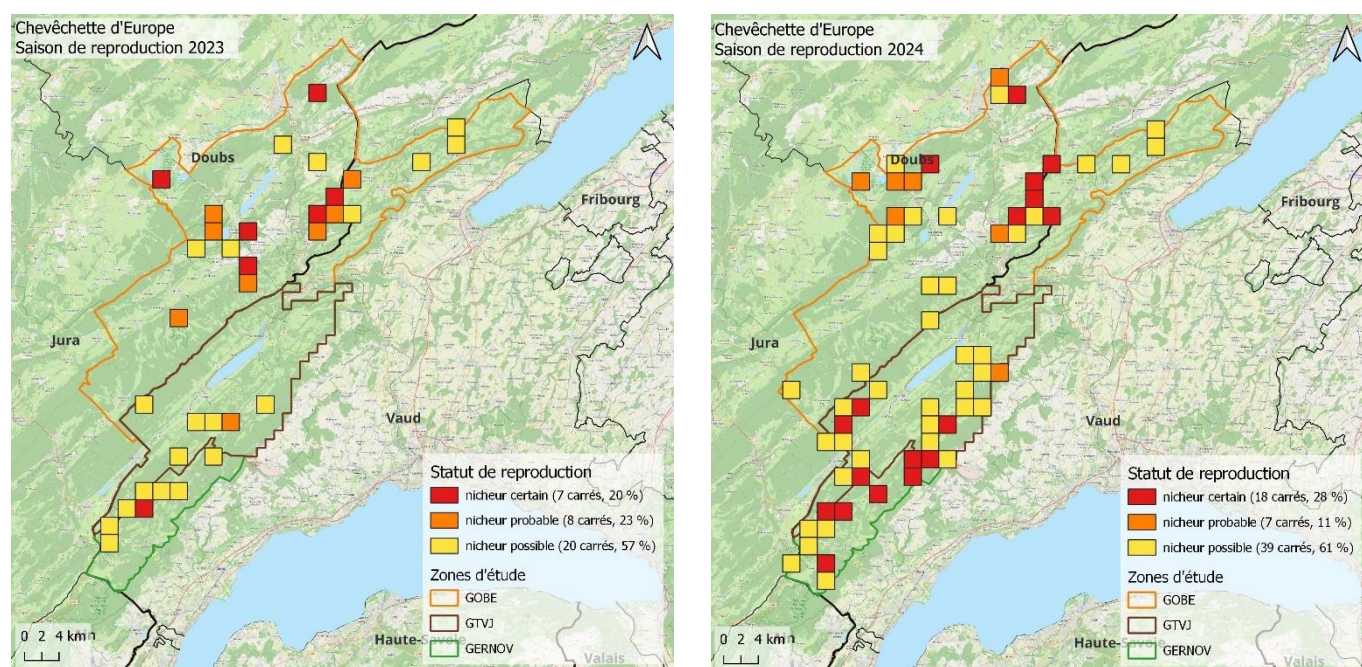


Fig. 27 Distribution des observations de Chevêchette d'Europe selon le statut de nidification, sur la zone d'étude, par carré de 2x2 km, en 2023 et 2024 (ornitho.ch, FauneFrance).

En 2023, neuf couples cantonnés de Chevêchette d'Europe ont été répertoriés sur la zone d'étude. Ces installations se sont soldées par une ponte pour six couples, dont quatre (67 % des couples nicheurs) se sont avérés reproducteurs. Trois couples (50 % des couples nicheurs) ont mené des poussins à l'envol. Le nombre de poussins est estimé à au moins 12 individus qui ont quitté leur loge avec succès (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Deux reproductions se sont achevées par la prédation des œufs. Il semblerait que ce soit l'œuvre d'un pic.

Tab. 2 Bilan des saisons de reproduction de la Chevêchette d'Europe en 2023 et 2024, selon les subrégions.

Subrégions	Couples cantonnés		Couples nicheurs		Couples reproducteurs		Couples producteurs		Nombre de poussins	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
GTVJ	0	5	0	5	0	≥4	0	≥4	0	≥14
GERNOV	3	8	1	8	1	8	0	8	0	39
GOBE	6	8	5	8	3	8	3	7	≥12	≥24
Global	9	21	6	21	4	≥20	3	≥19	≥12	≥77

En 2024, le nombre de couples cantonnés s'élève à 21. Toutes ces installations ont donné lieu à une ponte. 20 couples au moins (95 % des couples nicheurs) se sont avérés reproducteurs, puis au moins 19 d'entre eux (90 % des couples nicheurs) ont mené des poussins à l'envol. Le nombre de ces poussins est estimé à au moins 77 individus qui sont parvenus à prendre leur envol (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

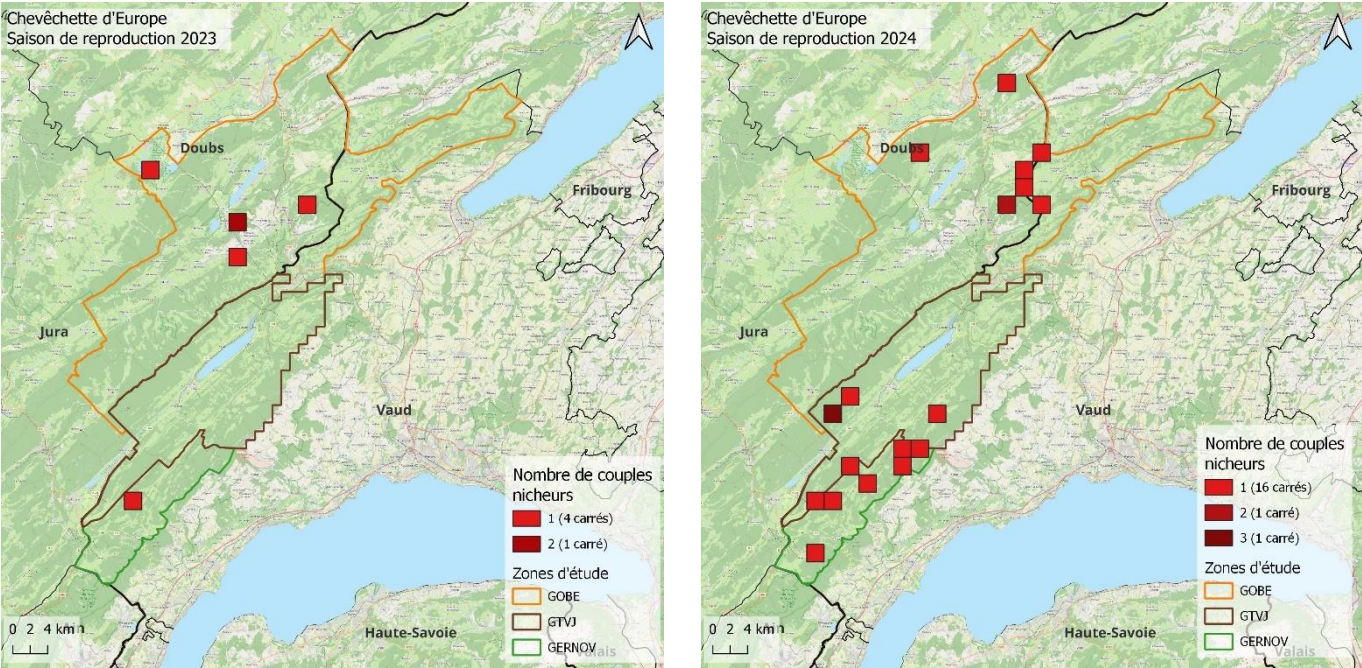


Fig. 28 Répartition des couples nicheurs de chevêchette d'Europe relevés sur la zone d'étude en 2023 (six couples) et 2024 (21 couples).

3.4 Effort de la surveillance acoustique passive

L'ensemble des saisons de reproduction de 2023 et de 2024 totalise 69'655 heures d'enregistrement. 33'510 heures ont été recueillies en 2023 et 36'145 heures en 2024 (Annexe 7). Les différences absolues entre les deux années, ainsi que les différences relatives entre les mois, s'expliquent surtout par le plus grand nombre de chouettes et de nichées en 2024, respectivement par la saison plus précoce. Le nombre d'enregistrements du mois de février est nettement plus conséquent en 2024 (14 %), qu'en 2023 (5 %) (

Fig. 29). A contrario, les enregistrements réalisés en juin et juillet s'élèvent respectivement à 12 % et 3 % en 2023, alors que juin ne représente que 2 % et que juillet est insignifiant en 2024, avec seulement 0,2 %.

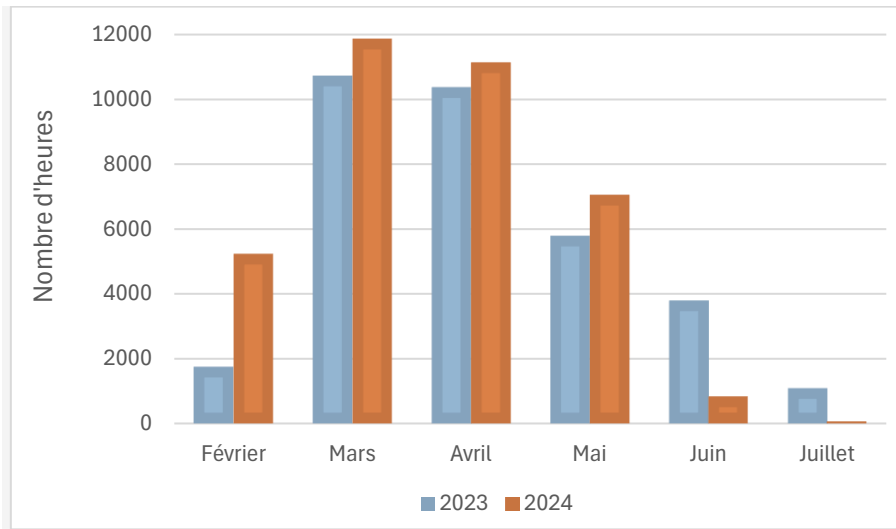


Fig. 29 Répartition mensuelle des enregistrements en 2023 et 2024.

Certains enregistreurs ont pu être installés sur un site pertinent dès le début de la saison de reproduction, si bien qu’ils bénéficient d’un nombre d’heures enregistrées conséquent. D’autres ont été installés en début de saison sur des sites jugés prometteurs mais qui, d’après les premières analyses, ont finalement montré des résultats peu probants. Il s’est alors avéré plus pertinent de les réutiliser sur d’autres sites plus judicieux. D’autres encore ont été installés plus tardivement au cours de la saison de reproduction, donnant suite à la découverte d’une reproduction en cours (Annexe 7).

3.5 Nombre de sites avec la repasse

Le dérangement potentiellement généré par cette technique est examiné, individuellement pour chacune des deux espèces, au moyen de l’activité acoustique (fréquence des chants du mâle) et le succès de reproduction. Pour connaître les effets générés par la repasse, il faut combiner les données du PAM, des contrôles des nids et de la repasse elle-même. Les résultats de PAM n’étant pas encore disponibles, nous donnons ici un aperçu du nombre de sites utilisés pour les expérimentations (repassse) et ceux utilisés pour les contrôles (pas de repasse ; Tab. 3). Les sites de reproduction situés dans un rayon de 500 mètres où la repasse a été pratiquée ont été désignés comme sites expérimentaux, les autres ont été désignés comme sites de contrôle. Tous les sites ont été équipés d’un appareil d’enregistrement, afin de pouvoir ensuite étudier et comparer le comportement vocal du couple par rapport à la repasse.

Tab. 3 Synthèse des nombres de sites de reproduction des nidifications au regard de la repasse (2023 et 2024 combinés).

Reproduction	Chouette de Tengmalm			Chevêchette d’Europe		
	Sites expé- rimentales (repassse)	Sites de contrôle (pas de repasse)	Total	Sites expé- rimentales (repassse)	Sites de contrôle (pas de repasse)	Total
succès	10	38	48	6	17	23
échec	1	12	13	1	4	5
inconnu	4	18	22	0	1	1
Total	15	68	83	7	22	29
Sans reproduction	2	0	2	0	0	1

En 2023, trois sites, où la repasse a été diffusée, sont concernées par une reproduction de Chouette de Tengmalm ou l’occupation d’une cavité. Pour deux d’entre eux, les nichées se sont envolées avec succès. Pour le 3^e site, une femelle avait été repérée fréquentant une loge, mais nous avons constaté plus tard l’abandon du site, sans qu’aucune ponte n’ait été déposée. Pour les sites suivis sans repasse, 20 sites sont concernés par une reproduction de Chouette de Tengmalm ; 13 se sont déroulées avec succès et sept échecs sont à déplorer, dus à de la prédation pour quatre d’entre eux. Pour les deux autres échecs, la ponte a été retrouvée abandonnée, et pour le 7^e, la cause d’échec n’est pas connue.

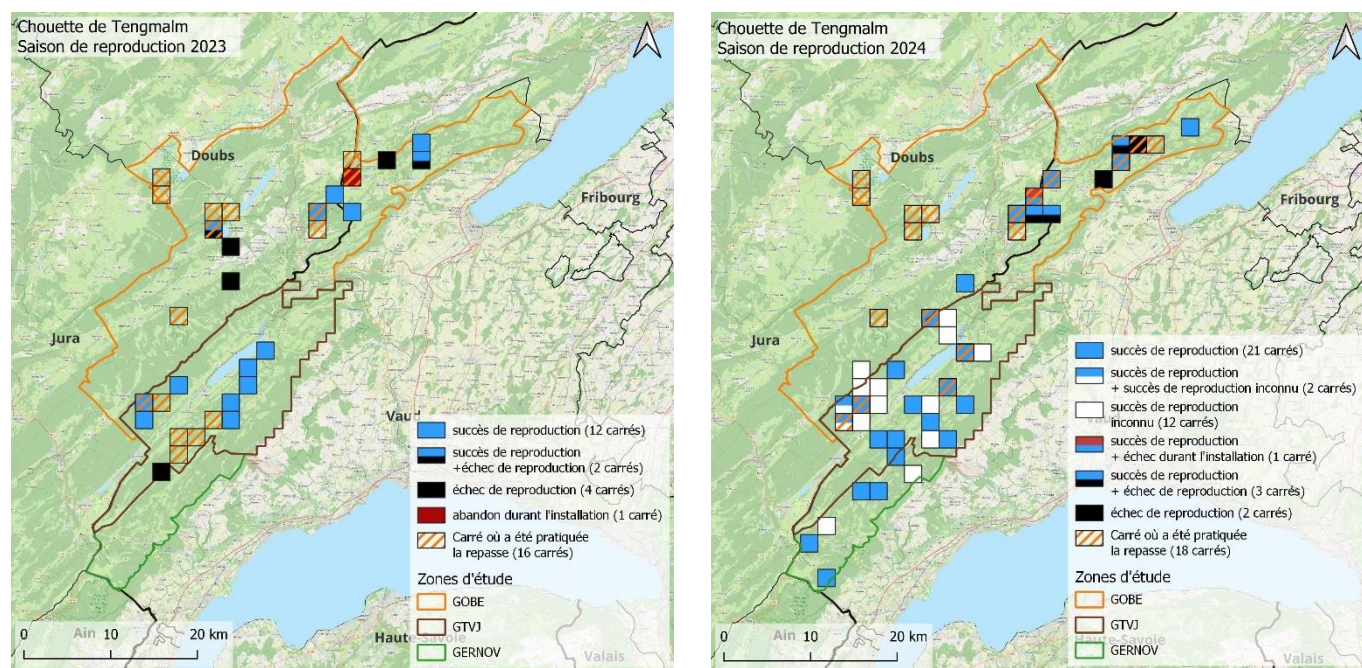


Fig. 30 Distribution du succès de reproduction de la Chouette de Tengmalm, sur la zone d'étude, par carré 2x2km, au regard de la repasse pratiquée lors des saisons 2023 et 2024 (nombres carrés avec reproduction ou couples cantonnés : 2023 = 19 ; 2024 = 40).

En 2024, 14 sites, parmi ceux retenus pour diffusion de la repasse, sont concernées par une reproduction de Chouette de Tengmalm ou l'occupation d'une cavité. Pour huit d'entre eux, la reproduction a été couronnée de succès. Pour un autre site, les poussins ont été victimes d'une prédation. Sur un autre site, une femelle occupait une loge mais nous avons par la suite constaté l'abandon de la cavité, sans dépôt de ponte. Pour quatre autres sites, nous ne connaissons pas le succès de reproduction.

Pour les sites suivis sans repasse, 48 sont concernés par une reproduction de Chouette de Tengmalm ou l'occupation d'une cavité. Pour 25 d'entre eux, la reproduction a été un succès. Pour cinq autres, l'issue de la nidification s'est avérée être un échec (deux cas de prédateurs sur des poussins, deux cas de prédateurs de la ponte et un abandon de ponte). Pour les 18 autres sites, l'issue de la reproduction n'est pas connue.

La Chevêchette n'utilise pas de nichoirs. Comme les cavités naturelles du Pic épeiche et du Pic tridactyle sont également beaucoup plus fréquentes que celles du Pic noir, il est beaucoup plus difficile de trouver les sites de reproduction de cette espèce. En 2023, deux sites, où la repasse a été pratiquée, sont concernés par une reproduction de chevêchette. Les deux nidifications se sont achevées par un succès de reproduction. Pour les sites suivis où la repasse n'a pas été pratiquée, deux reproductions se sont déroulées avec succès quand deux échecs, tous deux dus à la prédation de la ponte, sont à déplorer. Pour un autre site, un couple fréquentait une loge, mais celle-ci a fini par être abandonnée sans qu'aucune ponte n'ait été déposée.

En 2024, cinq sites, parmi ceux retenus pour réalisation du protocole de repasse, sont concernés par une reproduction de Chevêchette. Pour quatre sites, l'issue de la reproduction fut un succès. Pour le 5^e site, une ponte de 8 œufs fut découverte abandonnée. En ce qui concerne les sites sans repasse, 16 sites sont concernés par une reproduction de Chevêchette ou l'occupation d'une cavité. Pour 15 d'entre eux, la nidification s'est déroulée avec succès. Pour le 16^e, l'issue de la reproduction n'est pas connue.

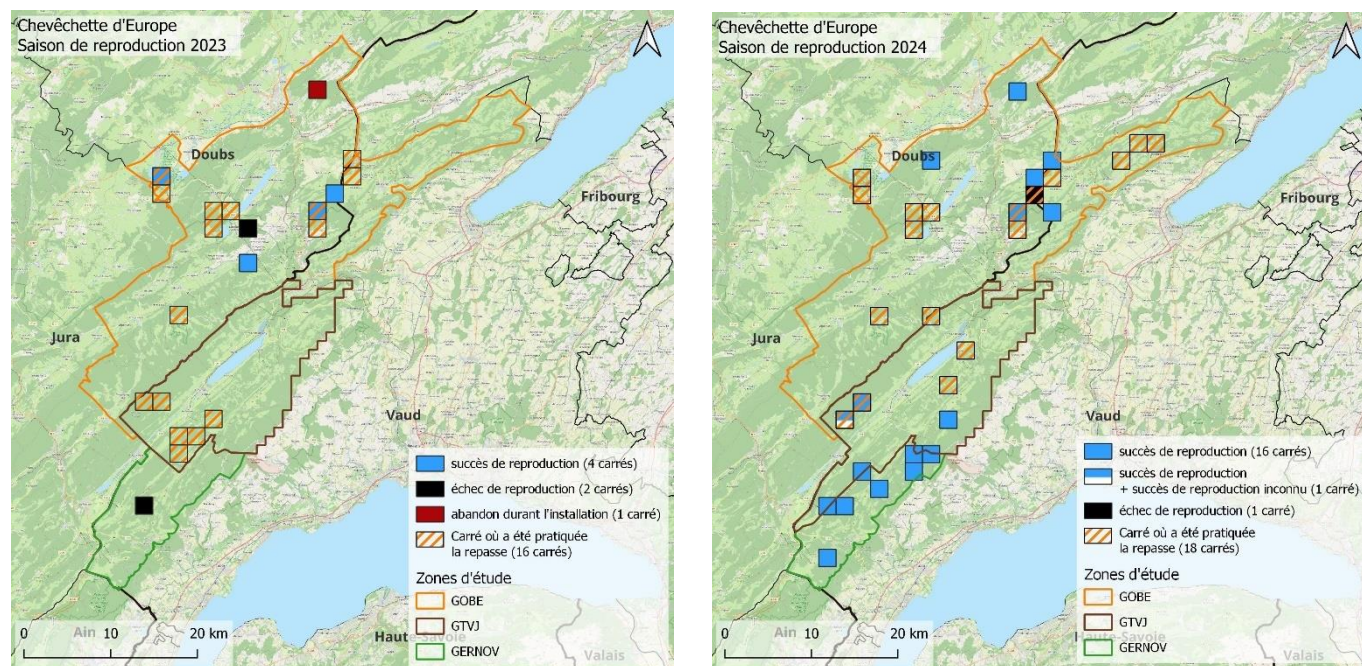


Fig. 31 Distribution du succès de reproduction de la Chevêchette d'Europe, sur la zone d'étude, par carré 2x2km, au regard de la repasse pratiquée lors des saisons 2023 et 2024 (nombres de carrés avec couples cantonnées ou reproduction : 2023 = 7 ; 2024 = 18).

4 Synthèse et perspectives

Cette étude a acquis de l'expérience en monitoring acoustique passive et active des Chouettes de Tengmalm et Chevêchettes d'Europe afin de comparer ces méthodes et poser les bases d'un système de suivi à l'échelle suisse. Le présent document constitue un rapport intermédiaire présentant les premiers résultats du travail de terrain. Les analyses des données acoustiques suivront.

La zone d'étude représente une surface de 1129 km² (dont 681 km² la forêt mixte) et se situe dans le Jura ouest dans des proportions similaires en Suisse (canton de Vaud) et en France (département du Doubs). Grâce au travail bénévole de trois groupes d'études locaux (GOBE, GTVJ, GERNOV) depuis des décennies, 270 nichoirs pour la chouette de Tengmalm ont été installés sur cette surface et un total de 868 arbres à cavités pour le Pic noir ont été cartographiés. Un total de 228 arbres à cavités forgé par le Pic épeiche (ou autre espèce de pic), a également été recensé pour la Chevêchette d'Europe. Dans le cadre du présent projet, toutes ces données ont pu être réunies pour la première fois dans un projet SIG commun.

Les deux années de relevé ont produit des résultats très différents en raison de la faible fructification des hêtres en 2023 et de la forte densité de campagnols en 2024, qui en dépendent. La saison de reproduction 2024 atteste d'un bilan plus positif que la saison 2023. En 2023, 153 observations de Chouette de Tengmalm ont été signalées, contre 362 en 2024 (+132 %). Pour la Chevêchette d'Europe, 165 observations ont été signalées en 2023, contre 249 en 2024 (+51 %).

Grâce aux écoutes classiques, la Chevêchette a été relevée dans 30 % des carrés au cours d'au moins une des deux années. La Chouette de Tengmalm apparaît sur 95 carrés, soit 26 %. Par ailleurs, la Chouette hulotte a été observée dans 152 carrés (42 %) et le Hibou moyen-duc dans 51 carrés (14 %).

Pour la Chouette de Tengmalm, 21 nichées ont été trouvées en 2023 et 61 en 2024 (+190 %). Pour la Chevêchette d'Europe, il n'y avait que six nichées en 2023 et 21 en 2024 (+250 %). Les différences de disponibilité alimentaire entre 2023 et 2024 se sont répercutées sur la quantité de couples nicheurs, sur la taille des nichées et sur la proportion de nichées commencées et réussies (Kouba et al. 2020, Ravussin et al. 2022).

4.1 Cycles et tendance de population à long terme pour la Chouette de Tengmalm

Espèce nomade soumise aux fluctuations des micromammifères, la Chouette de Tengmalm nécessite une analyse sur plusieurs années pour dégager une tendance fiable ; grâce aux données disponibles depuis 1989, nous pouvons désormais évaluer les cycles de population et l'évolution du nombre de nidifications dans la zone d'étude.

Grace aux données de longue date, les cycles de population se révèlent clairement, allant de deux à cinq ans. On remarque toutefois que les cycles de population tendent à se raccourcir sur la durée depuis 2006. En effet, entre 1989 et 2005, les cycles s'étendent sur 4 à 5 ans alors qu'ils ne s'étendent plus que sur 2 à 4 ans passé 2006 (Fig. 32). Ces changements chez les chouettes sont dus au raccourcissement substantiel des cycles de fructification du hêtre. De plus, la répartition relative des sites de nidification dans les nichoirs et les cavités naturelles ne semble pas changer de manière significative, ni entre les bonnes et les mauvaises années, ni à long terme. De 1989 à 2024, 947 couvées ont été recensées dans les nichoirs (47,9 %) et 1028 (52,1 %) dans les cavités. A partir de 2006, le nombre de nidifications tend également à diminuer assez fortement (Fig. 33). L'intégralité des résultats détaillés par groupes d'étude est toutefois présentée en Annexe 9.

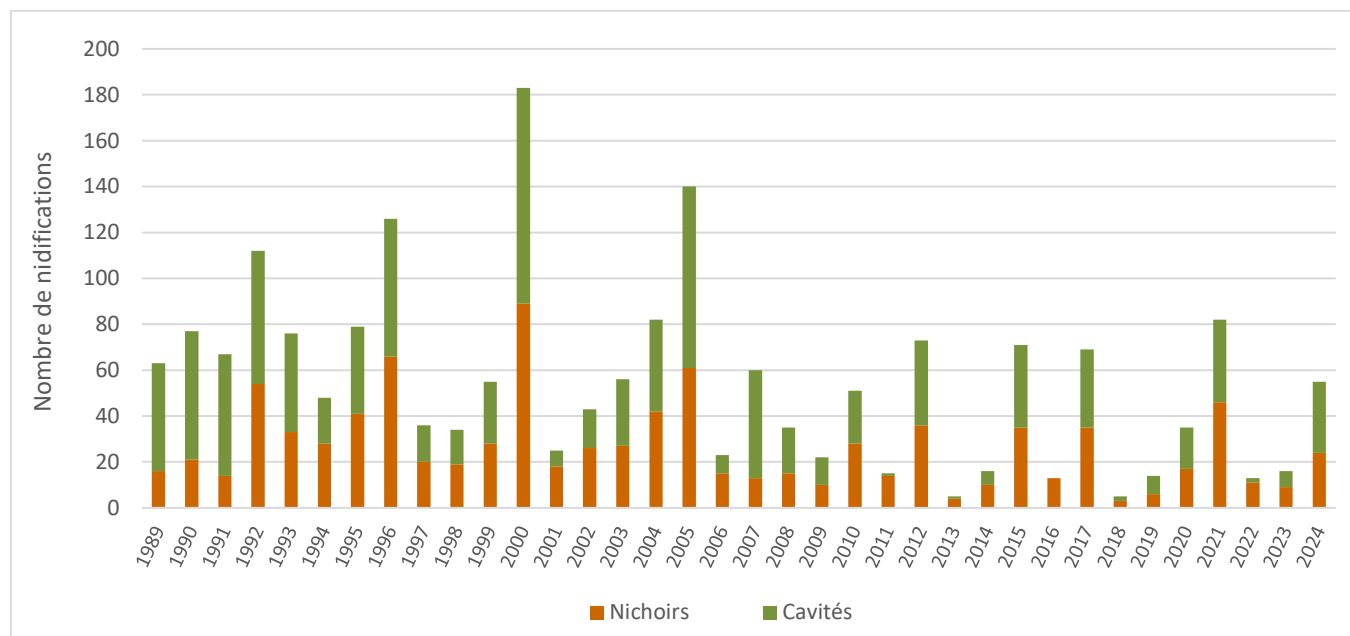


Fig. 32 Tendence de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm, trouvé de 1989 à 2024, dans le massif du Jura (GERNOV, GOBE historique, GTJV).

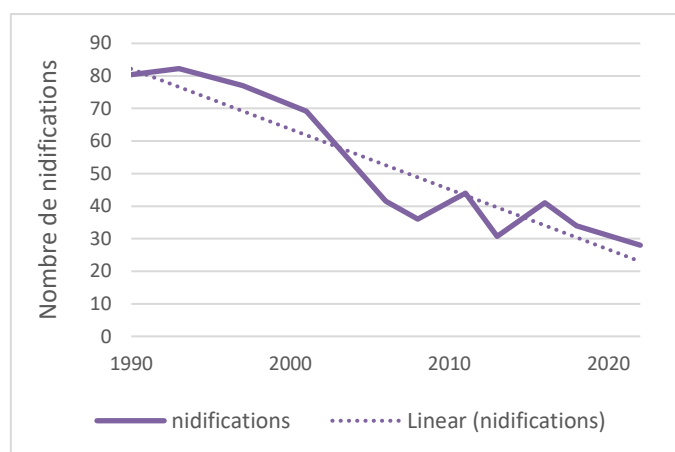


Fig. 33 Tendence de l'effectif nicheur moyen par cycle de mouvement de population (2-5 ans) de la Chouette de Tengmalm, trouvé de 1989 à 2024, réparti dans le massif du Jura (GERNOV, GOBE historique, GTJV).

4.2 Comparaison des différentes méthodes de suivi

L'un des principaux objectifs de cette étude pilote et, par conséquent, du présent rapport est la comparaison des différentes méthodes de suivi sur la base des expériences acquises sur le terrain. Les classifications qualitatives se basent sur les expériences des collaborateurs de terrain de la Station ornithologique de Sempach, qui ont utilisé toutes les méthodes (Tab. 4). Une conclusion fondamentale du travail de terrain dans ce projet pilote est que la méthode « Acoustique passive » surpasse les autres dans quatre des cinq critères (Probabilité de détection, Fiabilité à long terme, Effort sur le terrain, Dérangeant). Seul l'effort au bureau est plus élevé avec « l'acoustique passive » en raison du transfert et de

l'analyse des données. Cependant, nous voyons également à moyen terme de bonnes possibilités de réduire encore les efforts nécessaires à cet égard grâce à des outils en ligne spécialement adaptés.

Tab. 4 Comparaison des différentes méthodes de suivi.

	Probabilité de détection	Fiabilité à long-terme	Effort sur le terrain	Effort au bureau	Dérangement	Information sur l'abondance
Écoutes spontanées	moyenne	moyenne	élevé	faible	moyen	élevée
Acoustique active	dépend de l'espèce	moyenne	moyen	faible	élevé	élevée
Acoustique passive	élevée	élevée	faible	élevé	faible	faible

L'activité vocale est très variable selon les couples et selon le stade de la reproduction. Les pertes et les interruptions de reproduction entraînent un décalage de l'activité vocale des couples. Les effets des changements climatiques, avec des hivers de plus en plus doux ou des cycles de reproduction du hêtre modifiés, accentuent encore les différences dans la phénologie du cycle de reproduction des chouettes. Le moment idéal pour une écoute spontanée ou une acoustique active (repassé) reste donc incertain, une incertitude qui va continuer à s'accroître et qui est difficile à gérer. Un enregistreur acoustique moderne, en revanche, peut enregistrer nuit après nuit pendant 5 à 7 heures, de début février (ou plus tôt si nécessaire) à juin. Il peut ainsi enregistrer même les cris les plus rares. La probabilité de détection est très élevée, ce qui permet d'obtenir des données plus fiables avec une variance plus faible. Grâce à la possibilité de sauvegarder les données à long terme, celles-ci peuvent être réutilisées et sont moins dépendantes de l'observateur. Ces deux éléments contribuent à la fiabilité à long terme. De plus, l'acoustique passive permet également de distinguer les différents types de cris, ce qui permet de différencier les différents statuts de reproduction (mâles non appariés, couples, couples avec reproduction probable, reproduction réussie avec des poussins ayant pris leur envol). De plus, un enregistreur acoustique peut être installé dans les forêts de montagne pendant la journée, ce qui augmente la sécurité des bénévoles et réduit les perturbations pour les mammifères et les oiseaux. Cette étude pilote nous permet donc de conclure que l'acoustique passive est le moyen de choix pour un monitoring national.

5 Prochaines étapes et perspectives

Les trois méthodes d'enquête (écoute traditionnelle, PAM, repasse) ont été comparées entre elles sur la base de cinq critères. On peut déjà conclure que le PAM obtient les meilleurs résultats pour quatre d'entre eux (probabilité de détection, fiabilité des données à long terme, effort sur le terrain, potentiel de perturbation). Seul « l'effort au bureau » est plus important avec le PAM en raison de l'analyse en aval des enregistrements. Pour le calcul de l'indice de population annuel, la surveillance acoustique passive s'avère donc prometteuse pour une surveillance à long terme de ces chouettes discrètes. Il est prévu de lancer un PAM à l'échelle nationale à partir de 2026.

Au cours des deux années 2023 et 2024, 69'655 heures ont été enregistrées au total. Cela correspond à un enregistrement continu de près de 8 ans. L'algorithme le plus répandu pour l'analyse automatisée d'une telle quantité de données est BirdNet (Kahl et al. 2021), développé par l'université Cornell et l'université technique de Chemnitz. Cependant, la version actuelle de BirdNet reconnaît très mal la Chevêchette et confond régulièrement la Chouette de Tengmalm avec la Chouette hulotte qui chante au loin. De plus, il n'est pas possible de distinguer les différents types de cris (mâles, femelles, cris d'accouplement, cris des jeunes, etc.) pour ces deux espèces, ce qui serait pourtant l'objectif afin de connaître non seulement la présence des espèces, mais aussi leur statut de reproduction.

Un premier algorithme permettant de détecter différents types de cris a été développé dans le cadre d'un master (Chylak 2024). Il s'appuyait sur des vocalises annotées de Chouettes de Tengmalm (9'800 vocalises), de la Chevêchette (13'900) et de Chouettes hulottes (3'600). Cet algorithme avait donné de bons résultats pour les enregistrements obtenus avec le même type d'enregistreur et dans le même environnement acoustique, mais avait échoué avec des données nouvelles. Par la suite, M. Fischer, informaticien scientifique SOI, a développé un algorithme simple (ChouNet) qui a surpassé ce premier algorithme pour les données nouvelles. En collaboration avec l'ETH, un étudiant développe un autre algorithme basé sur les modèles acoustiques récents de Google Analytics (van Merriënboer et al. En révision). Nous sommes convaincus que l'un de ces derniers algorithmes pourra être appliqué aux enregistrements déjà existants du Jura VD. Avec cet algorithme, nous souhaitons pouvoir établir également le statut de nidification de l'individu et ainsi répondre aux questions initiales :

- 1) La probabilité de détection des deux petites chouettes est-elle supérieure avec l'acoustique passive qu'elle ne l'est avec l'acoustique active ?
- 2) Quelles informations supplémentaires peut-on acquérir avec l'acoustique passive au regard des méthodes de prospection et suivi actuelles telles que les écoutes spontanées ou l'acoustique active ?
- 3) Peut-on faire le lien entre les vocalises relevées sur les enregistrements et le statut de reproduction de l'individu ?
- 4) L'usage de la repasse peut-il engendrer des changements de comportement ?

Le projet actuel a également permis de créer une plus-value pour les trois groupes de travail (GOBE, GTVJ et GERNOV) à la base de l'étude, car les données des trois sous-zones d'étude en Suisse et en France voisine sont désormais regroupées dans une base unique. Cela concerne principalement les données SIG sur les sites de reproduction naturels (arbres à cavités connus) et artificiels (nichoirs). Si les bénévoles des groupes de travail sont disposés à poursuivre la collecte des données correspondantes, cette base de données unique devrait pouvoir être maintenue. Sa pérennité nécessite toutefois un financement durable. De la même manière on pourrait aussi obtenir une vue d'ensemble annuelle des nichées et du baguage dans la région du projet VD/Haut-Doubs. Ces bases pourraient être précieuses pour des actions concrètes de protection de la nature et éventuellement pour un indice cantonal des effectifs des deux espèces (au moyen du monitoring acoustique).

6 Applications pour la conservation des espèces

En raison de la hausse des prix du bois, on assiste à une exploitation plus intensive des forêts du Jura. Il en résulte un risque de diminution de la proportion de vieux bois et de bois mort. Les petites chouettes de montagne peuvent être des espèces symboliques importantes, qui illustrent de manière exemplaire la valeur des arbres-habitats. La Chouette de Tengmalm s'installe généralement dans des cavités forées par le Pic noir, dans des vieux bois. Le Pic noir affectionne particulièrement le hêtre pour creuser ses loges. De nombreuses cavités de nidification de la Chevêchette d'Europe se trouvent dans des trous forés par d'autres espèces de pic, dans ce que l'on appelle des "chandelles". Les Pics épeiches et tridactyles les construisent la plupart du temps dans des troncs dépérissant, où la couronne des arbres a souvent été arrachée par un fort coup de vent. Contrairement à la Chouette de Tengmalm, les Chevêchettes d'Europe ne semblent guère accepter les nichoirs pour s'y reproduire. Ainsi, la protection des arbres-habitats s'inscrit comme un élément important de la protection des forêts, et leur cartographie, comme un outil efficace pour parvenir à garantir leur protection.

7 Remerciements

Nos remerciements s'adressent à toutes les personnes ayant contribué à cette étude : Nicolas Auchli, Serge Bacciochi, Stéphane Bally, Albert Bassin, Alain Bauermeister, Janine Bauermeister, Pierre Baumgart, Florent Berney, Jacques Binggeli, Charles Dvorak, Carole Danzer, Camille Dussouillez, Jean-Christophe Fallet, Mario Fischer, Sébastien Follet, Luca Fraschina, Anatole Gerber, Daniel Grandjean, Julien Gouvernet, Fabienne Henrioux, Jean-Daniel Henrioux, Sven Henrioux, Pascal Marti, Catherine Jenny, Damien Juat, Maryjane Kleinh, Frédéric Langlois, Lisette Leicht, Huguette Longchamp, Michel Manganel, Alain Marbach, Giulia Masoero, Clément Mercier, Nicolas Moduli, Patrick Nicolas, Pierre Ribí, Benjamin Rothenbühler, Paul Saget, Emile Sechaud, Robin Séchaud, Amandine Serrurier, Nicolas Strebel, Daniel Trolliet, Thierry Vesz, Przemyslaw Zdroik, et Jean-Lou Zimmermann. Nous tenons également à remercier tout particulièrement le soutien du canton de VD, en particulier celui de Patrick Patthey. Les contrôles de nichoirs et l'acoustique active ont été réalisés avec les autorisations n° 2023-4369 et n° 2024-4489 du canton de VD et de la Confédération.



Fig. 34 Réunion du groupe de travail Petites chouettes de montagne, massif du Jura, le 3 février 2023 à Yverdon. © Tatiana Kornienko



Fig. 35 Réunion du groupe de travail Petites chouettes de montagne, massif du Jura, le 19 janvier 2024 à Yverdon. © Giulia Masoero



Fig. 36 Réunion du groupe de travail Petites chouettes de montagne, massif du Jura, le 27 septembre 2024 à Yverdon, © Tatiana Kornienko

8 Bibliographie

- Aebischer, A. (2008): Eulen und Käuze. 1. Aufl. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.
- Barbaro, L., S. Blache, G. Trochard, C. Arlaud, N. de Lacoste & Y. Kayser (2016): Hierarchical habitat selection by Eurasian Pygmy Owls *Glaucidium passerinum* in old-growth forests of the southern French Prealps. *Journal of Ornithology* 157: 333–342.
- Beaud, M. (1995): Protection de la Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*) grâce au nichoir à toit basculant. *Nos Oiseaux* 43: 187–192.
- Bilger, I., Y. Paillet, S. Laguet, B. Doutau, F. Bullifon, M. Chevalier, L. Defernez, S. Ducruet, H. Tournier & F. Archaux (2021): Modélisation de la distribution des petites chouettes de montagne dans les Alpes du Nord françaises. *Naturae*.
- Birrer, S. (2014): Reaktion der Waldohreule *Asio otus* auf Klangattrappen – Konsequenzen für Bestandsaufnahmen. *Vogelwarte* 52: 111–117.
- Brambilla, M., V. Bergero, E. Bassi & R. Falco (2015): Current and future effectiveness of Natura 2000 network in the central Alps for the conservation of mountain forest owl species in a warming climate. *Eur J Wildl Res* 61: 35–44.
- Chamberlain, D. E., M. Negro, E. Caprio & A. Rolando (2013): Assessing the sensitivity of alpine birds to potential future changes in habitat and climate to inform management strategies. *Biol. Conserv.* 167: 127–135.
- Cistac, J. (2018): Compétition entre chouette de Tengmalm et chouette hulotte : Modélisation temporelle sur le territoire suisse. Travail de Bachelor, Université de Lausanne.
- DDA, D. D. A. (2023): Merkblatt zum Vogelmonitoring. Brutbestandsmonitoring Kleineulen (Sperlingskauz, Raufußkauz).
- Grindal, S. D. & R. M. Brigham (1999): Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales. *Ecoscience* 6: 25–34.
- Hagemeijer, W. J. M. & M. J. Blair (1997): The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their distribution and abundance. T & A.D. Poyser, London.
- Henrioux, P., J.-D. Henrioux, P. Walder & F. Henrioux (2016): La Chevêchette d'Europe *Glaucidium passerinum* dans le Jura vaudois (Suisse). *Alauda* 84: 253–266.

- Hill, A. P., P. Prince, J. L. Snaddon, C. P. Doncaster & A. Rogers (2019): AudioMoth: A low-cost acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *HardwareX* 6: e00073.
- Joveniaux, A. & G. Durand (1987): Gestion forestière et écologie des populations de chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus*) dans l'est de la France. *Revue d'Écologie* 42: 83–96.
- Keller, V., S. Herrando, P. Voríšek, M. Franch, M. Kipson, P. Milanesi, D. Martí, M. Anton, A. Klvanová, M. V. Kalyakin, H.-G. Bauer & R. P. B. Foppen (2020): European breeding bird atlas 2: Distribution, abundance and change. European Bird Census Council & Lynx Edicions, Barcelona.
- Knaus, P., S. Antoniazza, S. Wechsler, J. Guélat, M. Kéry, N. Stebel & T. Sattler (2018): Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse 2013–2016: Distribution et évolution des effectifs des oiseaux en Suisse et au Liechtenstein. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Kopij, G. (2011): Population and range expansion of forest boreal owls (*Glaucidium passerinum*, *Aegolius funereus*, *Strix uralensis*, *Strix nebulosa*) in East-Central Europe. *Vogelwelt* 132: 207–214.
- Kornienko, T., M. Kéry, M. Ritschard & T. Sattler (2025): Detection probability and abundance of a Long-eared Owl population in Switzerland. *Bird Census News* 31–36.
- Korpimäki, E. (1981): On the ecology and biology of Tengmalm's Owl (*Aegolius funereus*) in Southern Ostrobothnia and Suomenselkä western Finland. *Acta Univ Oulu Ser A* 118.
- Korpimäki, E. (1987): Selection for Nest-Hole Shift and Tactics of Breeding Dispersal in Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*. *Journal of Animal Ecology* 56: 185.
- Kouba, M., L. Bartoš, J. Bartošová, K. Hongisto & E. Korpimäki (2020): Interactive influences of fluctuations of main food resources and climate change on long-term population decline of Tengmalm's owls in the boreal forest. *Scientific reports* 10: 20429.
- Laguet, S. (2020): Vers un suivi national des tendances d'évolution à long terme des populations de Petites Chouettes de Montagne sur sites de références.
- Legay, M. (2014): L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change: Effets attendus du changement climatique sur l'arbre et la forêt. Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique.
- McGarigal, K. & J. D. Fraser (1985): Barred Owl responses to recorded vocalizations. *Condor* 87: 552–553.
- McGregor, P. K. (2000): Playback experiments: design and analysis. *acta ethol* 3: 3–8.
- MétéoSuisse (2023): Bulletin climatologique hiver 2022/23, Genève.
- MétéoSuisse (2024): Bulletin climatologique hiver 2023/24., Genève.
- Mikkola, H. (1983): Owls of Europe. T. & AD Poyser, Calton.
- Preston, K. L., J. T. Rotenberry, R. A. Redak & M. F. Allen (2008): Habitat shifts of endangered species under altered climate conditions: importance of biotic interactions. *Global Change Biology* 14: 2501–2515.
- Ravussin, P.-A. (2014): La Chouette de Tengmalm dans le Jura franco-suisse: bilan de 30 années de suivi. *Bulletin de liaison du réseau Petites Chouettes de Montagne LPO-ONF* 11m 12 et 13: 23–26.
- Ravussin, P.-A., V. Chabloz, Y. Menétrey, P. Henrioux, H. Joly, L. Longchamp, V. Métraux, D. Trolliet & J. A C Von Rønn (2021): Second broods of the Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*. *Secondes nichées chez la Chouette de Tengmalm Aegolius funereus*. *Nos Oiseaux* 68: 255–263.
- Ravussin, P.-A., L. Longchamp, S. Clément, F. Berney, D. Trolliet, F. Langlois, C. Daenzer & M. Klein (2022): Chouette de tengmalm 2022.
- Ravussin, P.-A., D. Trolliet, C. Daenzer, L. Longchamp, K. I. Romailier & V. Métraux (2015): Quel avenir pour la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* dans le massif du Jura ? : Bilan de trente années de suivi. *Nos Oiseaux* 62: 5–28.
- Riecke, T. V., P.-A. Ravussin, L. Longchamp, D. Trolliet, D. Gibson & M. Schaub (2025): A hierarchical population model for the estimation of latent prey abundance and demographic rates of a nomadic predator. *Ecological Modelling* 504.
- Robb, M. S. & A. van den Berg (2015): Undiscovered owls : a Sound Approach guide / Magnus Robb & the Sound Approach. The Sound Approach, Poole, Dorset BH15 1NF.
- Saintonge, F.-X., M. Gillette, S. Blaser, V. Queloz & Q. Leroy (2022): Situation et gestion de la crise liée aux scolytes de l'Épicéa commun fin 2021 dans l'est de la France, en Suisse et en Wallonie. *Revue forestière française* 73: 619–641.
- Schmid, H., R. Luder, B. Naef-Daenzer, R. Graf & N. Zbinden (1998): Schweizerischer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein 1993-1996. (Keine Angabe). Schaer Thun AG, Sempach.
- Sibley, D. (2011): The Proper Use of Playback in Birding. URL <https://www.sibleyguides.com/2011/04/the-proper-use-of-playback-in-birding>.
- Sordello, R. (2012): Synthèse bibliographique sur les traits de vie de la Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques, Paris.
- Valkama, J., E. Korpimäki, A. Holm & H. Hakkarainen (2002): Hatching asynchrony and brood reduction in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*: the role of temporal and spatial variation in food abundance. *Oecologia* 133: 334–341.
- Vrezec, A. & I. Bertoncelj (2018): Territory monitoring of Tawny Owls *Strix aluco* using playback calls is a reliable population monitoring method. *Bird Study* 65: S52–S62.
- Wildlife Acoustics (2023): Song-Meter-Mini - User guide.

WSL (2022): Rapport annuel 2022 d'évaluation de la production de semences des principales essences d'arbres en Suisse. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL. URL <https://mastweb.wsl.ch/fr/resultats/rapports-annuels-sur-la-fructification-des-principales-essences/rapport-annuel-2021-1/>.

WSL (2023): Rapport annuel 2023 d'évaluation de la production de semences des principales essences d'arbres en Suisse. URL <https://mastweb.wsl.ch/fr/resultats/rapports-annuels-sur-la-fructification-des-principales-essences/rapport-annuel-2021-1-1/>.

Annexes

Annexe 1 – État de fructification du hêtre	37
Annexe 2 – Condensé illustré des découvertes effectuées lors des contrôles des cavités	38
Annexe 3 – Description du matériel utilisé pour l'acoustique passive	40
Annexe 4 – Fiche terrain du protocole de repasse	42
Annexe 5 – Richesse spécifique en rapaces nocturnes	43
Annexe 6 – Statut de nidification de Chouette de Tengmalm et de Chevêchette d'Europe, entre 2023 et 2024	44
Annexe 7 – Nombre d'heures d'enregistrement par enregistreurs acoustiques au cours des deux années de terrain	45
Annexe 8 – Vocalises recueillies par les enregistreurs acoustiques	48
Annexe 9 – Tendance de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm selon la sous-région	49

Annexe 1 – État de fructification du hêtre

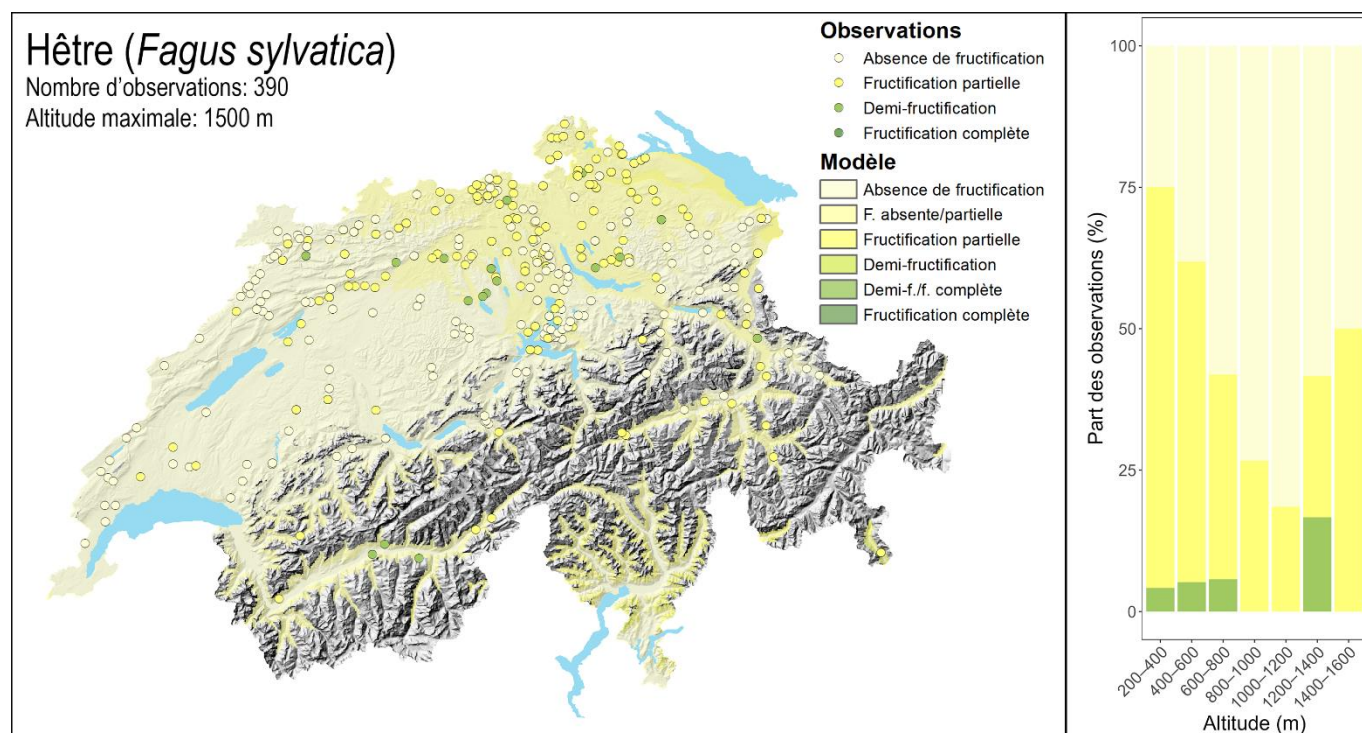


Fig. 37 Modélisation spatiale de la fructification du hêtre (*Fagus sylvatica*) en 2022 (à gauche). Observations de la production de graines le long du gradient altitudinal (à droite) (WSL 2022).

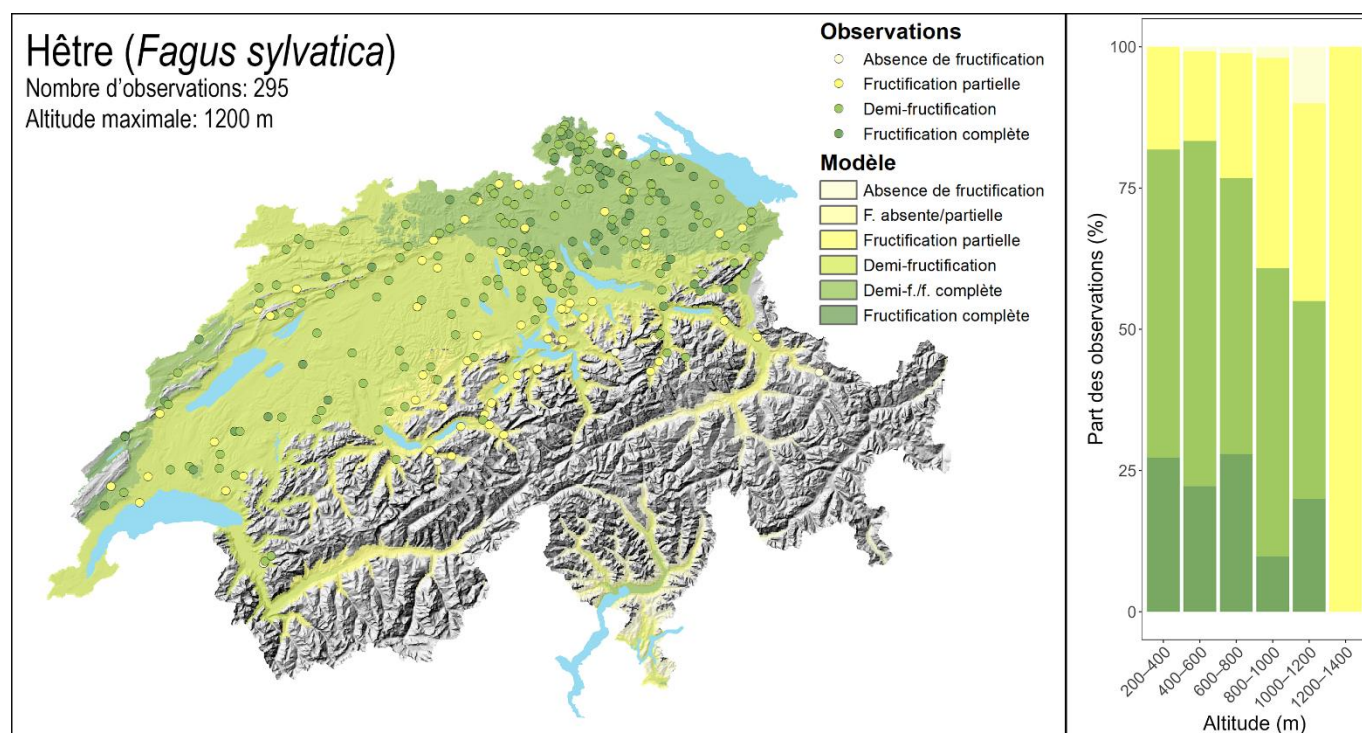


Fig. 38 Modélisation spatiale de la fructification du hêtre (*Fagus sylvatica*) en 2023 (à gauche). Observations de la production de graines le long du gradient altitudinal (à droite) (WSL 2023).

Annexe 2 – Condensé illustré des découvertes effectuées lors des contrôles des cavités



Fig. 39 Cavités inoccupées, anciennement occupées, contenant une ponte ou noyées du fait des importantes précipitations. © Sabrina Clément

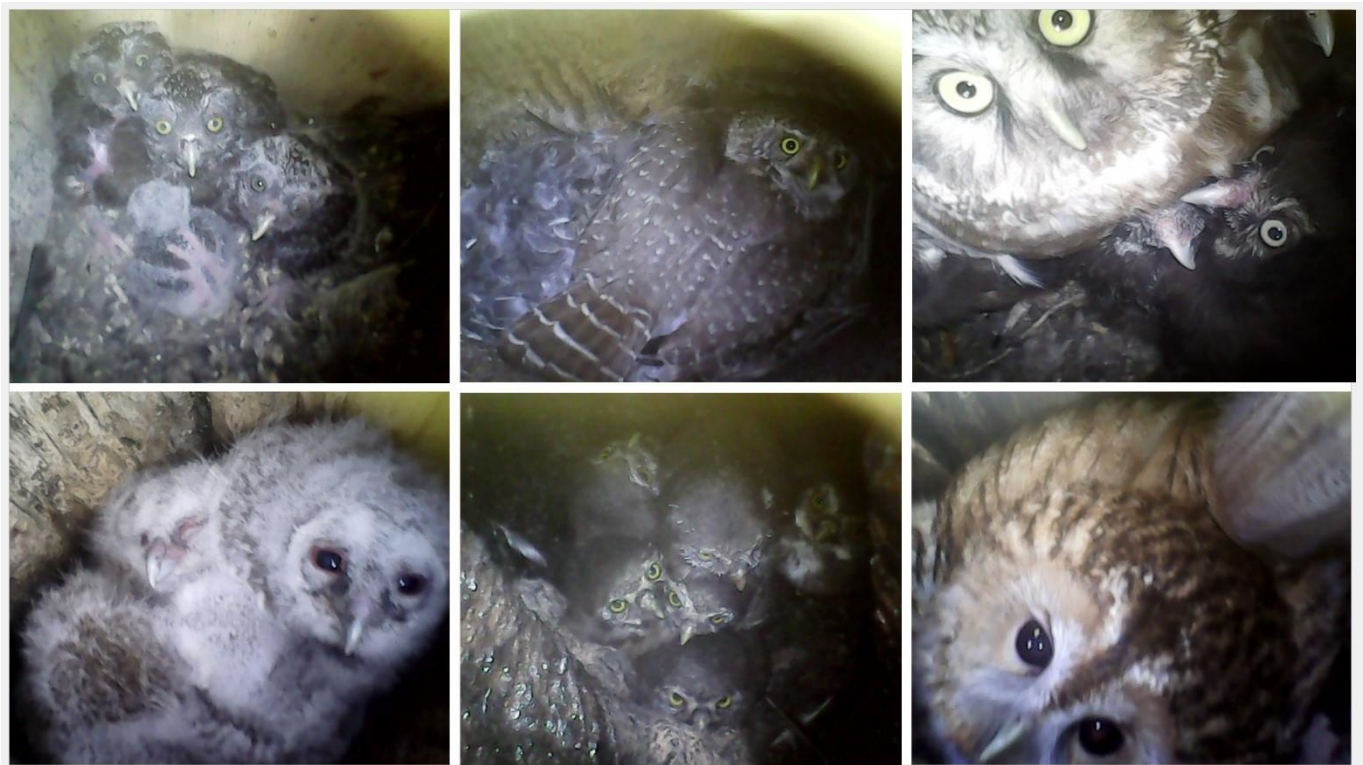


Fig. 40 Cavités occupées par la Chouette de Tengmalm, la Chevêchette d'Europe ou la Chouette hulotte. © Sabrina Clément

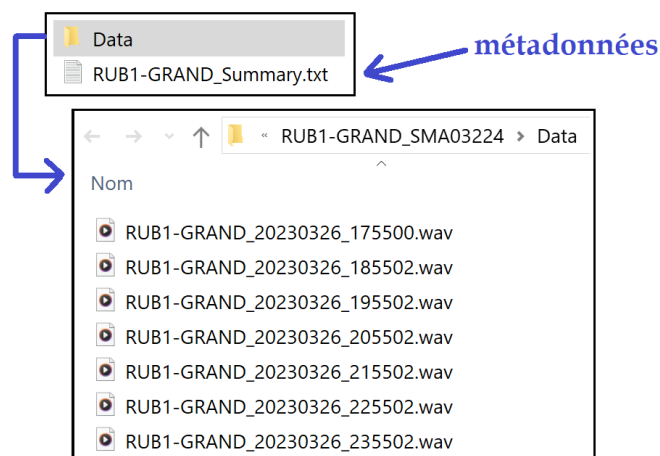


Fig. 41 Cavités occupées par la Martre, l'Ecureuil, le Pic épeiche ou le Pic noir. © Sabrina Clément

Annexe 3 – Description du matériel utilisé pour l'acoustique passive



Fig. 42 Wildlife Acoustics Song Meter Mini supplémenté d'une batterie Lithium-ion externe, © Sabrina Clément



Métadonnées

RUB1-GRAND_Summary.txt - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage Aide

```
DATE,TIME,LAT,,LON,,POWER(V),TEMP(C),#FSFILES,#ZCFILES,#SCRUBBED
2023-Mar-26,17:55:00,46.64534,N,6.24672,E,8.3,2.50,0,0,0
2023-Mar-26,17:56:00,46.64534,N,6.24672,E,8.3,2.50,0,0,0
2023-Mar-26,17:57:00,46.64534,N,6.24672,E,8.3,2.50,0,0,0
2023-Mar-26,17:58:00,46.64534,N,6.24672,E,8.3,2.50,0,0,0
2023-Mar-26,17:59:00,46.64534,N,6.24672,E,8.3,2.50,0,0,0
```

Fig. 43 Organisation des bandes sonores et métadonnées

Selon les paramètres d'enregistrement que nous avons définis, la capacité des batteries Lithium-ion permettait une autonomie légèrement supérieure à 2 mois, avant qu'un changement des piles ne soit nécessaire. Les bandes sonores sont enregistrées sur une carte SD (Fig. 43), les données sont donc possiblement extractables à tout moment, sans qu'il ne soit nécessaire d'attendre le rapatriement du matériel. L'appareil stocke également sur la carte SD des métadonnées tel que la dénomination qui a été attribué à l'enregistreur, ainsi que sa position GPS (via la position GPS renseignée par le téléphone) et l'heure du début de chaque enregistrement (Fig. 43).

Par ailleurs, le paramétrage du SM mini, via une application mobile, Song Meter Configurator (Fig. 44), rendait chaque intervention sur un enregistreur en place sur le terrain, simple, rapide et fiable. L'interface permet notamment de contrôler rapidement le niveau des batteries et de s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil (Fig. 45). L'enregistreur affiche également une estimation de la date à laquelle les piles devraient être déchargées et de la date à laquelle la carte SD sera pleine (Fig. 46), ce qui fut très utile pour nous permettre de planifier les différentes interventions de changement de batteries.



Fig. 44 Application Song Meter Configurator.



Fig. 45 Interface de l'application Sound Meter Configurator.

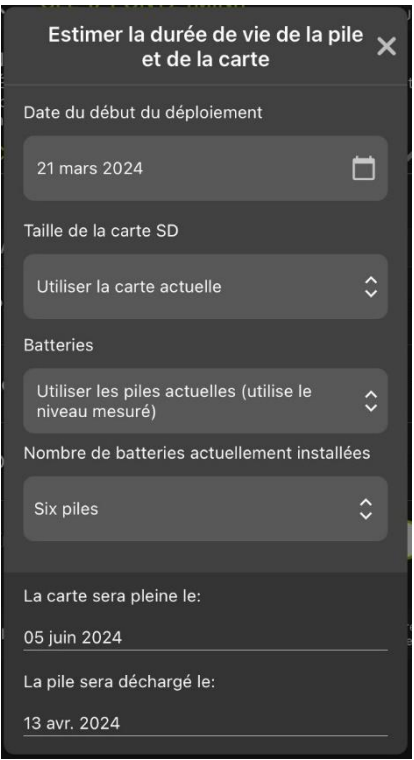


Fig. 46 Estimation de la date de batteries vides et de carte SD pleine.



Fig. 47 Logger type AudioMoth. © Tatiana Kornienko & Sabrina Clément



Annexe 4 – Fiche terrain du protocole de repasse

Protocole de suivi des Petites Chouettes de Montagne - Jura 2024



VOGELWARTE.CH

Date :

Météo :

Couverture nuageuse :

Température :

Vent *5 :

Nom des observateurs :

Rédacteur fiche :

Heure d'arrivée *1 :

Heure légale couché de soleil :

Heure de départ :

Beaufort

Numéro passage :

Site de référence (localité) :

Coordonnées du point :

Carré :

Lune :

Matériel repasse :

(p. ex.: FoxPro, Portable + haut-parleur)

% de la pleine lune

Marque du portable pour la mesure du volume acoustique :

Volume du haut-parleur vérifié ? : ☐ (72 dB , son chouette de Tengnalm 2, à 1m de distance (voir PDF))

Individus hors protocole *2

Heure de début du protocole

Individus avant repasse (2 min)

Individus durant repasse (3 min au max.)

Durée effective de la repasse

Individus après repasse (5 min) *7

Durée de la phase protocolée

Nombre total de chanteur différents durant le protocole

Sexe

Individus de Hultotte

Mobbing *3

Commentaires *4

Chevéchette

Tengnalm

*1 Heure de début prévue : Chevéchette : 15 min avant le coucher de soleil ; Chouette de Tengnalm : 10 min après le coucher de soleil

*2 Précisez si les individus hors protocole ont été relevés avant le protocole (AP), durant le temps d'attente intermédiaire, après le protocole ou encore durant la phase protocolée de la seconde espèce (par exemple, une chouette de Tengnalm contactée pendant la phase protocolée de la Chevéchette)

*3 Estimation du nombre d'espèces de passereaux dans un rayon de 10m (20m si pas de branches à moins de 10m) et noter quelles espèces et quelle abondance par espèce dans commentaires

*4 Utilisez un code abréviation en commentaires pour mentionner les individus relevés, par exemple C1, C2...-> Chevéchette ; T1, T2...-> Tengnalm ; H1...-> Hultotte ; HM...-> Hbon moyen dic...

*5 Fructification hêtre à l'automne passé

0 pas ou peu

1 peu à beaucoup

2 abondante à généreuse

3 luxuriant à étalé

*6 Si la chouette répond pendant la phase de repasse, cette phase d'écoute de 5 min. commence dès que la repasse a été arrêtée

*7 Échelle de Beaufort

0 Calme

1 Très légère brise

2 Légère brise

3 Petite brise

4 Jolie brise

5 Bonne brise

6 Vent frais

7 Grand frais

8 Coup de vent

9 Fort coup de vent

10 Tempête

11 Violente tempête

12 Ouragan

La fumée s'élève verticalement

Direction indiquée par la dérive de la fumée

Vent ressent sur le visage

Feuilles et brindilles en mouvement constant

Soulevé la poussière et les feuilles volantes

Petits arbres / feuilles commencent à se balancer

Grandes branches en mouvement

Des arbres entiers en mouvement

Des rameaux se détachent des arbres

Légers dommages structurels

Arbres déracinés, dégâts structurels considérables

Dégâts généralisés

Dévastation

Transmettre les informations récoltées à Sabrina Clément (sabrina.clement@vogelwarte.ch) ou Sabrina Clément, Station ornithologique suisse, Seerose 1, 6204 Sempach

Fig. 48 Fiche de terrain utilisée pour relever les résultats du protocole de repasse.

MONITORING ACOUSTIQUE DES PETITES CHOUETTES DE MONTAGNE

Page 43 de 50

Annexe 5 – Richesse spécifique en rapaces nocturnes

Tab. 5 Richesse spécifique en rapaces nocturnes (*Chouette de Tengmalm*, *Chevêchette d'Europe*, *Chouette hulotte*, *Hibou moyen-duc* ; données issues d'ornitho.ch et de Faune France).

	1 espèce	%	2 espèces	%	3 espèces	%	4 espèces	%
Nombre de carrés contenant au moins (au regard de la zone d'étude)	224	62 %	121	38 %	57	16 %	21	6 %
Nombre de carrés contenant uniquement (au regard des 224 carrés positifs)	103	46 %	64	29 %	36	16 %	21	9 %

Annexe 6 – Statut de nidification de Chouette de Tengmalm et de Chevêchette d'Europe, entre 2023 et 2024

Tab. 6 Chouette de Tengmalm (nombre de carrés de 2x2 km ; total = 359 carrés ; données issues d'ornitho.ch et de Faune France).

Nicheurs	2023	% (total)	2024	% (total)	23 et 24	% (total)	% (23 ou 24)	23 ou 24
Possibles	18	46 %	39	51 %	4	16 %	9 %	44
Probables	3	8 %	6	8 %	0	0 %	0 %	9
Certains	18	46 %	32	41 %	12	48 %	27 %	45
Total	39		77		25		27 %	91

Tab. 7 Chevêchette d'Europe (nombre de carrés de 2x2 km ; total = 359 carrés ; données issues d'ornitho.ch et de Faune France).

Nicheurs	2023	% (total)	2024	% (total)	23 et 24	% (total)	% (23 ou 24)	23 ou 24
Possibles	20	57 %	39	61 %	7	33 %	13 %	52
Probables	8	23 %	7	11 %	0	0 %	0 %	15
Certains	7	20 %	18	28 %	4	19 %	19 %	21
Total	35		64		21		27 %	78

Annexe 7 – Nombre d’heures d’enregistrement par enregistreurs acoustiques au cours des deux années de terrain

Tab. 8 Répartition mensuelle des heures d’enregistrements.

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Total
2023	1752 h	10'726 h	10'368 h	5786 h	3792 h	1086 h	33'510 h
2024	5225 h	11'853 h	11'128 h	7043 h	832 h	64 h	36'145 h

Tab. 9 Répartition mensuelle des heures d’enregistrement au regard de la sous-région.

	Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Total	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
GERNOV	52	406	500	872	260	744	0	504	0	117	0	0	812	2643
GOBE	358	3765	3745	7392	4220	6285	2540	4219	2747	497	705	64	14315	22'222
GTVJ	931	602	2406	3227	1870	3733	1970	2071	878	218	381	0	15714	9851
Jura bernois	328	0	2845	0	1596	0	0	0	0	0	0	0	4769	0
Jura neuchâtelois	82	452	551	362	986	366	766	249	167	0	0	0	2552	1429
Oberland bernois	0	0	679	0	1436	0	510	0	0	0	0	0	2625	0

Tab. 10 Nombre d'heures d'enregistrement relevé par enregistreur acoustique.

	Nombre d'heures		Nombre d'heures
2023	31'506	2024	36145
GERNOV	812	GERNOV	2643
CH	812	CH	2643
VD	812	VD	2643
PIERRE	749	HENRIOUX	1174
RUB6-ROLLE	63	JUAT	1469
GOBE	12'312	GOBE	22'222
CH	6446	CH	11'913
VD	6446	VD	11'913
DANIELG_1	1027	CLE-L-CRUCHA	403
DANIELG_2	344	CLE-M-CLUDS	339
HUGUETTE	912	DANIEL	623
LISETTE	1262	FRASCHINA_1	1004
LUCA	1406	FRASCHINA_2	220
MICHEL	549	HAL-B-VAUX	866
PIERREALAIN	1618	LONGCHAMP	1158
ROBIN	1331	MANGANEL_1	633
FR	5866	MANGANEL_2	448
25	5866	RAV-A-FRACHE_1	1379
CHARLES_1	503	RAV-A-FRACHE_2	171
CHARLES_2	340	RAV-B-CORBET	1487
CLEMENT	1204	RAV-C-LIMCON	1432
FLORENT_1	867	ROTHENBUHLER	1052
FLORENT_2	30	TRO-VAUX	698
MOUTHE	436	FR	10'309
SABRINA_1	1038	25	10'309
SABRINA_2	410	CLE-A-FOURGS	1351
SABRINA_3	944	CLE-B-JOUGN2	667
SABRINA_4	94	CLE-B-JOUGN3	126
GTVJ	8436	CLE-B-JOUGNE	740
CH	8436	CLE-C-BECASS	245
VD	8436	CLE-C-FIACRE	630
JEANCH_1	603	CLE-D-HJOUX	1267
JEANCH_2	344	CLE-E-RAV_1	858
JEAN-LOUn1_2	345	CLE-E-RAV_2	434
RUB10-N162_2	60	CLE-F-MACLIN	471
RUB10-PREDER_1	624	CLE-M-PECHE	425
RUB1-GRAND_2	641	CLE-O-DOUBS	816
RUB1-ORDON_1	709	CLE-Q-BEGAUD	377
RUB3-CABOULE	700	CLE-Q-TB19	245
RUB4-BAMBI_1	60	HAL-A-PLANE	130
RUB4-ESSERT	1209	HAL-A-PONTUS	1527
RUB4-N174_2	1351	GTVJ	9851
RUB8-TOURN	60	CH	9851
RUB9-CROTON_1	73	VD	9851
RUB9-CROTON_2	12	CLE-G-CABOUL	99
RUB9-CROTON_3	625	CLE-G-CERNI	788
YVESMENETREY	1020	CLE-H-BAMBI	873
Jura bernois	4769	CLE-I-POTEAU	1002
CH	4769	CLE-J-PONT	872
BE	4769	CLE-K-CPD	1165
ALBERTn1	838	CLE-N-CROTON	788
ALBERTn3	757	CLE-P-POINTE	767
ALBERTn4	808	FALLET	835
ALBERTn5	756	HAL-C-GRCHAU	1098
ALBERTn6	484	HAL-F-MOLASS	456
RUB21-BERGER	126	MEN-RACINE	1108
RUB22-BLUI	125	Jura neuchâtelais	1429
RUB5-STEINER	687	CH	1429
RUB7-COPE	188	NE	1429
Jura neuchâtelais	2552	ZIMMERMANN	1429
CH	2552		
NE	2552		
JEAN-LOUn1_1	987		
JEAN-LOUn2	765		
JEAN-LOUn3	800		
Oberland bernois	2625		
CH	2625		
BE	2625		
HABKERN	488		
SELIBUEHEL	742		
SIGRISWIL	685		
WASSERSCHIEDI	710		

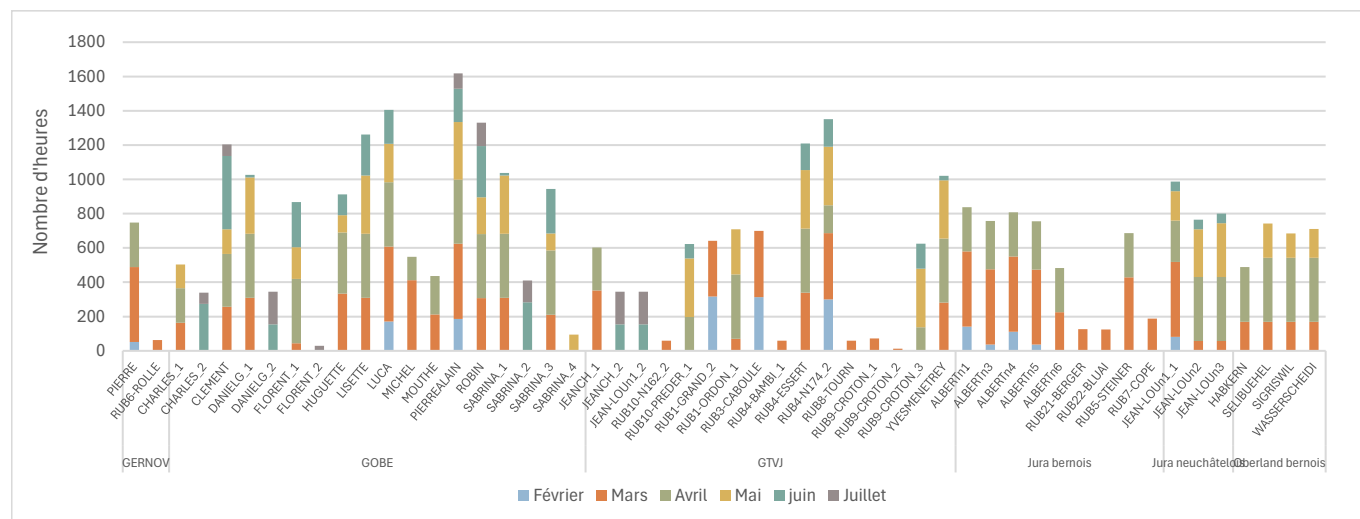


Fig. 49 Répartition mensuelle du nombre d'heures enregistrées par logger – 2023.

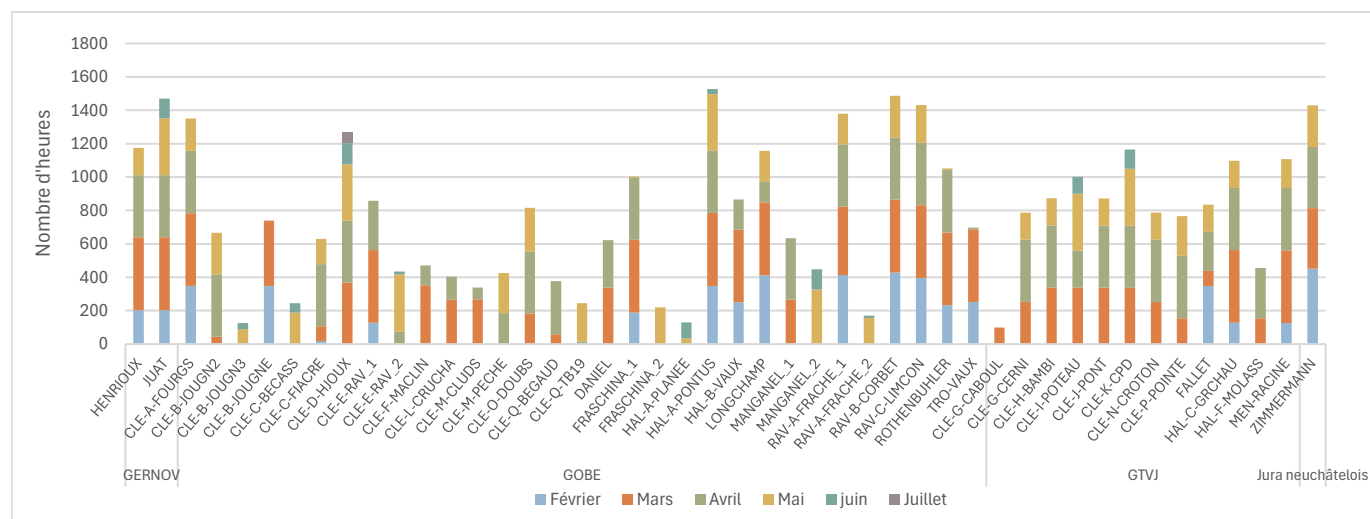


Fig. 50 Répartition mensuelle du nombre d'heures enregistrées par logger – 2024.

Annexe 8 – Vocalises recueillies par les enregistreurs acoustiques

Grâce à l'acoustique passive, nous avons pu recueillir une grande diversité de vocalises de Chevêchette d'Europe et de Chouette de Tengmalm. Par ailleurs, les vocalises d'autres espèces non ciblées ont également pu être relevées sur les enregistrements.

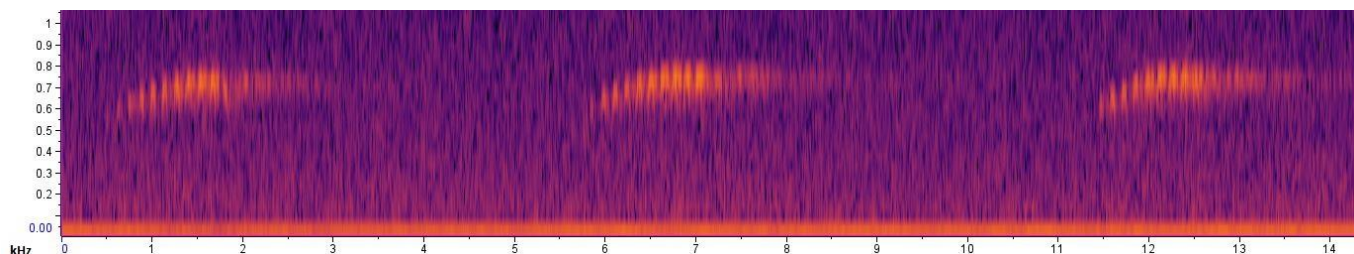


Fig. 51 Sonagramme de chant de Chouette de Tengmalm (enregistreur Charles, 2023).

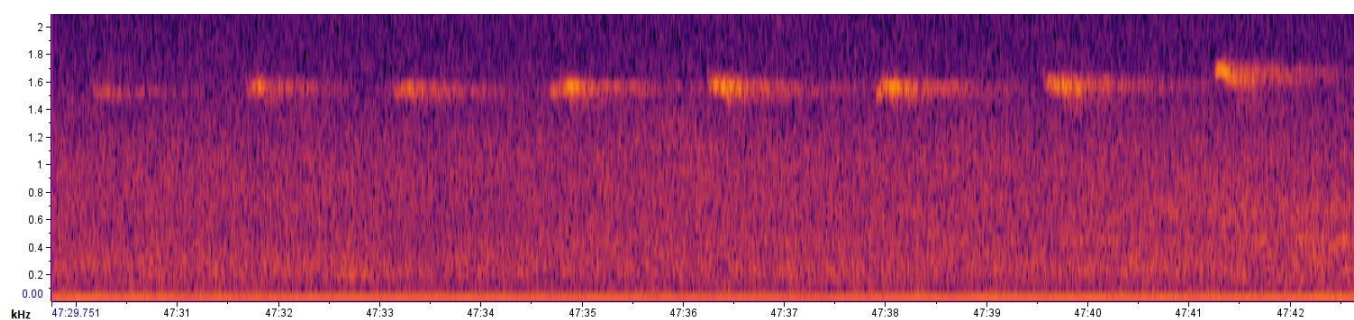


Fig. 52 Fig. 42 Sonagramme de chant de Chevêchette d'Europe (enregistreur Sabrina3, 2023).

Vocalises d'autres espèces non ciblées relevées sur les enregistrements : le chant du Grand-duc d'Europe (*Bubo bubo*), du Hibou moyen-duc (*Asio otus*), la croule de la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) et bien d'autres encore. Plus surprenant au vu de l'altitude ou du milieu, nous avons détecté les cris d'une Effraie des clochers (*Tyto alba*) à 1100 mètres d'altitude et le chant d'une Caille des blés (*Coturnix coturnix*) probablement en halte migratoire. En 2023, dans les Préalpes bernoises, on a aussi enregistré le Tétraz lyre (*Lyrurus tetrix*). En outre, nous avons également relevé des sons de mammifères tels que la Martre, le Lynx (*Lynx lynx*), le Loup (*Canis lupus*), le Renard (*Vulpes vulpes*) et le Chevreuil d'Europe (*Capreolus capreolus*).

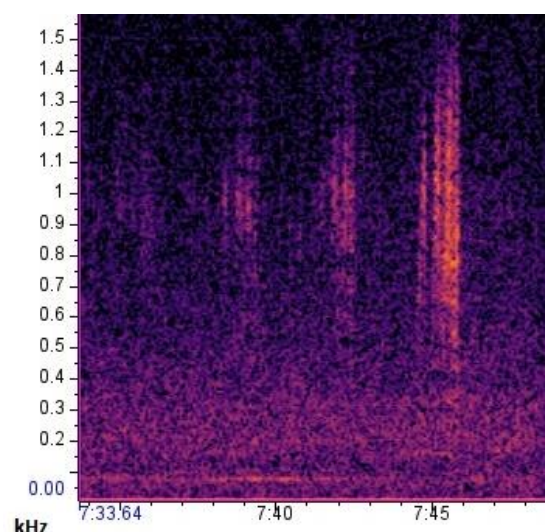


Fig. 53 Sonagramme de Bécasse des bois (enregistreur Daniel G, 2023).

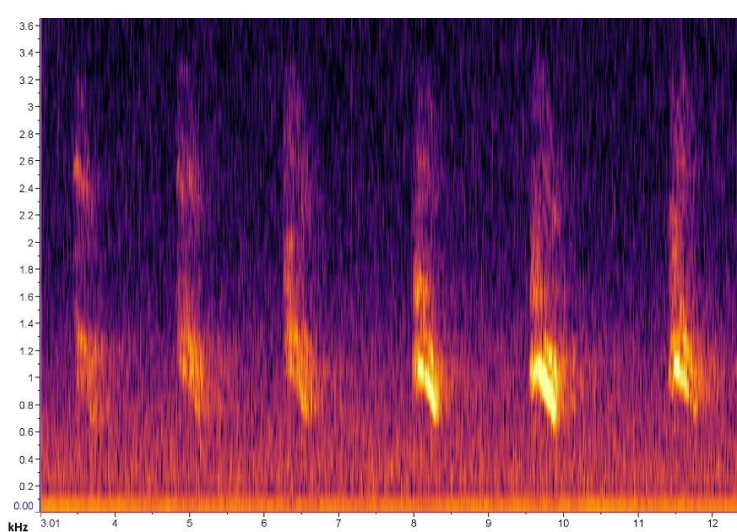


Fig. 54 Sonagramme de Lynx (enregistreur Pierre, 2023).

Annexe 9 – Tendance de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm selon la sous-région

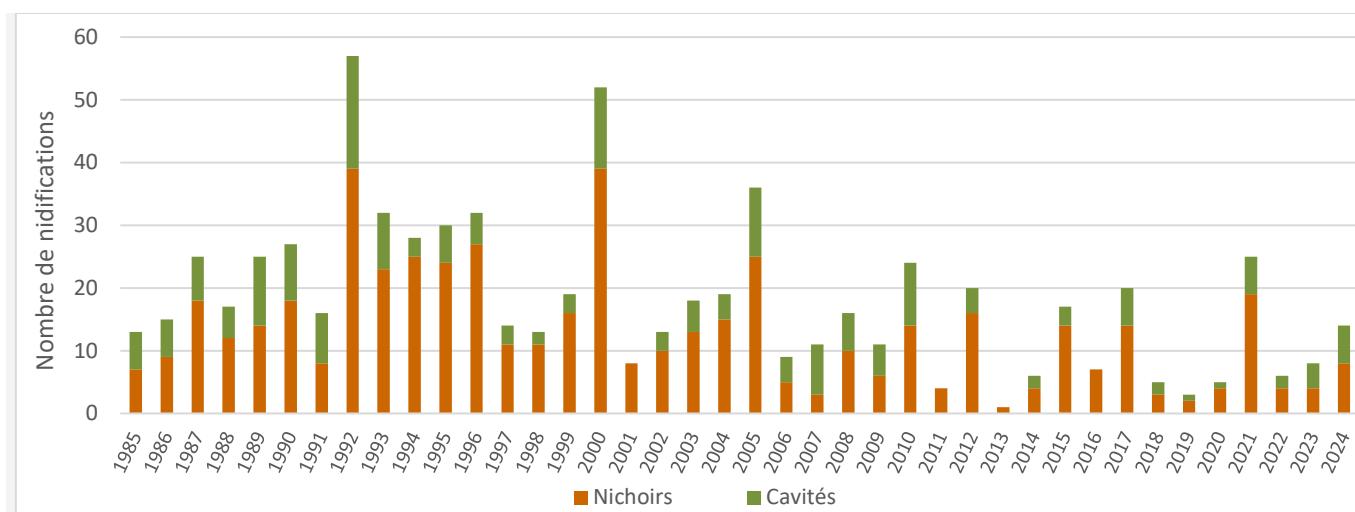


Fig. 55 Tendance de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm, trouvés de 1985 à 2024, dans la zone d'étude du GOBE (historique).

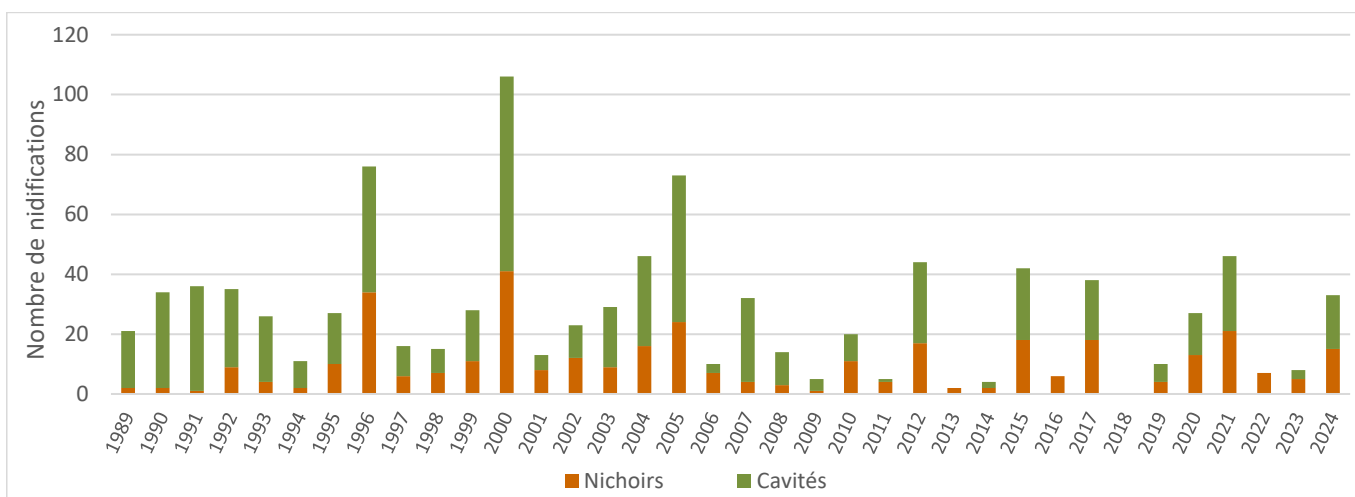


Fig. 56 Tendance de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm, trouvés de 1989 à 2024, dans la zone d'étude du GTVJ.

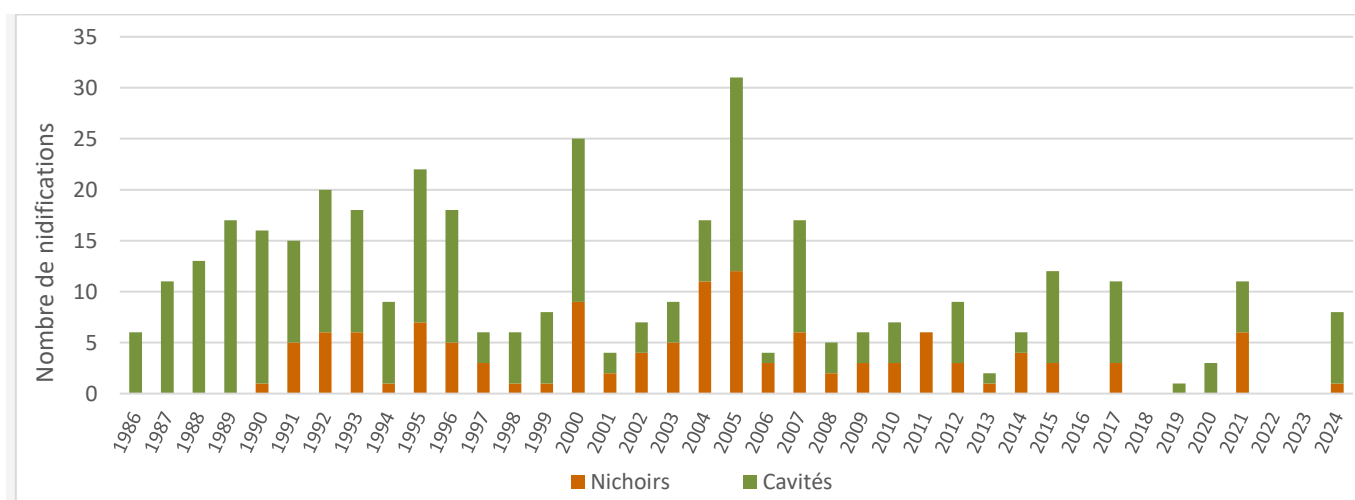


Fig. 57 Tendance de l'effectif nicheur de la Chouette de Tengmalm, trouvés de 1986 à 2024, dans la zone d'étude du GERNOV