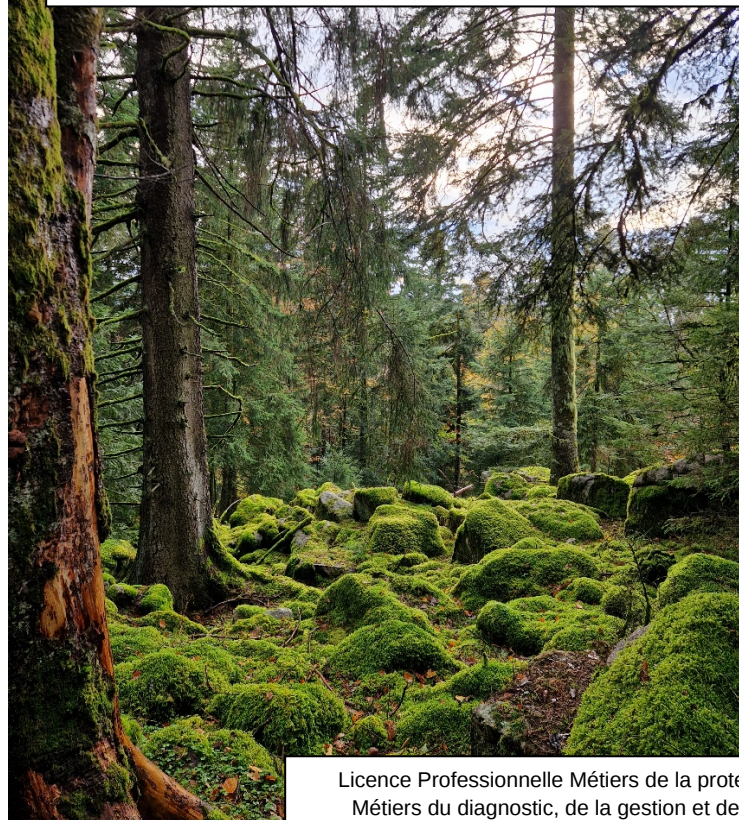




Suivi des dômes de fourmis rousses et liens avec la dynamique forestière en forêt domaniale de Gérardmer (Vosges)



Licence Professionnelle Métiers de la protection et de la gestion de l'environnement -
Métiers du diagnostic, de la gestion et de la protection des milieux naturels, MINA.

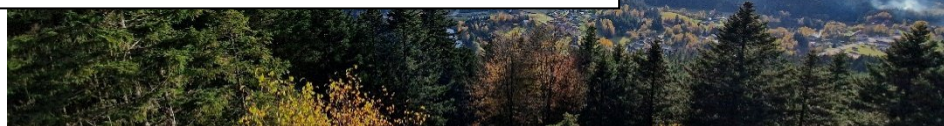
UFR Sciences et Techniques de l'Université Marie et Louis Pasteur

Professeur tuteur : RAOUL Francis

Professionnel tuteur : CHEVALIER Thomas

GASPERMENT Lucas

2025-2026



REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Thomas Chevalier, mon tuteur d'alternance et directeur du GTV, pour son accompagnement tout au long de ce projet. Je le remercie pour sa disponibilité, ses réponses à mes questions ainsi que pour les échanges réguliers qui ont permis de faire progresser ce travail. Je lui suis également reconnaissant pour le temps consacré à la relecture du rapport en amont du rendu et pour la pertinence de ses remarques constructives.

Je souhaite également remercier Louis Michel Nageleisen, entomologiste, pour sa disponibilité et pour la qualité de nos échanges scientifiques. Les discussions autour des résultats de l'étude ont enrichi la réflexion sur l'interprétation des données et orienté les choix d'analyses. Je le remercie aussi pour la relecture attentive de la première version de ce rapport, ainsi que pour l'ensemble des remarques et suggestions formulées.

Enfin, je remercie Francis Raoul, mon tuteur universitaire, pour le suivi de ce travail et pour son encadrement tout au long du projet.

Résumé

Cette étude analyse la dynamique des populations de fourmis rousses des bois (groupe *Formica rufa*) et leur potentiel en tant qu'indicateurs de la continuité forestière, à partir d'une comparaison diachronique entre un inventaire réalisé en 1998 et une campagne de terrain menée en 2024–2025 dans la forêt domaniale de Gérardmer (Vosges). L'approche repose principalement sur le volume des dômes, considéré comme un indicateur plus pertinent de la stabilité et de la pérennité des colonies que leur simple abondance.

L'inventaire récent a permis de recenser 159 dômes, dont 46 présentent un volume supérieur à 0,5 m³. Les résultats montrent une augmentation globale du nombre de dômes et de leur volume total depuis 1998, bien que des différences marquées soient observées entre les parcelles. Une relation statistiquement significative est mise en évidence entre le volume des dômes et le couvert forestier, avec un optimum pour des couverts intermédiaires à élevés (80–90 %). En revanche, aucune relation statistiquement significative n'est détectée avec la surface terrière ou la structure forestière. Néanmoins, certaines tendances suggèrent que les dômes de plus grand volume sont plus fréquemment associés à des peuplements relativement matures et continus.

Ces résultats soulignent l'importance des conditions forestières locales, à l'échelle immédiate des dômes, dans le développement des colonies, et confirment l'intérêt du volume des dômes de fourmis rousses comme indicateur de la continuité forestière, tout en mettant en évidence les limites liées à la variabilité spatiale et à la puissance statistique.

Abstract

This study examines the dynamics of red wood ant populations (*Formica rufa* group) and their potential as indicators of forest continuity, based on a diachronic comparison between a survey conducted in 1998 and a field inventory carried out in 2024–2025 in the Gérardmer State Forest (Vosges, France). The analysis primarily focuses on mound volume, considered a more relevant indicator of colony stability and persistence than mound abundance alone.

The recent inventory recorded 159 mounds, of which 46 had a volume greater than 0.5 m³. Results indicate an overall increase in both the number of mounds and their total volume since 1998, although marked differences were observed among plots. A statistically significant relationship was found between mound volume and forest canopy cover, with optimal mound development under intermediate to high canopy cover (80–90%). In contrast, no statistically significant relationship was detected with basal area or forest stand structure. However, observed trends suggest that larger mounds tend to be more frequently associated with relatively mature and structurally continuous forest stands.

Overall, these results highlight the importance of local forest conditions at the immediate mound scale in shaping colony development. They support the relevance of red wood ant mound volume as an indicator of forest continuity, while also emphasizing the limitations related to spatial heterogeneity and statistical power.

SOMMAIRE

1.	Introduction.....	2
2.	Structure d'accueil.....	3
3.	Matériel et méthode.....	3
3.1.	Situation géographique de la zone d'étude	3
3.2.	Statuts de conservation et d'inventaire écologique	4
3.3.	Variables environnementales de la zone d'étude.....	5
3.3.1.	Facteurs abiotiques	5
3.3.2.	Facteurs biotiques.....	6
3.4.	Les Fourmis Rousses des Bois.....	7
3.4.1.	Organisation des colonies	7
3.4.2.	Les nids.....	8
3.4.3.	Régime alimentaire et rôle écologique	8
3.4.4.	Les espèces présentes dans le Massif vosgien	8
3.5.	Méthodologie.....	8
3.5.1.	Déroulement de l'étude.....	8
3.5.2.	Le protocole sur le terrain.....	9
3.5.3.	Étude cartographique	9
3.5.4.	Choix d'analyse et traitement des données.....	9
4.	Résultats.....	10
4.1.	Résultats de la précédente étude.....	10
4.2.	Cartographie des dômes relevés.....	11
4.3.	Volume des dômes en fonction du couvert forestier	12
4.4.	Volume des dômes en fonction de la surface terrière	13
4.5.	Volume des dômes en fonction de la structure forestière	13
5.	Discussion.....	14
5.1.	Comparaison entre l'étude de 1998 et l'étude de 2024-2025.....	14
5.2.	Dynamiques de dômes à l'échelle des parcelles.....	15
5.3.	Analyse du volume des dômes en fonction du couvert forestier	16
5.4.	Analyse du volume des dômes en fonction de la surface terrière.....	17
5.5.	Analyse du volume des dômes en fonction de la structure forestière	18
5.6.	Analyse globale multifactorielle	19
6.	Limites de l'étude et biais	20
6.1.1.	Limite de l'étude.....	20
6.1.2.	Biais concernant les relevés sur le terrain	20
6.1.3.	Limiter les biais	21
7.	Recommandation	21
8.	Conclusion.....	22

Table des figures

Figure 1– Localisation de la zone d'étude.....	3
Figure 2 – Données climatiques de la commune de Gérardmer (Climate data, 2025) 4	
Figure 3 – Répartition en pourcentage par parcelles de feuillus et de résineux.....	5
Figure 4 – Répartition des différentes structures forestières par parcelles.....	5
Figure 5 – Répartition des différentes surfaces terrières par parcelles.....	6
Figure 6 – Répartition en termes de nombre et de volume des dômes entre l'étude de 1998 et celle de 2024-2025.....	10
Figure 7 – Carte de la répartition spatiale des dômes au sein de la zone d'étude.....	10
Figure 8 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction du couvert forestier.....	11
Figure 9 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction de la surface terrière	12
Figure 10 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction de la structure forestière.....	13

Table des annexes

Annexe 1 – Cartographie des différents statuts de conservation et d'inventaires.....	25
Annexe 2 – Fiche de relevé de terrain	26
Annexe 3 – Base de données de l'étude de 2024-2025	27
Annexe 4 – Méthode de mesure du volume d'un dôme.....	32
Annexe 5 – Cartographie LiDAR de la surface terrière.....	33
Annexe 6 – Cartographie LiDAR de la structure forestière	35
Annexe 7 – Analyse des répartition des dômes au sein des parcelles à l'aide de l'outil d'analyse des points les plus proches (QGIS)	37
Annexe 8 – Répartition spatiale des dômes par parcelle.....	38
Annexe 9 – Répartition spatiale des dômes lors de l'étude de 1998.....	39
Annexe 10 – Base de donnée de l'étude 1998.....	40
Annexe 11 – Comparaison de la répartition des dômes en termes de nombre et de volume entre l'étude de 1998 et l'étude actuelle.....	42

Introduction

La biodiversité est aujourd'hui reconnue comme fortement menacée à l'échelle mondiale, au point que de nombreux auteurs considèrent que nous traversons une sixième extinction de masse (Ceballos et al., 2015 ; Cowie et al., 2022 ; Dirzo & Raven, 2003). Ce phénomène concerne aussi bien les vertébrés que les invertébrés (UICN, 2025) et demeure probablement sous-estimé, une part importante des espèces n'ayant pas encore été décrites (Cowie et al., 2022). L'entomofaune apparaît à ce titre particulièrement vulnérable, de nombreuses espèces d'insectes pouvant disparaître avant même d'être connues (Mora et al., 2011 ; Stork, 2018).

Les insectes représentent un compartiment majeur de la biodiversité terrestre, tant par leur richesse spécifique que par leur abondance et leur biomasse (Bar-On et al., 2018 ; Goulson, 2019). Leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes est central, notamment à travers la régulation des populations, la structuration des réseaux trophiques et les cycles biogéochimiques (Grimaldi & Engel, 2005). Pourtant, de nombreux travaux mettent en évidence un déclin marqué de l'entomofaune à l'échelle globale, certains groupes apparaissant particulièrement sensibles aux perturbations environnementales (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Au sein des insectes, les fourmis (*Formicidae* Latreille, 1802) occupent une place écologique majeure. Leur abondance, leur biomasse très élevée et leur rôle d'espèces ingénieuses leur confèrent une influence déterminante sur le fonctionnement des écosystèmes (Folgarait, 1998 ; Schultheiss et al., 2022 ; Parker & Kronauer, 2021). Parmi elles, les fourmis rousses des bois du groupe *Formica rufa* se distinguent par la construction de dômes souvent volumineux et pérennes, facilement identifiables sur le terrain (Seifert, 2021). Ce groupe comprend treize espèces paléarctiques présentant des exigences écologiques étroitement liées aux milieux forestiers (Seifert, 2021). Malgré leur importance fonctionnelle et leur visibilité dans les écosystèmes forestiers, les fourmis, et en particulier les fourmis rousses des bois, sont encore relativement peu étudiées tant en termes d'écologie des différentes espèces, que dans leurs dynamiques de populations ou des menaces qui peuvent peser sur elles.

En France, les fourmis rousses des bois font l'objet de travaux originaux dès les années 1970, notamment sous l'impulsion de Torossian, visant à évaluer leur intérêt comme indicateurs biologiques du fonctionnement et de la continuité des écosystèmes forestiers. Ces études ont mis en évidence la sensibilité des populations de fourmis rousses aux modifications de la structure forestière, à la continuité du couvert et aux pratiques sylvicoles (Torossian, 1978 ; Torossian & Humbert, 1982 ; Torossian et al., 1980). Elles ont été poursuivies et approfondies à partir des années 1990, en particulier dans un cadre appliqué à la gestion forestière (Nageleisen, 1999).

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'étude réalisée en 1998 par Mougeot, qui avait recensé l'ensemble des dômes de fourmis rousses des bois sur seize parcelles de la Forêt Domaniale de Gérardmer (Mougeot, 1998). Cette étude avait confirmé l'intérêt de ces espèces comme bioindicateurs de l'équilibre forestier et de la pression exercée sur les peuplements dans le contexte vosgien.

Le présent travail vise à compléter et actualiser cette première étude en analysant l'évolution des dômes sur ces parcelles, en particulier à travers le volume des dômes et leur relation avec différentes variables forestières. L'objectif est d'évaluer dans quelle mesure les fourmis rousses des bois peuvent témoigner d'une continuité forestière et d'une gestion sylvicole potentiellement favorable.

1. Structure d'accueil

En 1979, plusieurs naturalistes décident de créer un groupe de contact nommé GTV (Groupe Tétrás Vosges), dont l'objectif est de recenser les populations de Grand Tétrás au sein du massif vosgien. Cette initiative s'inscrit dans un contexte de forte régression des populations de cette espèce à cette période. Progressivement, le GTV acquiert une reconnaissance en tant que groupe d'expertise naturaliste multipartenarial. C'est notamment sous l'impulsion du GTV, et en lien avec d'autres associations, que l'Office national des forêts établira en 1991 la « Directive Tétrás », qui vise à améliorer la gestion forestière en faveur du Grand Tétrás sur une grande partie du massif vosgien. Celle-ci est actualisée par la suite en 2016.

En 1990, le groupe de naturalistes devient officiellement une association loi de 1908 sous le nom d'Association pour la protection des tétraonidés, auquel est ajoutée en 2005 la mention « et de leurs habitats », tout en conservant l'appellation GTV auprès du public. À partir de cette date, les objectifs de l'association s'élargissent au recueil de l'ensemble des données nécessaires à la connaissance de la biologie des tétraonidés présents dans le massif vosgien, principalement le Grand Tétrás et la Gélinotte des bois. L'association assure également la coordination des actions de protection, d'aménagement et de restauration des habitats favorables à ces espèces.

En 1995, grâce au soutien financier de la Région Lorraine et du Ministère de l'Environnement, un premier poste salarié à mi-temps est créé. Ce poste, dédié à l'animation du suivi et à la communication, est occupé par Françoise Preiss, toujours en fonction au sein de l'association aujourd'hui.

Actuellement, le GTV poursuit le suivi des tétraonidés et de leurs habitats, tout en ayant progressivement élargi ses missions à l'ensemble des espèces patrimoniales partageant les mêmes milieux forestiers montagnards. Les principales missions de l'association concernent le recueil et l'analyse des données relatives à la biologie des espèces suivies et de leurs habitats, leur valorisation et diffusion auprès des partenaires, la proposition d'actions de conservation, ainsi que la coordination et le suivi des actions de préservation et de restauration des habitats.

L'association compte aujourd'hui cinq salariés, dont trois en contrat à durée indéterminée, une en contrat à durée déterminée et un alternant. Cette équipe salariée est appuyée par un réseau d'environ soixante bénévoles actifs.

Le GTV travaille en étroite collaboration avec de nombreux partenaires techniques, parmi lesquels figurent l'Office national des forêts, l'Office français de la biodiversité, le Conservatoire d'espaces naturels de Lorraine, le Parc naturel régional des Ballons des Vosges, les Directions départementales des territoires, les Conseils départementaux, la Ligue pour la protection des oiseaux, Lorraine Association Nature et Oiseaux Nature. L'association bénéficie également de soutiens financiers de la Région Grand Est, de l'Union européenne et de la DREAL.

2. Matériel et méthode

2.1. Situation géographique de la zone d'étude

Les parcelles étudiées se situent dans le département des Vosges, au sein de la forêt domaniale de Gérardmer, à environ 30 km d'Épinal, chef-lieu du département. Celle-ci s'étend sur 4 700 hectares et couvre les communes de Gérardmer et de Xonrupt-Longemer. L'inventaire concerne seize parcelles avec une surface totale de 273,13 hectares. Sont concernés par l'étude les parcelles : 10, 14, 20, 22, 24, 50, 55, 57, 58, 61, 76, 85, 118, 174, 209 et 280.

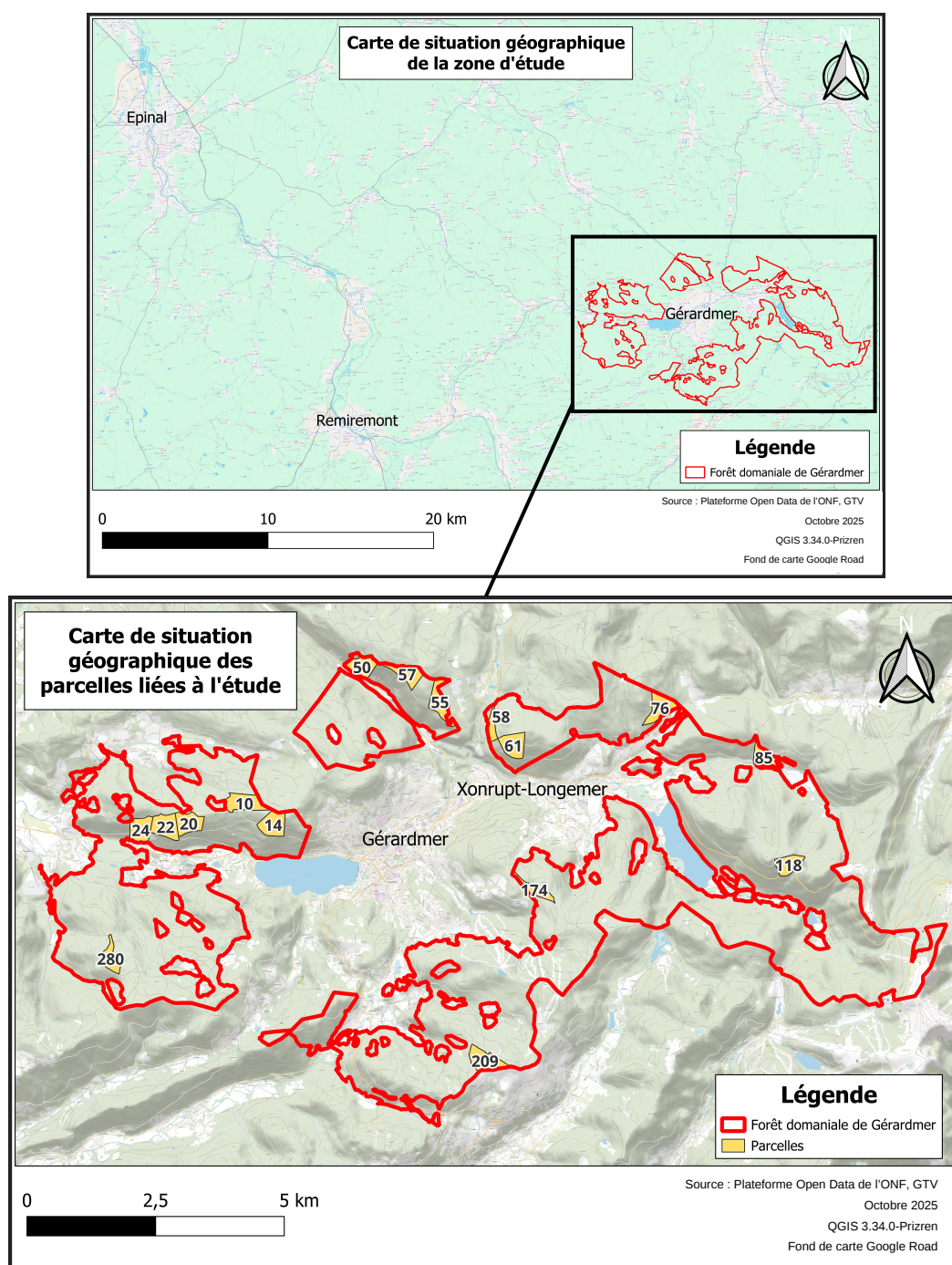


Figure 1– Localisation de la zone d'étude

2.2. Statuts de conservation et d'inventaire écologique

Plusieurs de ces parcelles bénéficient d'un statut de protection réglementaire ou bien par un statut Natura 2000 ou ZNIEFF :

- Parcelle 280 : Site Natura 2000 FR4100194 – Forêt domaniale de Gérardmer Ouest - La Morte Femme, faignes de Noir Rupt selon la Directive Habitat-Faune-Flore + Site Natura 2000 FR4112003 – Massif Vosgien selon la Directive Oiseaux + Réserve Biologique Dirigée de Housseramont–Noir Rupt (Géoportail, 2025).
- Parcelles 118 et 76 : Site Natura 2000 FR4112003 – Massif Vosgien (Géoportail, 2025).
- Parcelle 209 : ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique) de type 1 41006946 – Tourbières de la Croix Claude et du Bois de la Poussière (Géoportail, 2025).

- Ensemble des parcelles : ZNIEFF de type 2 410010387 – Massif Vosgien + Forêt domaniale de Gérardmer (Géoportail, 2025).

2.3. Variables environnementales de la zone d'étude

2.3.1. Facteurs abiotiques

- **Pédologie**

Les sols présents sur le secteur d'étude sont principalement des Podzosols leptiques et des Alocrisols, généralement acides, moyennement épais, à épais, caractéristiques des milieux froids et humides des Hautes-Vosges (Auclerc, 2012).

Ces sols se développent majoritairement sur un matériau parental granitique, constitué d'arènes issues de l'altération du granite sous-jacent. Ce substrat est localement recouvert de placages de formations glaciaires, notamment des moraines, héritées des phases glaciaires quaternaires.

La combinaison de ce substrat acide, des conditions climatiques montagnardes et d'une hydromorphie fréquente favorise des processus de lessivage marqué et de podzolisation, expliquant les caractéristiques pédologiques observées sur les parcelles étudiées.

- **Topographie**

Les parcelles présentent des topographies très contrastées, aussi bien entre elles qu'en leur sein. Certaines ont des pentes marquées, pouvant localement dépasser les 60 % dans les secteurs les plus abrupts, tandis que d'autres ont des profils beaucoup plus doux, notamment au niveau des zones de crête. Les parcelles sont situées à des altitudes allant de 600 m à 1100 m pour la parcelle 118 qui est celle située la plus en altitude.

- **Climat**

Les températures du secteur de Gérardmer présentent une forte saisonnalité, avec des valeurs mensuelles moyennes pouvant atteindre environ 17 °C en juillet, tandis que le mois de janvier tourne autour de 0 °C. La pluviométrie est relativement régulière tout au long de l'année, avec une moyenne mensuelle d'environ 100 mm (voir figure 2).

L'ensemble des parcelles étudiées est orienté sud, sud-ouest ou sud-est, ce qui leur confère un microclimat plus chaud et sec, caractéristique des versants d'adret.

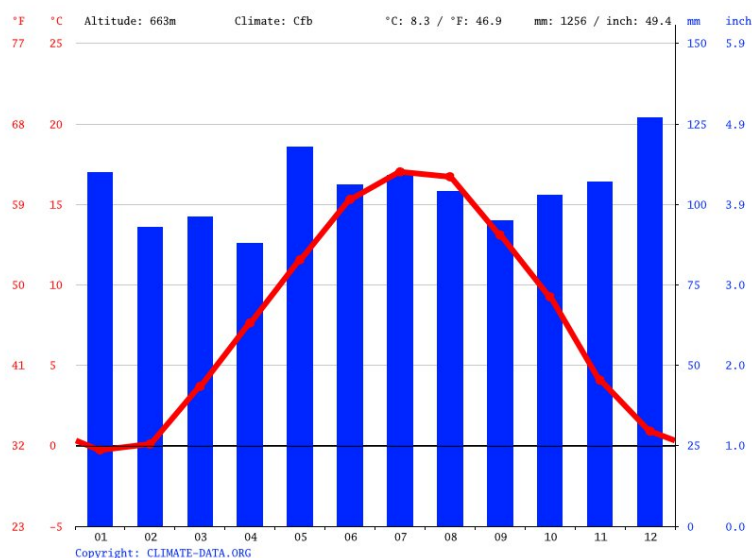


Figure 2 – Données climatiques de la commune de Gérardmer (Climate data, 2025)

2.3.2. Facteurs biotiques

- **Type de peuplement**

Les parcelles étudiées sont composées majoritairement de Sapin pectiné (*Abies alba*), d'Épicéa commun (*Picea abies*) ainsi que de Hêtre commun (*Fagus sylvatica*).

En essences secondaires, on retrouve également l'Érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*) et l'Érable plane (*Acer platanoides*), présents de manière plus ponctuelle, souvent en sous-étage ou en lisière.

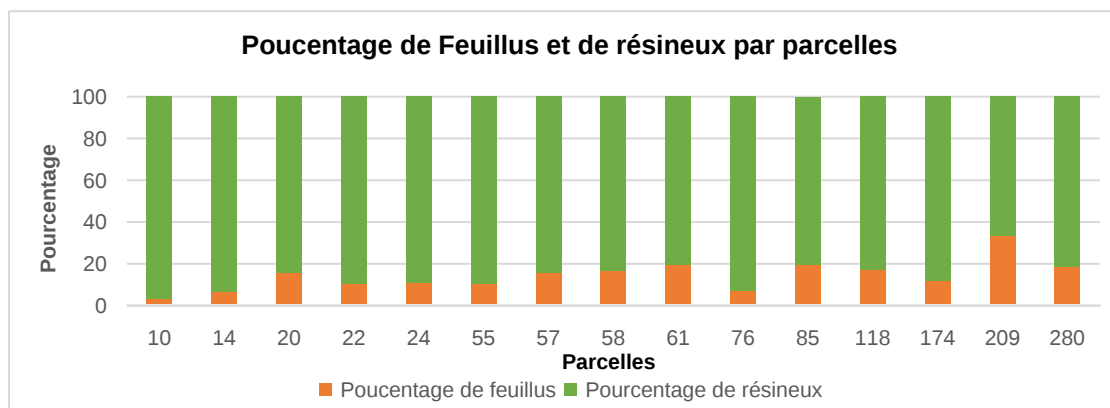


Figure 3 – Répartition en pourcentage par parcelles de feuillus et de résineux

- **Structure forestière**

Les structures forestières présentent une forte hétérogénéité, à la fois au sein des parcelles et entre les parcelles. On observe néanmoins une dominance de certaines structures, notamment les peuplements irréguliers, les peuplements régularisés à petit bois et/ou bois moyen, les peuplements régularisés à bois moyen et/ou gros bois, ainsi que les peuplements régularisés à gros bois (voir figure 4).

Cette diversité structurale s'inscrit dans un contexte de gestion forestière privilégiant le maintien d'un couvert continu, caractéristique des massifs montagnards vosgiens, où la sylviculture vise à limiter les ruptures brutales de couvert et à favoriser une évolution progressive des peuplements. Ce mode de gestion contribue au maintien d'une mosaïque d'habitats forestiers, offrant des conditions favorables à de nombreuses espèces forestières et à la biodiversité en général (Gosselin & Paillet, 2017).

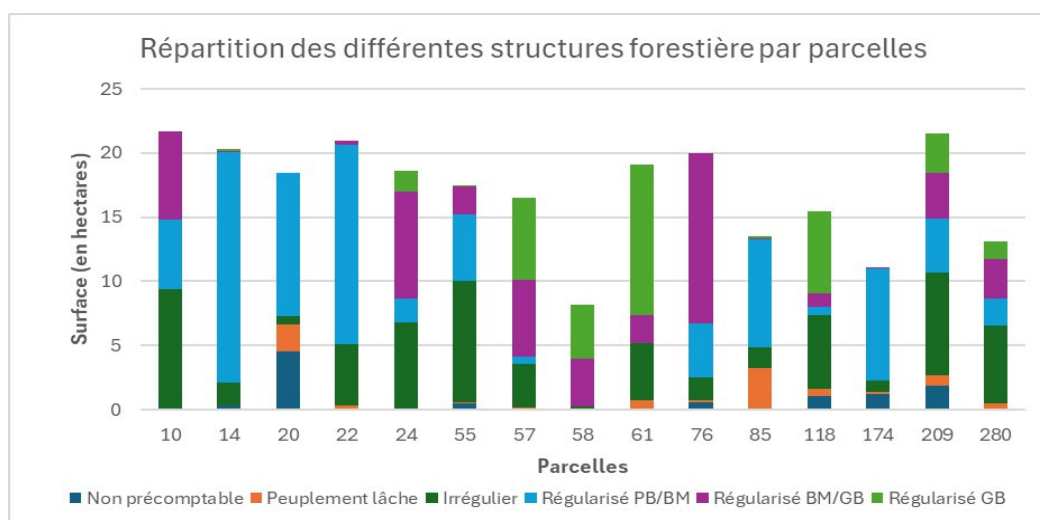


Figure 4 – Répartition des différentes structures forestières par parcelles

- **Surface terrière**

Les surfaces terrières présentent une hétérogénéité, à la fois au sein des parcelles et entre les parcelles. La majorité des parcelles étudiées est toutefois caractérisée par des surfaces terrières dominantes comprises entre 26 et 45 m²/ha (voir figure 5).

Certaines parcelles, cependant, présentent des surfaces terrières dominantes différentes. La parcelle 20 couvre une zone d'éboulis peu arborée et présente des surfaces terrières dominantes situées dans la classe 11–20 m²/ha. La parcelle 174 est, elle aussi, caractérisée par une classe de surfaces terrières dominantes de 11–20 m²/ha.

Globalement, les parcelles étudiées présentent donc des surfaces terrières majoritairement moyennes à élevées. Ces classes de surfaces terrières alliées à des structures forestières en bois moyen à gros bois sont le signe de la présence d'arbres de diamètres moyens à importants. Ces arbres sont particulièrement intéressants pour de nombreuses espèces et sont généralement le signe d'une forêt avec une continuité du couvert et l'absence de pressions sylvicoles intensives récentes. Ces niveaux de surface terrière sont généralement associés à des forêts peu ou modérément exploitées (Pretzsch, 2009).

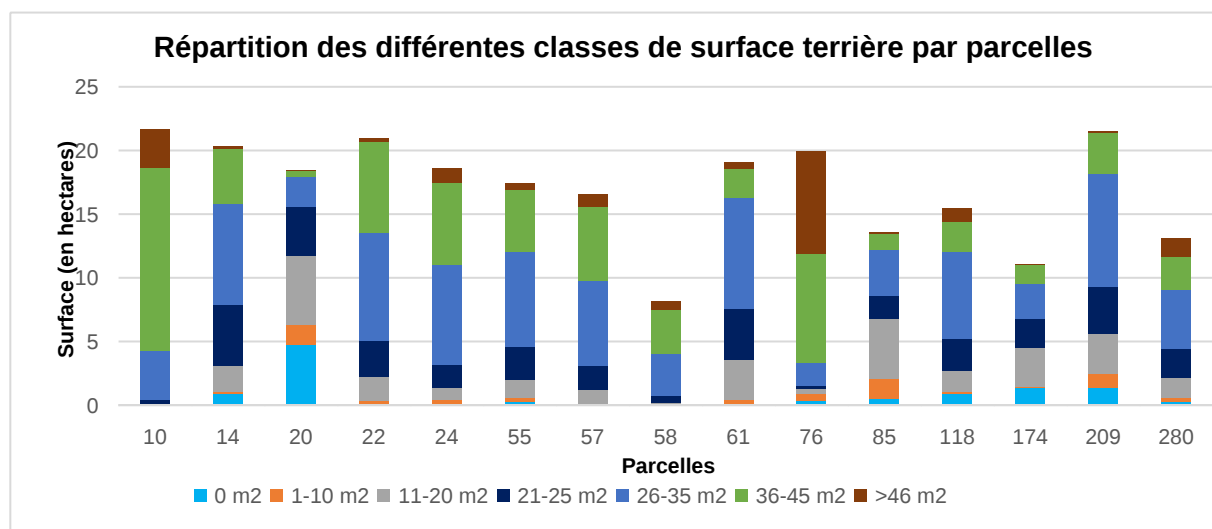


Figure 5 – Répartition des différentes surfaces terrières par parcelles

2.4. Les Fourmis Rousses des Bois

2.4.1. Organisation des colonies

Les fourmis rousses des bois du groupe *Formica rufa* sont des insectes dits eusociaux. Au sein d'une colonie on retrouve trois castes distinctes dont chacune a des fonctions définies (Fürjes-Mikó et al., 2025) :

- La reine qui est la femelle reproductrice
- Les ouvrières qui sont des femelles stériles qui effectuent la majorité des tâches de la colonie comme la construction et l'entretien du nid, la collecte de nourriture, le soin au couvain ou la défense du dôme.
- Les mâles qui eux sont produits saisonnièrement dans le but de se reproduire avec de futures reines au cours de l'essaimage avant de mourir rapidement après l'accouplement

Selon les espèces et les conditions, les colonies peuvent être monogynes c'est par exemple le cas de *Formica rufa* Linnaeus, 1761 (Seifert, 2008) ou polygines comme *Formica lugubris* Zetterstedt, 1838, ce qui signifie que l'on retrouve plusieurs reines au sein d'une même colonie (Seifert, 2008).

2.4.2. Les nids

Les nids construits par ces fourmis sont parfois particulièrement volumineux, pouvant atteindre des diamètres de 15 m pour 2 m de hauteur dans certains cas (Huisman et al., 2024). Ils sont généralement composés de matériaux végétaux (aiguilles, brindilles, feuilles sèches, bois mort, etc.) et peuvent perdurer pendant des décennies (Huisman et al., 2024). Certaines colonies sont dites monocalciques, c'est-à-dire qu'elles ne possèdent qu'un seul dôme, d'autres sont cependant polycaliques et possèdent donc plusieurs dômes interconnectés leur permettant d'occuper un territoire plus large (Fürjes-Mikó et al., 2025). Certaines colonies peuvent couvrir des surfaces particulièrement importantes comme c'est le cas pour la supercolonie du Jura vaudois qui couvre près de 70 hectares avec 1200 dômes et 100 km de chemins qui les relient (Gris et al., 1977).

2.4.3. Régime alimentaire et rôle écologique

Le régime alimentaire des fourmis du genre *Formica rufa* est omnivore. La moitié de leur alimentation provient de la consommation d'invertébrés (chenilles, larves, etc...). L'autre moitié est liée à une relation de mutualisme qu'elles entretiennent avec des pucerons. Les fourmis rousses des bois assurent la protection des pucerons en échange de quoi elle récupère le miellat produit par ceux-ci ce qui leur fournit une source importante de sucre (Fürjes-Mikó et al., 2025).

Les fourmis rousses des bois participent à la régulation des insectes qu'elles capturent. Ceux-ci sont généralement des insectes phytophages. Leur régulation a des effets bénéfiques pour la santé des arbres et la stabilité des écosystèmes forestiers (Fürjes-Mikó et al., 2025). De plus, la collecte des matériaux servant à la construction ou l'entretien des dômes influence la structure, le cycle des nutriments et la micro-hétérogénéité des habitats (Finér et al., 2013).

La méthode de prospection des ressources utilisée s'apparente à une stratégie de « central-place-foraging ». Les ouvrières quittent le nid pour butiner ou chasser, parfois à des distances importantes mais généralement à moins de 30m, puis reviennent avec de la nourriture ou bien des matériaux (Denny et al., 2001).

2.4.4. Les espèces présentes dans le Massif vosgien

Dans le massif vosgien, au moins cinq espèces du groupe des fourmis rousses sont confirmées : *Formica lugubris*, *Formica polyclena*, *Formica pratensis*, *Formica rufa* et *Formica truncorum* (Antarea, 2025).

La situation de *Formica paralugubris* reste, en revanche, très incertaine. Certaines sources mentionnent des données dans les Vosges (Antarea, 2025) tandis que Seifert (2021) limite sa répartition à l'Ouest des Alpes. Selon une étude génétique récente sur un échantillon de 27 individus identifiés comme *Formica paralugubris*, cinq ont été réattribués à *Formica lugubris* sur la base de leur morphologie. Cela met en évidence que l'identification morphologique seule n'est pas fiable. Pour le moment et tant qu'aucune preuve génétique n'aura été validée, la présence de *Formica paralugubris* dans les Vosges doit être considérée comme non confirmée.

2.5. Méthodologie

2.5.1. Déroulement de l'étude

La présente étude s'inscrit dans une démarche de comparaison diachronique visant à confronter les résultats d'un inventaire des dômes de fourmis rousses réalisé en 1998 à ceux de l'étude actuelle, soit à près de trente ans d'intervalle. Elle a pour objectif d'analyser l'évolution du nombre et du volume des dômes, afin de mettre en évidence les grandes tendances de dynamique des colonies et de les relier aux caractéristiques forestières actuelles des parcelles étudiées, dans les limites inhérentes à la comparaison de deux inventaires espacés dans le temps.

L'étude s'est déroulée en plusieurs phases successives. Une première phase a consisté en la prise de connaissance du protocole et de l'étude initiale réalisée en 1998. Cette étape a permis de s'approprier la méthodologie et les fiches de terrain, ainsi que d'organiser l'inventaire des 16 parcelles prévues, dont 15 ont finalement pu être inventoriées.

La première phase de terrain s'est déroulée d'octobre à décembre 2024 et a concerné les parcelles 10, 20, 22, 24, 55, 58, 61, 174, 209 et 280. Cette phase a été réalisée par Ugo Di Capua, alors étudiant en Licence Professionnelle MINA, accompagné sur le terrain parfois accompagné sur le terrain par d'autres personnes.

Une seconde phase de terrain, a été réalisée en octobre 2025, afin de compléter les relevés précédents. Elle a concerné les parcelles 14, 57, 76, 85 et 118.

2.5.2. Le protocole sur le terrain

Le protocole consistait à parcourir l'ensemble des parcelles en effectuant un recensement aussi précis et exhaustif que possible de tous les dômes observables. Le relevé se faisait en effectuant des allers-retours au cœur de chaque parcelle, en suivant globalement les courbes de niveau afin de couvrir l'intégralité de la surface. L'espacement entre les bandes de prospection variait entre 20 et 30 mètres, selon la densité du couvert arboré et la distance de visibilité dans le sous-bois.

Lorsqu'une fourmilière était localisée, son point GPS était enregistré via QField, puis plusieurs informations étaient relevées, aussi bien sur la structure environnante (densité et essences des arbres, présence d'arbustes, couvert herbacé, etc.) que sur le dôme lui-même (état général, matériaux constitutifs, hauteur, grands et petits diamètres, etc.) (voir annexe 1, 2 et 3).

La hauteur du dôme était mesurée à l'aide d'un tasseau de bois gradué au centimètre, sur laquelle un tasseau en bois était positionné perpendiculairement grâce à un niveau à bulle, permettant une mesure fiable de la hauteur. Un mètre ruban servait quant à lui à mesurer les grands et petits diamètres des dômes.

L'ensemble des données récoltées a ensuite été synthétisé dans un tableau Excel, regroupant à la fois les variables environnementales mesurées autour des dômes et les informations directement liées aux caractéristiques des dômes eux-mêmes (voir annexe 2).

2.5.3. Étude cartographique

Une fois la phase de terrain achevée, un travail cartographique a été réalisé à partir des données LiDAR de l'ONF. Cette étape a permis de caractériser plusieurs paramètres structuraux de la forêt, tels que la densité de tiges, la surface terrière, les essences présentes et l'organisation générale du peuplement. Ces informations ont été analysées à l'échelle de la parcelle, afin d'obtenir une vision globale des conditions forestières, et d'autre part dans un rayon d'environ 15 mètres autour de chaque dôme, pour décrire plus finement l'environnement immédiat des fourmilières (voir annexe 3 et 4).

2.5.4. Choix d'analyse et traitement des données

L'analyse des données repose principalement sur le volume des dômes, plutôt que sur leur seul nombre. Ce choix méthodologique vise à accorder une importance particulière aux dômes de grandes dimensions, considérés comme les plus stables, pérennes et représentatifs d'une occupation durable du milieu forestier. À l'inverse, les dômes de petit volume ($< 0,5 \text{ m}^3$) correspondent le plus souvent à des structures récentes, temporaires ou peu stables, pouvant être abandonnées rapidement ou ne représenter qu'un stade initial de développement des colonies.

Plusieurs auteurs indiquent en effet que seuls les dômes de taille moyenne à grande présentent une réelle stabilité interannuelle et une occupation durable par les colonies de fourmis rousses (Klimetzek, 1981). Sur cette base, un seuil de 0,5 m³ a été retenu afin de distinguer les dômes considérés comme écologiquement significatifs.

Les analyses ne reposent donc pas uniquement sur le nombre de dômes recensés, celui-ci ne permettant pas de mettre en évidence de relations robustes avec des paramètres forestiers tels que la surface terrière, le couvert forestier ou la structure du peuplement. Ces paramètres traduisent avant tout une continuité forestière dans le temps, davantage reflétée par la taille et le volume des dômes que par leur simple abondance.

Ainsi, pour chaque variable étudiée, les analyses ont été conduites à la fois sur l'ensemble des dômes inventoriés et de manière plus ciblée sur les dômes de volume supérieur à 0,5 m³.

Par ailleurs, compte tenu de la répartition globalement aléatoire des dômes au sein de plusieurs parcelles (10, 14, 20, 22, 61, 118 et 174 ; voir annexe 5), ainsi que de l'hétérogénéité marquée des parcelles étudiées, il a été jugé plus pertinent de réaliser les analyses à l'échelle des dômes plutôt qu'à celle des parcelles. Cette approche permet une analyse plus fine, directement liée aux conditions environnementales immédiates influençant le développement des dômes de fourmis rousses.

Pour mettre en évidence les relations entre le volume des dômes et les variables forestières étudiées, des tests statistiques adaptés ont été choisis en fonction de la nature des variables :

Pour les variables quantitatives continues, comme le couvert arboré ou la surface terrière, une corrélation de Spearman a été utilisée afin d'évaluer l'existence de relations monotones sans supposer de distribution normale des données.

Pour les variables qualitatives ou catégorielles, comme la structure forestière, un test de Kruskal-Wallis a été employé afin de comparer les distributions de volumes de dômes entre les différentes catégories.

Ces tests permettent ainsi de tester formellement l'hypothèse nulle selon laquelle aucune relation n'existe entre le volume des dômes et le paramètre forestier considéré, tout en s'adaptant aux spécificités des données et aux effectifs parfois limités dans certaines catégories.

3. Résultats

3.1. Résultats de la précédente étude

Les résultats présentés ci-dessous portent sur 15 des 16 parcelles inventoriées en 1998, représentant une surface totale de 255 hectares. La parcelle 50 n'a pas pu être inventoriée lors de l'étude de 2024-2025 en raison de sa forte pente et de conditions météorologiques défavorables durant la période de terrain, rendant la prospection trop risquée.

Les deux graphiques ci-dessous comparent, pour chaque parcelle étudiée, le nombre total de dômes et le volume total des dômes recensés lors de l'étude de 1998 et lors de la campagne actuelle (2024-2025) (voir annexe 10).

Concernant le nombre de dômes, on observe une augmentation globale dans la majorité des parcelles entre 1998 et 2025. Certaines parcelles présentent une hausse marquée du nombre de dômes, notamment les parcelles 20, 118 et 174 qui montrent des augmentations respectives de 30, 16 et 13 dômes (voir annexe 10). À l'inverse, quelques parcelles présentent des effectifs relativement stables, comme les parcelles 24 et 280. Certaines parcelles sont en légère diminution, notamment les parcelles 58 et 209, qui perdent respectivement 2 et 1 dôme.

Le graphique relatif au volume total des dômes met en évidence des évolutions parfois différentes de celles observées pour le nombre de dômes. Plusieurs parcelles présentent une augmentation nette du volume total en 2025, notamment les parcelles 14, 20, 118 et 85, avec des augmentations respectives de 9,49 m³, 7,10 m³, 8,61 m³ et 5,49 m³. À l'inverse, certaines parcelles montrent une diminution du volume total malgré un nombre de dômes stable ou en hausse, comme la parcelle 58, où le volume total diminue de 3,84 m³.

Ces résultats montrent que l'évolution du nombre de dômes et celle du volume total occupé par les dômes sont différents selon les parcelles et ne sont pas nécessairement corrélées.

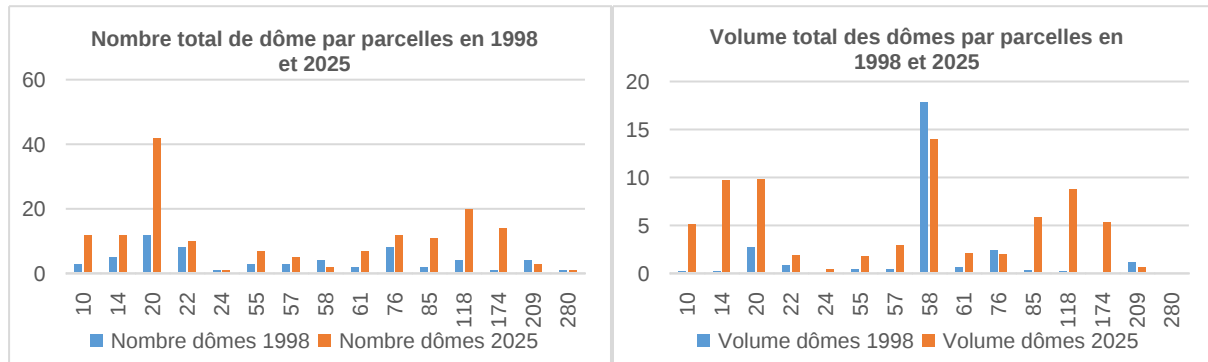


Figure 6 – Répartition en termes de nombre et de volume des dômes entre l'étude de 1998 et celle de 2024-2025

3.2. Cartographie des dômes relevés

La cartographie ci-dessous présente la localisation de l'ensemble des dômes recensés lors de l'étude, chaque point correspondant à un dôme. Au total, 159 dômes ont été recensés lors de la campagne 2024–2025, dont 46 présentent un volume supérieur à 0,5 m³.

Des concentrations importantes de dômes sont observées sur les parcelles 14, 20, 22, 85, 118 et 174.

À l'inverse, certaines parcelles présentent une faible densité de dômes, notamment les parcelles 24, 58, 209 et 280. La parcelle 50 ne présente aucun dôme sur la cartographie du fait qu'elle n'a pas pu être inventoriée.

Le détail de la répartition spatiale des dômes par parcelle est présenté en annexe 6.

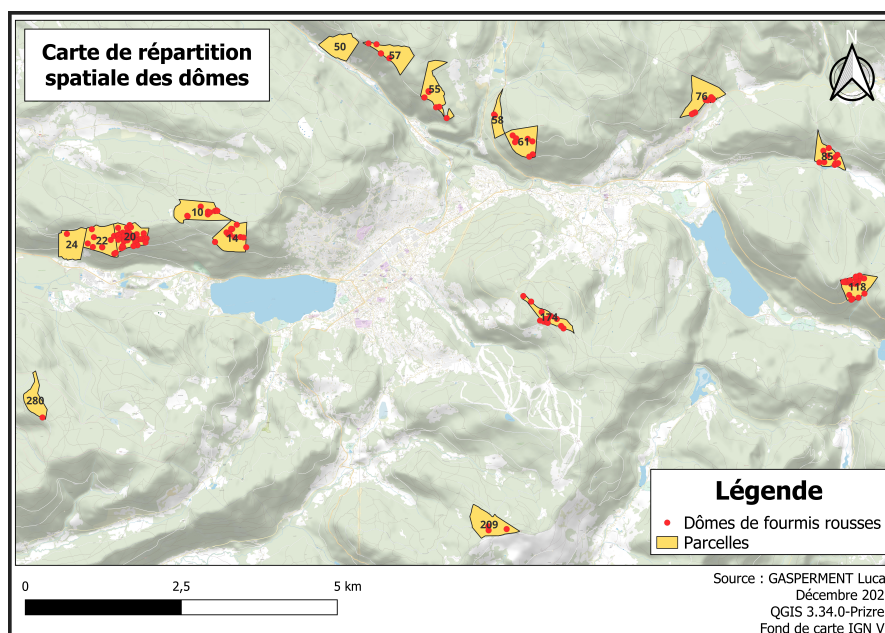


Figure 7 – Carte de la répartition spatiale des dômes au sein de la zone d'étude

3.3. Volume des dômes en fonction du couvert forestier

Le graphique ci-dessous présente la répartition des volumes de dômes en fonction des classes de couvert forestier relevées sur le terrain dans un rayon d'environ 15 mètres.

On observe que, par classe de couvert, les volumes médians ainsi que le troisième quartile augmentent globalement avec le couvert forestier, aussi bien pour l'ensemble des dômes que pour les dômes de volume supérieur à 0,5 m³. Les valeurs médianes maximales sont atteintes dans la classe de couvert 80–90 %. La variabilité des volumes reste relativement faible lorsque l'ensemble des dômes est considéré, mais elle est plus marquée pour les dômes de volume supérieur à 0,5 m³.

Lorsque le couvert forestier dépasse 90 %, une diminution nette des volumes est observée : les volumes médians sont presque deux fois inférieurs à ceux de la classe précédente et les dômes de volume supérieur à 0,5 m³ sont peu représentés, avec des volumes strictement inférieurs à 0,9 m³.

Afin de tester l'existence d'une relation entre le volume des dômes et le couvert forestier, une corrélation de Spearman a été réalisée. L'hypothèse nulle (H0) posée est l'absence de relation entre le volume des dômes et le couvert forestier. Le test met en évidence une relation statistiquement significative ($p = 0,003667$). L'hypothèse nulle est donc rejetée, indiquant l'existence d'une relation monotone entre le couvert forestier et le volume des dômes.

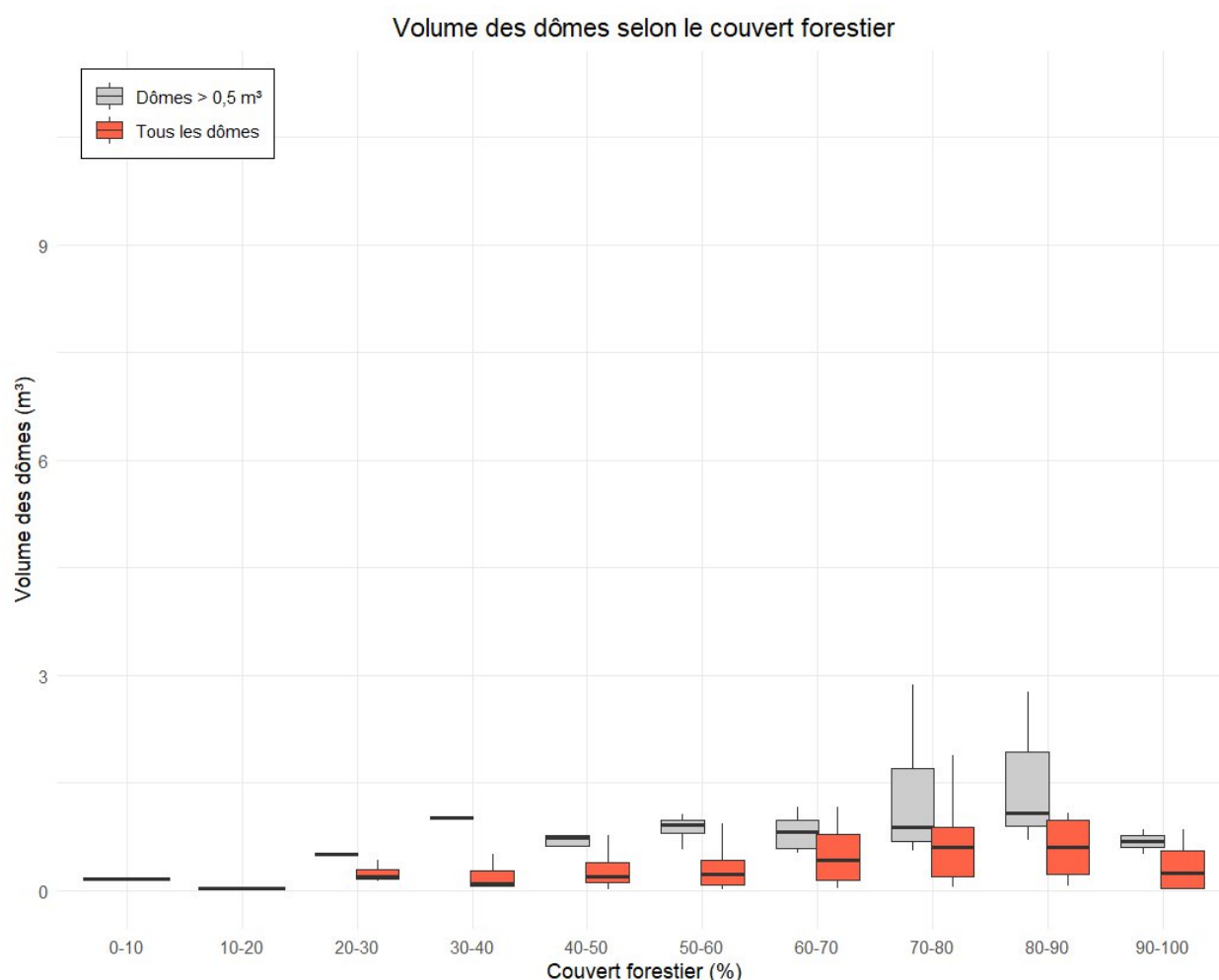


Figure 8 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction du couvert forestier

3.4. Volume des dômes en fonction de la surface terrière

Le graphique ci-dessous présente la répartition du volume des dômes en fonction des différentes classes de surface terrière mesurées à l'aide de la cartographie LiDAR dans un rayon d'environ 15 m autour de chaque dôme.

Pour l'ensemble des dômes, le volume augmente progressivement jusqu'à la classe 20–25 m²/ha, où il atteint une valeur maximale avec une médiane de 0,58 m³, puis diminue progressivement dans les classes de surface terrière supérieures.

Pour les dômes de plus de 0,5 m³, une augmentation globale du volume est observée, avec des valeurs relativement stables entre les classes 10–15 et 35–40 m²/ha, pour une médiane d'environ 0,28 m³ sur cet intervalle. Un pic marqué est ensuite observé dans la classe 40–45 m²/ha, où la médiane atteint 1,8 m³.

Une corrélation de Spearman a été réalisée afin de tester la relation entre le volume des dômes et la surface terrière. L'hypothèse nulle (H0) correspond à l'absence de relation entre ces deux variables. Le test ne met pas en évidence de relation statistiquement significative ($p = 0,2312$). L'hypothèse nulle n'est donc pas rejetée.

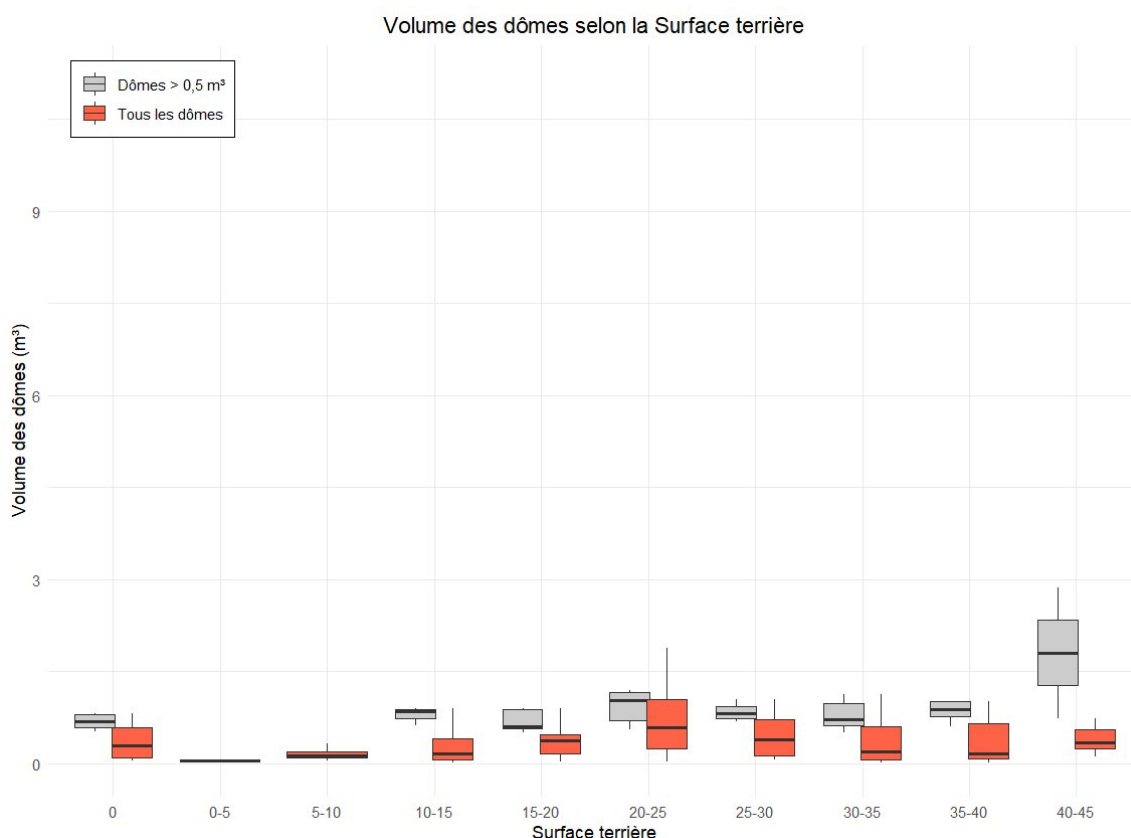


Figure 9 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction de la surface terrière

3.5. Volume des dômes en fonction de la structure forestière

Le graphique ci-dessous présente la répartition des volumes de dômes en fonction des structures forestières identifiées à l'aide de la cartographie LiDAR dans un rayon d'environ 15 m autour de chaque dôme.

Lorsque l'ensemble des dômes est considéré, les volumes médians les plus élevés sont observés dans les structures irrégulières et régularisées en petit bois et/ou bois moyen, avec des médianes proches de 0,35–0,40 m³. Les autres structures présentent des volumes médians plus faibles et relativement comparables entre elles.

En ne considérant que les dômes de volume supérieur à 0,5 m³, les valeurs médianes sont globalement similaires entre les différentes structures forestières, autour de 0,8 m³. En revanche, la structure régularisée bois moyen et/ou gros bois se distingue par une variabilité très importante des volumes, avec la présence de dômes atteignant des volumes très élevés, jusqu'à 11,15 m³.

Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé afin de comparer les volumes des dômes entre les différentes structures forestières. L'hypothèse nulle (H0) posée est l'absence de différence significative de volume entre les structures forestières. Le test ne met pas en évidence de différence statistiquement significative ($p = 0,14$). L'hypothèse nulle n'est donc pas rejetée.

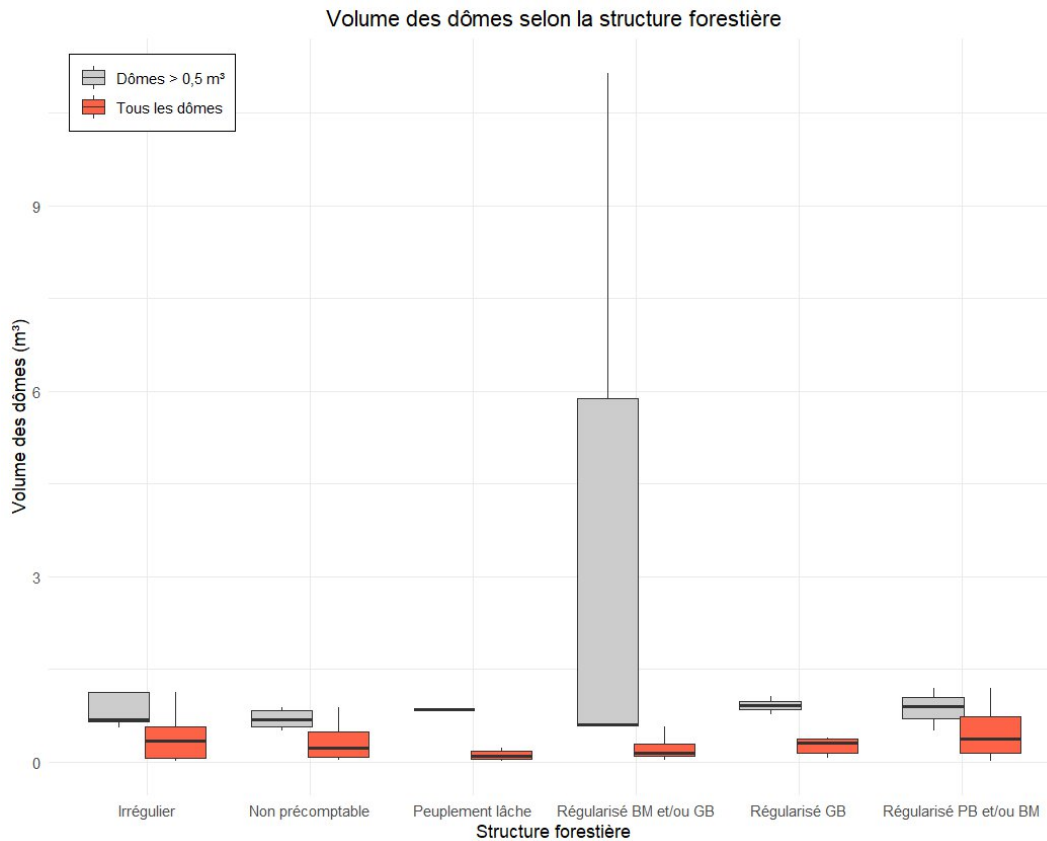


Figure 10 – Graphique en boîte à moustaches présentant le volume des dômes en fonction de la structure forestière

4. Discussion

4.1. Comparaison entre l'étude de 1998 et l'étude de 2024-2025

La comparaison entre l'étude de 1998 et l'étude actuelle met en évidence une augmentation du nombre global de dômes et de leur volume, traduisant une dynamique favorable des populations de fourmis rouges dans le secteur étudié (voir annexe 10).

Toutefois, cette évolution n'est pas homogène selon les parcelles. Certaines parcelles, comme les parcelles 118 et 174, présentent à la fois une augmentation importante du nombre de dômes et du volume total, ce qui suggère des conditions favorables à la fois à l'installation de nouvelles colonies et au développement des dômes (voir section 5.2).

À l'inverse, des parcelles comme la parcelle 58 ou la parcelle 209 montrent une diminution du nombre de dômes et du volume total, indiquant des dynamiques locales défavorables pouvant être liées à des perturbations ou à des conditions forestières moins favorables à la stabilité des colonies.

L'analyse montre aussi des situations, où l'augmentation du volume total est principalement liée à la multiplication du nombre de dômes, sans augmentation notable de leur taille individuelle. C'est notamment le cas des parcelles 20, 22, 55 ou 61, où la dynamique observée traduit davantage une expansion spatiale des colonies qu'un accroissement marqué de leur développement structurel.

À l'inverse, certaines parcelles, comme les parcelles 10, 14, 85 et 118, présentent une augmentation du volume nettement supérieure à celle du nombre de dômes. Cette différence montre une croissance importante des dômes existants, ce qui peut être signe de conditions favorables à leur pérennité et à leur stabilité dans le temps.

Enfin, des cas particuliers comme la parcelle 76, où le nombre de dômes augmente tandis que le volume total diminue légèrement, indiquent une évolution vers des populations composées de dômes plus nombreux mais de taille plus réduite.

Ces résultats confirment que l'augmentation globale observée depuis 1998 recouvre des dynamiques locales très contrastées. Selon les parcelles, l'évolution des populations de dômes repose sur des mécanismes différents, impliquant soit une multiplication des dômes, soit une augmentation de leur taille, soit une combinaison des deux, soulignant l'importance des facteurs locaux dans la structuration des populations de fourmis rousses.

4.2. Dynamiques de dômes à l'échelle des parcelles

L'analyse des résultats à l'échelle des parcelles met en évidence des dynamiques très contrastées entre 1998 et 2025, tant en termes d'évolution du nombre de dômes que de leur volume total et moyen. Les parcelles peuvent ainsi être regroupées en plusieurs profils de dynamique, sans qu'un type de structure forestière ou de surface terrière ne s'impose de manière systématique.

Certaines parcelles présentent une forte augmentation du volume total des dômes, principalement liée à la croissance de dômes existants (parcelles 10, 14, 85, 118 et 174) (voir annexe 10). Ces parcelles sont associées à des contextes forestiers variés, incluant à la fois des peuplements régularisés à petit bois et bois moyen et des structures irrégulières ou non précomptables, pour des surfaces terrières faibles à relativement élevées. Cette diversité suggère que la croissance de dômes volumineux peut se produire dans des configurations forestières différentes.

D'autres parcelles se caractérisent par une augmentation marquée du nombre de dômes, sans augmentation concomitante du volume moyen (parcelles 20, 22, 55 et 61) (voir annexe 10). Ces dynamiques traduisent une multiplication de dômes de petite taille, correspondant vraisemblablement à des structures récentes ou satellites, et ne semblent pas associées à un contexte forestier particulier.

À l'inverse, quelques parcelles montrent une diminution du nombre de dômes et du volume total (parcelles 209 et 280) (voir annexe 10), sans que des caractéristiques forestières communes ne permettent d'expliquer clairement ces évolutions négatives. Des facteurs locaux, ponctuels ou historiques peuvent être invoqués pour interpréter ces trajectoires.

Enfin, certains cas atypiques illustrent des dynamiques intermédiaires ou contradictoires, comme la parcelle 58, où le volume total diminue malgré l'augmentation du volume moyen des dômes restants, ou la parcelle 76, marquée par une augmentation du nombre de dômes associée à une diminution de leur taille moyenne.

Globalement, cette analyse ne met pas en évidence de relation simple et univoque entre les dynamiques observées et les structures forestières ou les classes de surface terrière à l'échelle des parcelles. Cette absence de tendance nette suggère que les facteurs influençant la

dynamique des dômes de fourmis rousses s'expriment principalement à des échelles plus fines, liées aux conditions locales d'implantation et de développement des dômes.

4.3. Analyse du volume des dômes en fonction du couvert forestier

L'analyse de la répartition des volumes de dômes en fonction du couvert forestier met en évidence une relation entre la densité du couvert et le développement des dômes de fourmis rousses. Cette relation est confirmée par le test statistique, qui met en évidence une corrélation significative entre le volume des dômes et le couvert forestier ($p = 0,003667$).

Globalement, les volumes médians ainsi que les valeurs du troisième quartile augmentent avec le couvert forestier, aussi bien lorsque l'on considère l'ensemble des dômes que lorsque l'on se focalise sur les dômes de volume supérieur à $0,5 \text{ m}^3$. Les volumes maximaux sont atteints dans les classes de couvert intermédiaires à élevés, avec un optimum observé dans la classe de couvert comprise entre 80 et 90 % (voir figure 8). Cette configuration correspond à des situations déjà décrites comme particulièrement favorables au développement des dômes de fourmis rousses, dans lesquelles un compromis s'établit entre protection forestière, disponibilité en ressources et apport lumineux suffisant au fonctionnement thermique du nid (Nageleisen, 2010).

Dans les zones à couvert forestier faible, les dômes sont peu volumineux et relativement rares. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation. D'une part, les zones très ouvertes offrent peu de ressources alimentaires aux fourmis rousses, dont une part importante de l'alimentation repose sur le miellat produit par les pucerons, eux-mêmes dépendants de la présence d'arbres résineux. D'autre part, l'absence ou la rareté des arbres limite la disponibilité des matériaux nécessaires à la construction et à l'entretien des dômes, tels que les aiguilles de conifères ou les brindilles. Enfin, ces milieux ouverts sont fortement exposés aux conditions climatiques (pluie, vent, gel, rayonnement solaire excessif) (Donzé, 2011), ce qui peut entraîner une dégradation fréquente des structures. Les colonies doivent alors consacrer une part importante de leur activité à l'entretien du dôme, au détriment de son agrandissement.

À l'inverse, les zones présentant un couvert forestier intermédiaire constituent des conditions plus favorables au développement des dômes. Ces milieux offrent à la fois une disponibilité accrue en ressources alimentaires et en matériaux de construction, tout en conservant une pénétration suffisante de la lumière. Cette dernière est essentielle au fonctionnement thermique du dôme, dont le réchauffement conditionne l'activité et la survie de la colonie. Les fourmis rousses semblent ainsi privilégier des secteurs partiellement fermés, où l'équilibre entre ombrage et ensoleillement permet un développement optimal du nid.

Par ailleurs, les zones où les dômes sont installés peuvent évoluer dans le temps. En l'absence d'interventions humaines ou de pressions exercées par les herbivores sur la régénération forestière, ces milieux tendent naturellement à se refermer vers des stades forestiers plus matures. Les dômes qui persistent dans ces secteurs peuvent alors croître progressivement, ce qui explique l'augmentation générale du volume des dômes en même temps que le couvert forestier que l'on observe sur le graphique. Cette tendance est renforcée par l'augmentation de la proportion de dômes de volume supérieur à $0,5 \text{ m}^3$ lorsque le couvert forestier augmente.

Toutefois, lorsque le couvert forestier devient très dense, au-delà de 90 %, une rupture nette de cette dynamique est observée. Dans ces conditions, les volumes médians diminuent fortement et les dômes de grande taille deviennent plus rares, avec des volumes systématiquement inférieurs à $0,9 \text{ m}^3$. Un couvert trop fermé limite la pénétration du rayonnement solaire au sol et réduit ainsi les capacités de réchauffement des dômes, élément essentiel au fonctionnement thermique du nid. Plusieurs travaux menés dans le massif vosgien ont montré que les fourmis rousses des bois sont majoritairement associées à des situations bénéficiant d'un ensoleillement direct ou partiel,

tandis que leur présence sous couvert forestier très dense reste marginale (Nageleisen, 1999). Cette contrainte microclimatique liée à la fermeture excessive du couvert peut ainsi expliquer la diminution observée à la fois du nombre de dômes et de leur volume dans les secteurs les plus fermés.

Il serait pertinent de compléter cette analyse par des relevés spécifiques afin d'identifier les espèces occupant les milieux les plus fermés. Certaines espèces du groupe *Formica polyctena* largement représentée dans le massif vosgien sont en effet connues pour préférer des milieux forestiers plus sombres, tandis que *Formica lugubris* est davantage associée aux zones de trouées et aux couverts intermédiaires (Seifert, 2021). La prise en compte de la composition spécifique permettrait d'affiner l'interprétation des relations observées entre couvert forestier et volume des dômes.

4.4. Analyse du volume des dômes en fonction de la surface terrière

La relation entre la surface terrière et le volume des dômes met en évidence l'importance du stade de développement du peuplement forestier dans la dynamique des colonies de fourmis rousses. Le test statistique ne met pas en évidence de relation significative entre le volume des dômes et la surface terrière ($p = 0,2312$), ce qui peut être partiellement expliqué par le nombre limité d'observations dans certaines classes de surface terrière.

Les résultats montrent que les dômes les plus volumineux sont majoritairement associés à des classes de surface terrière intermédiaires à élevées, traduisant des peuplements structurés et relativement matures.

Dans les classes de surface terrière faibles, les volumes de dômes restent globalement limités. Ces peuplements correspondent à des stades précoces ou à des secteurs ayant subi des perturbations récentes, où il n'existe pas de continuité des conditions forestières. Ces contextes semblent moins favorables au maintien de colonies anciennes et à la croissance prolongée des dômes.

À mesure que la surface terrière augmente, les volumes de dômes deviennent plus importants jusqu'à la classe 20-25 m² avant de diminuer à nouveau. Si l'on se concentre sur les dômes de volume supérieur à 0,5 m³, le volume de ces dômes lui augmente progressivement voire reste stable sur les classes de 10-15 m² à 35-40 m² avant d'avoir un pic net dans la classe 40-45 m². Ces classes de surface terrière très élevées traduisent des peuplements dominés par des arbres de gros diamètre ce qui suggère une continuité forestière sur le long terme. Ces conditions semblent donc favorables à l'installation durable des colonies et à l'agrandissement des dômes, d'autant que la présence d'arbres de dimensions moyennes à importantes s'accompagne généralement d'une densité de tiges plus faible et d'une structure verticale moins fermée. Cette configuration favorise une meilleure pénétration de la lumière au sol, sous forme d'ensoleillement direct ou diffus, tout en maintenant un microclimat forestier relativement stable. Plusieurs travaux ont montré que les fourmis rousses des bois privilégient des situations combinant une protection forestière et un apport lumineux suffisant au niveau du dôme, condition essentielle à leur fonctionnement thermique (Torossian & Humbert, 1982 ; Nageleisen, 1999 ; Seifert, 2021).

Toutefois, dans les classes de surface terrière les plus élevées on observe une forte dispersion des volumes de dômes. Cette variabilité indique que la surface terrière élevée ne constitue pas à elle seule un facteur déterminant, et que l'expression du volume maximal des dômes dépend probablement de conditions locales.

Aussi, comme pour le couvert forestier l'augmentation progressive du volume des dômes en lien avec l'évolution de la surface terrière permet d'avancer l'hypothèse que les dômes de fourmis rousses s'installent dans des peuplements forestiers à des stades relativement précoces puis

évoluent conjointement avec la forêt au cours du temps. Cette évolution conjointe entre le volume des dômes et de la surface terrière peut nous permettre de supposer que la dynamique forestière reste stable et que les nids ne subissent pas de perturbations directes. Cette hypothèse repose sur le fait que les dômes constituent des structures pérennes. Leur volume pourrait ainsi refléter non seulement les conditions forestières actuelles, mais également l'histoire récente du peuplement. Toutefois, les données disponibles ne permettent pas de retracer précisément l'âge d'installation des dômes ni leur trajectoire individuelle de croissance. Cette interprétation doit donc être considérée comme une hypothèse, qui mériterait d'être approfondie par des suivis plus réguliers ainsi que de croiser les informations relevées à l'historique des coupes réalisées par l'ONF sur les parcelles étudiées.

4.5. Analyse du volume des dômes en fonction de la structure forestière

L'analyse de la répartition des volumes de dômes en fonction des structures forestières met en évidence des différences apparentes entre catégories, tant en termes de volumes médians que de dispersion des valeurs. Cependant, le test de Kruskal-Wallis ne met pas en évidence de différence statistiquement significative entre les structures forestières ($p = 0,14$). Cette absence de significativité peut être liée à un nombre limité d'observations dans certaines catégories et à la forte variabilité des volumes au sein de certaines structures.

Lorsque l'ensemble des dômes est pris en compte, les structures irrégulières ainsi que les structures régularisées en petit bois et/ou bois moyen présentent des volumes médians plus élevés que les autres catégories.

Cette observation doit toutefois être interprétée avec prudence. Elle repose en effet sur des effectifs variables selon les catégories de structures forestières. Il est donc possible que ces différences reflètent en partie un effet de distribution des données ou la surreprésentation de certains types de dômes dans certaines structures, plutôt qu'une relation fonctionnelle directe entre structure forestière et volume des dômes.

À l'inverse, certaines structures présentent des volumes médians plus faibles et une distribution plus resserrée, traduisant une majorité de dômes de petite à moyenne taille. Cette variabilité entre structures suggère néanmoins que le type de structure forestière peut influencer le développement des dômes, probablement via des différences dans l'organisation spatiale du peuplement, la disponibilité en ressources et les conditions micro-environnementales locales.

Lorsque l'analyse se concentre uniquement sur les dômes de volume supérieur à 0,5 m³, les différences entre structures forestières apparaissent moins marquées en termes de valeurs médianes, qui restent globalement comparables entre catégories. En revanche, certaines structures, notamment les peuplements régularisés dominés par le bois moyen à gros bois, se distinguent par une dispersion importante des volumes et par la présence ponctuelle de dômes de très grande taille. Cette forte variabilité indique que, dans ces structures, les conditions favorables au développement de dômes volumineux ne sont pas homogènes à l'échelle du peuplement.

L'ensemble de ces résultats conduit à formuler l'hypothèse selon laquelle certaines structures forestières peuvent offrir, localement, des conditions plus favorables à l'installation et au maintien de dômes de grande taille, tandis que d'autres peuvent en limiter le développement. Il est toutefois probable que ces différences reflètent également l'histoire sylvicole des peuplements et la succession des interventions, certaines structures permettant la persistance des dômes sur le long terme. Ces interprétations doivent néanmoins être considérées avec précaution, les données disponibles ne permettant ni de retracer finement la dynamique temporelle des dômes, ni de tester statistiquement les différences observées entre catégories de structures.

4.6. Analyse globale multifactorielle

La mise en relation des résultats liés au couvert forestier, à la surface terrière et à la structure des peuplements permet d'apporter des éléments d'interprétation sur les conditions forestières associées au développement des dômes de fourmis rousses. Cette approche multifactorielle vise à dépasser l'analyse isolée de chaque paramètre afin de mieux comprendre les combinaisons de facteurs susceptibles de favoriser la présence de dômes volumineux.

De manière générale, les volumes moyens de dômes les plus élevés sont associés à des peuplements présentant des surfaces terrières intermédiaires à élevées et des structures dominées par le bois moyen à gros bois. Plusieurs travaux ont montré que la présence de dômes volumineux est fréquemment associée à des peuplements présentant une continuité forestière élevée et une stabilité des conditions environnementales sur le long terme, ces structures constituant des indicateurs biologiques pertinents de la maturité et de la continuité des milieux forestiers (Nageleisen, 2010 ; Marage et al., 2017). Ces configurations correspondent à des peuplements relativement continus et structurés, capables d'offrir des conditions microclimatiques favorables à la croissance et au maintien des dômes sur le long terme. À l'inverse, les secteurs caractérisés par des surfaces terrières faibles et des structures dominées par le petit bois sont plus fréquemment associés à des dômes de faible volume, suggérant des conditions favorables à l'installation de nouvelles colonies mais moins propices à un développement important des structures individuelles.

Les résultats montrent que les caractéristiques moyennes des parcelles ne permettent pas, à elles seules, d'expliquer les volumes des dômes observés. En effet, des dômes très volumineux peuvent être présents uniquement dans certains secteurs d'une même parcelle, pourtant globalement hétérogène. Cela indique que le développement des dômes dépend avant tout des conditions forestières locales, directement autour de chaque dôme, plutôt que des caractéristiques générales de la parcelle. Il est donc nécessaire de considérer conjointement le couvert forestier, la surface terrière et la structure du peuplement à une échelle fine pour mieux comprendre ces dynamiques.

La parcelle 58 illustre bien cette complexité. Bien que le nombre total de dômes et le volume total aient diminué entre 1998 et 2025, le volume moyen par dôme y augmente fortement. Cette parcelle abrite notamment un dôme particulièrement exceptionnel, situé dans sa partie nord, dont le volume atteint 11,15 m³ lors de l'inventaire actuel. Ce dôme avait déjà été recensé lors de l'étude de 1998, avec un volume estimé à 7,49 m³, suggérant l'existence d'une colonie ancienne, probablement installée depuis plusieurs décennies (environ 40 à 60 ans). Malgré des dégradations directes subies par le dôme lors d'une intervention sylvicole passée, liées au passage d'un engin forestier, celui-ci ne présente aujourd'hui plus aucune trace visible de ces dommages et se trouve dans un excellent état de conservation. Ce type de situation illustre la capacité de résilience des colonies de fourmis rousses, certaines études ayant montré que des colonies anciennes peuvent maintenir ou reconstituer des structures volumineuses sur le long terme lorsque les conditions locales demeurent favorables (Marage et al., 2017).

Enfin, l'absence de tendances strictes et systématiques entre les dynamiques observées et les paramètres forestiers analysés suggère que d'autres facteurs, non pris en compte dans cette étude, peuvent également influencer le développement et la pérennité des dômes. Parmi ceux-ci peuvent intervenir la topographie fine, l'exposition, les conditions microclimatiques locales, la disponibilité en matériaux constitutifs du dôme, les perturbations ponctuelles ou encore l'histoire ancienne des peuplements et des pratiques sylvicoles. Ces éléments pourraient expliquer une partie de la variabilité observée et constituent des pistes intéressantes pour de futures investigations.

5. Limites de l'étude et biais

5.1.1. Limite de l'étude

La principale limite concerne la difficulté d'avoir un historique de gestion forestière des parcelles étudiées. Malgré des échanges avec l'Office national des forêts, les informations relatives aux interventions sylvicoles passées se sont révélées incomplètes. Il n'a donc pas été possible de disposer d'un suivi continu et détaillé des opérations de gestion entre l'étude de 1998 et la campagne actuelle. Il est donc impossible de faire un lien direct entre l'évolution du volume des dômes et l'intensité ou la nature de la pression anthropique liée à la sylviculture.

Aussi, l'analyse repose sur la comparaison de deux campagnes d'inventaire espacées dans le temps, sans données intermédiaires. Cette approche ne permet pas d'identifier les trajectoires d'évolution des dômes entre 1998 et 2025, ni de distinguer les phases éventuelles de disparition, de recolonisation ou de reconstruction des dômes. Les dynamiques observées correspondent donc à un état comparatif à deux dates, et non à un suivi continu.

Une autre limite concerne la différence d'échelle d'analyse entre les données utilisées. Pour l'étude actuelle, les analyses ont été menées à l'échelle des dômes, afin de prendre en compte la forte hétérogénéité intra-parcellaire et d'associer le plus précisément possible les paramètres forestiers mesurés aux caractéristiques de chaque dôme. En revanche, la comparaison avec l'étude réalisée en 1998 repose sur des données à l'échelle des parcelles, sans localisation précise. Il n'est donc pas possible de relier directement les dômes observés en 2025 à ceux inventoriés en 1998, ni de comparer finement les conditions forestières locales associées à chaque dôme entre les deux périodes. Cette différence d'échelle impose de raisonner à l'échelle parcellaire pour l'analyse diachronique, ce qui limite la précision des comparaisons temporelles et restreint l'interprétation des dynamiques observées à des tendances générales plutôt qu'à des trajectoires individuelles de dômes.

Une autre limite de l'étude concerne le nombre de dômes recensés dans chaque catégorie de structures forestières ou de surface terrière. Cela réduit la fiabilité des tests statistiques et peut contribuer à l'absence de relations significatives entre certaines variables. Cette contrainte limite la généralisation des résultats et impose une interprétation prudente des tendances observées. Il serait donc pertinent d'étendre le suivi à d'autres zones forestières présentant des contextes sylvicoles et structurels variés, afin d'augmenter le nombre de données disponibles.

Enfin, l'étude s'appuie sur le volume des dômes comme indicateur principal de leur importance écologique et de leur pérennité. Si cet indicateur est pertinent pour distinguer les dômes potentiellement stables des structures plus temporaires, il ne permet pas à lui seul de caractériser l'âge réel, l'historique de développement ou l'activité actuelle des colonies. Le volume des dômes est donc un indicateur indirect de leur stabilité et de leur développement, sans pour autant être directement lié à leur âge, leur longévité ou l'état de la colonie.

5.1.2. Biais concernant les relevés sur le terrain

- **Biais observateur**

Les inventaires de terrain ayant été réalisés par plusieurs personnes, un biais observateur est possible. L'appréciation de certaines variables, notamment le couvert forestier autour des dômes, peut varier selon l'expérience et la sensibilité de l'observateur. De plus, la capacité à détecter les dômes n'est pas homogène entre observateurs, en particulier dans les peuplements denses où certains dômes peuvent être partiellement dissimulés par la végétation. Il est donc possible que certains dômes n'aient pas été repérés, provoquant une sous-estimation locale du nombre de dômes.

- **Biais météo**

Les relevés ayant été effectués en période automnale, les conditions météorologiques ont pu influencer les observations. La pluie, la neige ou les épisodes de brouillard ont pu compliquer la détection des dômes et la réalisation des mesures. Les précipitations peuvent également entraîner un tassement temporaire des dômes, conduisant à une sous-estimation de leur hauteur et donc de leur volume, parfois de l'ordre de plusieurs centimètres à une dizaine de centimètres. Aussi, en période automnale et dans les peuplements feuillus, l'estimation du couvert forestier autour des dômes peut être rendue plus difficile par la chute partielle ou totale des feuilles.

- **Biais de comparaison des données**

La comparaison avec l'étude réalisée en 1998 présente un biais méthodologique lié au manque de précision sur les conditions exactes de l'inventaire initial. Il n'est pas possible de connaître précisément la pression d'inventaire, le nombre d'observateurs impliqués ni le niveau de détail des relevés réalisés à l'époque. Toutefois, l'analyse des recensements suggère que la surface effectivement parcourue lors de l'étude de 1998 était inférieure à celle prospectée dans le cadre de l'étude actuelle. La pression d'inventaire n'était donc pas strictement comparable entre les deux périodes, ce qui peut avoir influencé le nombre de dômes recensés et les volumes observés.

5.1.3. Limiter les biais

- **Compensation du biais observateur**

Pour réduire l'effet des différences entre observateurs, il serait idéal de réinventorier certaines zones déjà étudiées par l'observateur précédent et de comparer les relevés. Cette double lecture permettrait de quantifier l'influence des variations individuelles dans la perception du couvert forestier ou dans la détection des dômes, et de calibrer les données en conséquence.

- **Minimisation du biais lié aux conditions météorologiques**

Pour limiter le biais lié à la météorologie, il serait préférable de réaliser l'inventaire au printemps, lorsque la végétation est moins dense et les conditions climatiques plus stables, favorisant une meilleure observation des dômes et une mesure plus précise de leur volume.

6. Recommandation

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'intérêt de l'inventaire des dômes de fourmis rousses des bois, et plus particulièrement de l'analyse de leur volume, comme outil permettant de mieux comprendre les relations entre les colonies et certaines caractéristiques forestières, notamment le couvert forestier, la surface terrière et la structure du peuplement. Les dômes de volume supérieur à 0,5 m³ apparaissent comme des structures particulièrement pertinentes, car ils correspondent à des colonies anciennes et stables, représentatives d'une occupation durable du milieu forestier. Ce constat est cohérent avec plusieurs travaux de synthèse et études de terrain montrant que les dômes les plus volumineux sont généralement associés à des colonies installées depuis plusieurs décennies et caractérisées par une forte stabilité spatiale (Marage et al., 2017).

Il est ainsi recommandé de poursuivre et de pérenniser les inventaires de dômes sur les parcelles étudiées, afin de suivre l'évolution de leur répartition spatiale et de leurs caractéristiques morphologiques dans le temps. La mise en place d'inventaires réguliers, idéalement tous les cinq à dix ans, permettrait d'améliorer la connaissance des dynamiques des populations de fourmis rousses et d'identifier plus finement les secteurs favorables au maintien de dômes volumineux.

Par ailleurs, l'intégration systématique de relevés précis à l'échelle immédiate des dômes (couvert forestier local, surface terrière, structure du peuplement) apparaît essentielle pour affiner l'interprétation des résultats. Cette approche permettrait de limiter les biais liés à l'hétérogénéité des parcelles et de mieux appréhender l'influence des conditions forestières locales sur le développement des dômes.

Enfin, il est fortement recommandé de compléter les inventaires futurs par un travail d'identification fine des espèces de fourmis rousses présentes. La prise en compte de la composition spécifique permettrait de mieux comprendre les différences de répartition observées, d'affiner l'interprétation écologique des résultats et de contribuer à l'amélioration des connaissances sur le statut de conservation et la distribution des espèces du groupe *Formica rufa* à l'échelle du massif vosgien.

7. Conclusion

Cette étude a permis de réaliser un inventaire précis des dômes de fourmis rousses des bois sur 15 parcelles de la forêt domaniale de Gérardmer, en intégrant à la fois les caractéristiques des dômes (volume, hauteur, diamètre) et plusieurs variables environnementales associées, telles que la surface terrière, la structure forestière et le couvert forestier. Une attention particulière a été portée aux dômes volumineux ($> 0,5 \text{ m}^3$), considérés comme des structures stables et représentatives d'une occupation durable des colonies.

Les résultats montrent que les dômes les plus volumineux sont majoritairement associés à des peuplements présentant des surfaces terrières moyennes à élevées, un couvert forestier intermédiaire à dense et des structures dominées par le bois moyen à gros bois. Ces configurations forestières semblent favoriser l'installation et le développement de colonies durables, et s'inscrivent dans des contextes de continuité du couvert forestier. De tels peuplements, caractérisés par une certaine hétérogénéité structurelle et une continuité écologique, constituent par ailleurs des habitats favorables à de nombreuses autres espèces forestières, comme l'ont montré Gosselin et Paillet (2017).

La comparaison avec l'étude menée en 1998 met en évidence des évolutions globales du nombre et du volume total des dômes à l'échelle de l'ensemble des parcelles étudiées, bien que les dynamiques observées soient très hétérogènes localement. Selon les parcelles, ces évolutions reposent soit sur la croissance de dômes existants, soit sur l'installation de nouvelles structures de petite taille. Toutefois, compte tenu des limites méthodologiques identifiées, notamment liées aux différences de pression d'inventaire et d'échelle d'analyse entre les deux périodes, ces résultats doivent être interprétés avec prudence et ne permettent pas d'établir un lien direct avec l'intensité ou la qualité de la gestion sylvicole.

Dans ce contexte, l'inventaire des dômes de fourmis rousses des bois, et plus particulièrement l'analyse de leur volume, apparaît avant tout comme un outil pertinent pour caractériser les conditions forestières associées à la présence de colonies durables et pour documenter la continuité du couvert forestier. Cette étude constitue ainsi un point d'étape dans le suivi des populations de fourmis rousses à l'échelle du massif vosgien. La pérennisation de ce type de suivi, et son extension à d'autres secteurs forestiers, permettrait d'améliorer les connaissances sur la dynamique des colonies, leur répartition spatiale et leur relation aux caractéristiques des peuplements forestiers, tout en offrant une base solide pour de futures analyses intégrant plus finement les pratiques de gestion forestière.

Bibliographie

ANTAREA, s. d. AntArea [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://antarea.fr/fourmi/?repartition/departements.html?departement=88> [Consulté le 10 décembre 2025].

AUCLERC, Apolline, 2012. Effets d'amendements calco-magnésiens sur la diversité des macroinvertébrés de sols forestiers et sur certains processus fonctionnels associés : cas du massif vosgien (Nord-Est de la France). Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 12 juin 2012.

BAR-ON, Yinon M., PHILLIPS, Rob et MILO, Ron, 2018. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, no 25, p. 6506-6511. DOI : 10.1073/pnas.1711842115.

BARONI URBANI, Cesare et ANDRADE, Maria, 2007. The ant tribe Dacetini: limits and constituent genera, with descriptions of new species (*Hymenoptera, Formicidae*). *Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria"*, vol. 99, p. 1-191.

CEBALLOS, Gerardo, EHRLICH, Paul R., BARNOSKY, Anthony D., GARCIA, Andres, PRINGLE, Robert M. et PALMER, Todd M., 2015. Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, vol. 1, e1400253. DOI : 10.1126/sciadv.1400253.

COWIE, Robert H., BOUCHET, Philippe et FONTAINE, Benoît, 2022. The sixth mass extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, vol. 97, no 2, p. 640-663. DOI : 10.1111/brv.12816.

DENNY, Adrian J., WRIGHT, Jonathan et GRIEF, Ben, 2001. Efficacité de la recherche de nourriture chez la fourmi des bois *Formica rufa* : le temps est-il un facteur essentiel dans le suivi de piste ? *Animal Behaviour*, vol. 62, no 1, p. 139-146. DOI : 10.1006/anbe.2001.1718.

DIRZO, Rodolfo et RAVEN, Peter H., 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 28, p. 137-167.

DONZÉ, Adrien, 2011. Approche expérimentale et théorique de l'écologie des fourmis des bois. Thèse de doctorat. Université de Lausanne.

FINÉR, Leena et al., 2013. The role of wood ants (*Formica rufa* group) in carbon and nutrient dynamics of a boreal Norway spruce forest ecosystem. *Ecosystems*, vol. 16, no 2, p. 196-208. DOI : 10.1007/s10021-012-9608-1.

FOLGARAIT, Patricia J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity & Conservation*, vol. 7, no 9, p. 1221-1244. DOI : 10.1023/A:1008891901953.

FROUZ, Jan, JÍLKOVÁ, Veronika et SORVARI, Jouni, 2016. Contribution of wood ants to nutrient cycling and ecosystem function. In : *Wood Ant Ecology and Conservation*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 207-220.

FÜRJES-MIKÓ, Ágnes et al., 2025. The role of red wood ants (*Formica rufa* species group) in Central European forest ecosystems: a literature review. *Insects*, vol. 16, no 5, art. 518. DOI : 10.3390/insects16050518.

GOSSELIN, Marion et PAILLET, Yoan, 2017. Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière. Nouvelle édition. Paris : Réseau CEN [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://reseau-cen-doc.org/Default/doc/SYRACUSE/60669> [Consulté le 5 janvier 2026].

GOULSON, Dave, 2019. The insect apocalypse, and why it matters. *Current Biology*, vol. 29, no 19, p. R967-R971. DOI : 10.1016/j.cub.2019.06.069.

GRIMALDI, David A. et ENGEL, Michael S., 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge : Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-82149-0.

GRIS, Georges et CHERIX, Daniel, 1977. Les grandes colonies de fourmis des bois du Jura (*Formica rufa* group). *Insectes Sociaux*, vol. 24, p. 319-336.

HEMING, Bruce, 2006. Book review: Grimaldi D. & Engel M. 2005: Evolution of the Insects. European Journal of Entomology, vol. 103, p. 273-275. DOI : 10.14411/eje.2006.034.

HUISMAN, Hans et al., 2024. Some first observations on ant-nest morphology and micromorphology, the effects of wildfires, and their implications for the understanding of archaeological features. Journal of Archaeological Science, vol. 170, art. 106056. DOI : 10.1016/j.jas.2024.106056.

KLIMETZEK, Dieter, 1981. Population studies on hill-building wood ants of the *Formica rufa* group. Oecologia, vol. 48, no 3, p. 418-421.

MARAGE, Damien, LEMPÉRIÈRE, Guy et VOREUX, Christophe, 2017. Trente ans plus tard... les fourmis rousses des bois, toujours un bon indicateur de l'état de conservation des forêts de montagne ? Revue forestière française, vol. 69, no 2, p. 111-120. DOI : 10.4267/2042/64090.

MORA, Camilo et al., 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? PLoS Biology, vol. 9, e1001127. DOI : 10.1371/journal.pbio.1001127.

MOUGEOT, Pierre, 1998. Les fourmis rousses des bois en forêt de Gérardmer : bio-indicatrices de l'équilibre forestier. Rapport technique.

NAGELEISEN, Louis-Michel, 1999. Étude de la densité et du rôle bio-indicateur des fourmis rousses dans les forêts du Nord-Est. Revue forestière française, no 4, p. 487-498. DOI : 10.4267/2042/5457.

NAGELEISEN, Louis-Michel, 2010. Les fourmis rousses des bois. Paris : ONF.

PARKER, Joseph et KRONAUER, Daniel J. C., 2021. How ants shape biodiversity. Current Biology, vol. 31, no 19, p. R1208-R1214. DOI : 10.1016/j.cub.2021.08.015.

PRETZSCH, Hans, 2009. Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model. Berlin : Springer.

SÁNCHEZ-BAYO, Francisco et WYCKHUYS, Kris A. G., 2019. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. Biological Conservation, vol. 232. DOI : 10.1016/j.biocon.2019.01.020.

SCHEFFERS, Brett R. et al., 2012. What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. Trends in Ecology & Evolution, vol. 27, p. 501-510.

SCHULTHEISS, Patrick et al., 2022. The abundance, biomass, and distribution of ants on Earth. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 119, e2201550119. DOI : 10.1073/pnas.2201550119.

SEIFERT, Bernhard, 2008. The ants of Central European tree canopies. In : Canopy Arthropod Research in Europe, p. 157-173.

SEIFERT, Bernhard, 2021. A taxonomic revision of the Palaearctic members of the *Formica rufa* group. Myrmecological News, vol. 31, p. 133-180. DOI : 10.25849/MYRMECOL.NEWS_031:133.

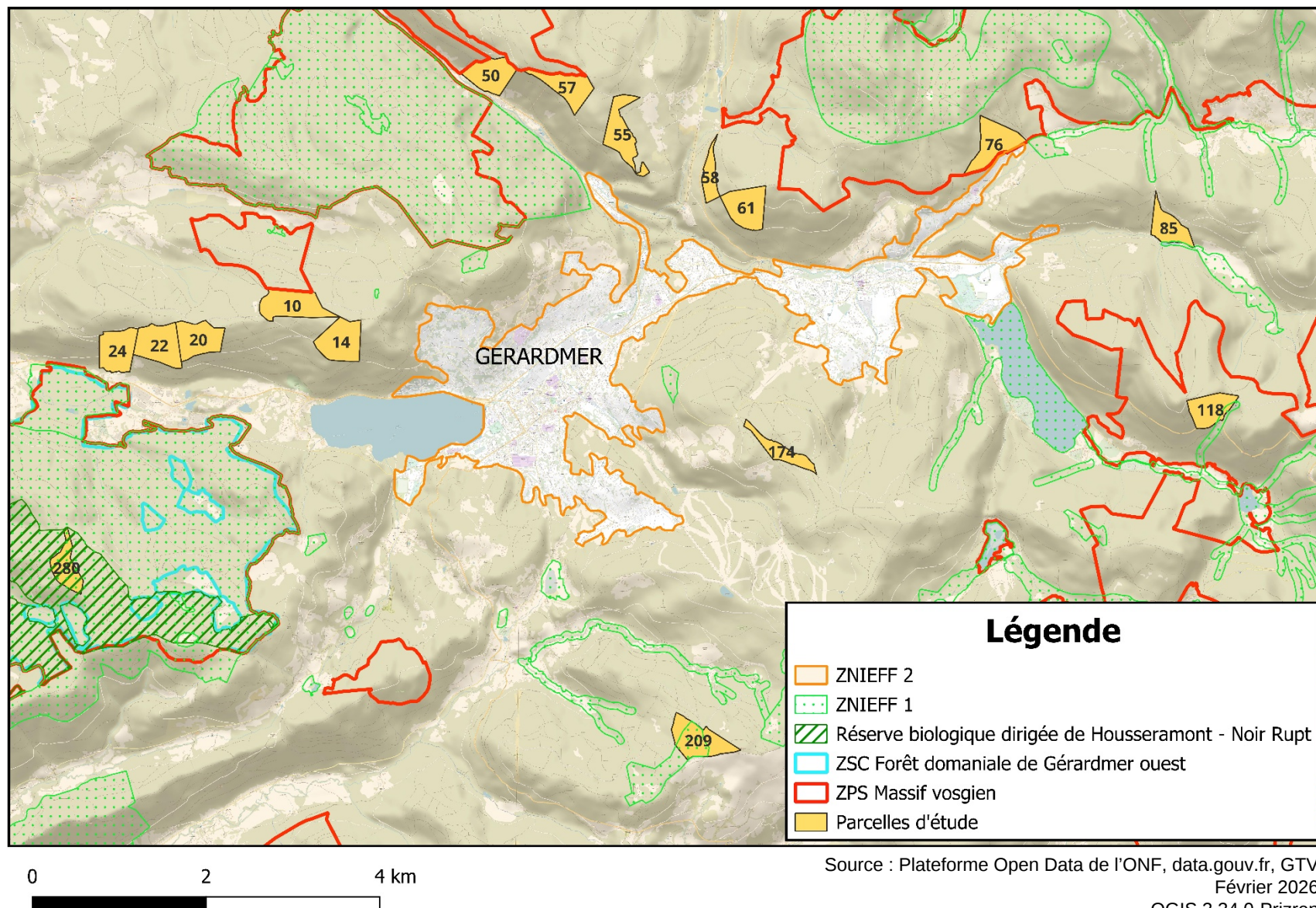
STORK, Nigel E., 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? Annual Review of Entomology, vol. 63. DOI : 10.1146/annurev-ento-020117-043348.

TOROSSIEN, Claude et HUMBERT, Pierre, 1982. Les fourmis rousses des bois et leur rôle dans l'écosystème forestier. Revue forestière française, no 1, p. 32-41. DOI : 10.4267/2042/21554.

TOROSSIEN, Claude, ROQUES, Luc et GION, Jean-Serge, 1980. Les fourmis du groupe *Formica rufa* des Hautes-Alpes. Comptes rendus UIEIS, p. 87-99.

UICN, 2025. Préserver la biodiversité. UICN Comité français [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://uicn.fr> [Consulté le 11 janvier 2026].

Annexe 1 – Cartographie des différents statuts de conservation et d'inventaires



Annexe 2 – Fiche de relevé de terrain

FICHE SECTEUR		FICHE FOURMILIERE																															
Secteur:	N° de peuplement:	Secteur:	Code fourmilière:																														
Date:	Observateur:	Date:	Observateur:																														
PEUPELEMENT Origine: naturelle artificielle Consistance: complet incomplet Couvert: _____ % dense clairière Structure verticale: simple composé ⇒ nb d'étages _____ Composition: pure mélangée Strate arborescente: couvert _____ % <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Essences</th> <th>%</th> <th>Régénération</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td>0 nul</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>1 peu</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>2 par touches</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>3 beaucoup</td></tr> </table> Strate arbustive: couvert _____ % <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Essences</th> <th>%</th> <th>Régénération</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td>0 nul</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>1 peu</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>2 par touches</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td>3 beaucoup</td></tr> </table> Strate herbacée: nombre d'espèces _____ Couvert: _____ % Necromasse: absence branches mortes: non peu transitoire beaucoup en tas arbres morts: non sur pieds au sol		Essences	%	Régénération			0 nul			1 peu			2 par touches			3 beaucoup	Essences	%	Régénération			0 nul			1 peu			2 par touches			3 beaucoup	LA FOURMILIERE Dimension: petit diamètre _____ grand diamètre _____ hauteur _____ indéterminée Forme: dôme plate autre: _____ Position: sur souche sur tronc sur touffe d'herbes sur rocher autre: _____ Etat du nid: intact éventré rasé trous de pics Activité du nid: importante moyenne faible apparemment nulle Matériaux de construction: aiguilles de sapin brindilles bourgeon de hêtre aiguilles d'épicéa gravières autre: _____ Rayon de prospection: _____ Présence de nids à proximité (distance): _____ Si oui, test de Raigier: positif négatif ⇒ Espèce: _____	
Essences	%	Régénération																															
		0 nul																															
		1 peu																															
		2 par touches																															
		3 beaucoup																															
Essences	%	Régénération																															
		0 nul																															
		1 peu																															
		2 par touches																															
		3 beaucoup																															
IMPACTS ANTHROPIQUES Type de gestion: régulière ⇒ âge _____ irrégulière Desserte: route revêtue chemin carrossable chemin d'exploitation 1 2 3 1 2 3 1 2 3 Dégâts d'exploitation: _____ 1 2 1 2 1 2 ornières sur arbres sur strate herbacée Date de la dernière exploitation: _____ ⇒ Estimation de la pression des forestiers: nulle faible moyenne forte Equipements touristiques: _____ Fréquentation touristique: nulle faible moyenne forte		FACTEURS STATIONNELS Exposition: nord ouest nord nord est ouest / est sud ouest sud sud est Altitude: 600 700 700-800 800-900 900-1000 1000-1100 1100 et + Pente: _____ % Topographie: fond de vallon bas de pente pente haut de pente plateau/sommet																															
DIVERS Dégâts de gibiers: nul faible moyen important Etat sanitaire du peuplement: bienvenant médiocre déprissant		PEUPELEMENT AUX ALENTOURS Arbres: nombre: _____ noms et %: _____ Couvert: _____ % Arbustes: nombre: _____ noms et %: _____ Couvert: _____ % Végétation herbacée: nombre: _____ Couvert: _____ % Necromasse: absence branches mortes: non peu transitoire beaucoup en tas arbres morts: non sur pieds au sol Dégâts de gibiers: nul faible moyen important Etat sanitaire du peuplement: bienvenant médiocre déprissant																															
REMARQUES																																	

Annexe 3 – Base de données de l'étude de 2024-2025

Secteur	Surface (ha)	code fourmiere	date	observateur	petit diametre	grand diametre	hauteur	volume cm3	volume m3	taille indeterminée	etat du nid	activite	aiguilles sapin	aiguilles epicea	brindilles	gravierse	exposition	altitude	pente	topographie	couvert arbres
10	21,71	F0001	22/10/2024	U. Di Capua	56	87	22	56121,41	0,06	non	intact	necrodome	oui	non	non	non	S	900-1000	0	plateau-sommet	40
10	21,71	F0002	22/10/2024	U. Di Capua	78	82	44	147353,26	0,15	non	intact	?	oui	non	oui	non	S	900-1000	?	plateau-sommet	40
10	21,71	F0003	22/10/2024	U. Di Capua	185	194	60	1127517,60	1,13	non	eventre	necrodome	oui	non	oui	non	SE-E	900-1000	3	plateau-sommet	60
10	21,71	F0004	22/10/2024	U. Di Capua	130	155	70	738536,07	0,74	non	intact	faible	oui	non	oui	non	O	900-1000	?	plateau-sommet	40
10	21,71	F0005	22/10/2024	U. Di Capua	160	120	50	502654,82	0,50	non	eventre	faible	oui	non	non	non	O	900-1000	4	plateau-sommet	35
10	21,71	F0006	22/10/2024	U. Di Capua	100	100	53	277507,35	0,28	non	intact	faible	oui	non	oui	non	O	900-1000	?	plateau-sommet	35
10	21,71	F0007	22/10/2024	U. Di Capua	105	145	48	382645,99	0,38	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	O	900-1000	5	plateau-sommet	40
10	21,71	F0008	22/10/2024	U. Di Capua	150	190	68	1014734,43	1,01	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	NO	900-1000	2	plateau-sommet	35
10	21,71	F0009	22/10/2024	U. Di Capua	130	155	58	611929,89	0,61	non	intact	faible	oui	non	oui	non	N	900-1000	?	plateau-sommet	45
10	21,71	F0010	22/10/2024	U. Di Capua	60	90	55	155508,84	0,16	non	intact	faible	oui	non	oui	non	N	900-1000	?	plateau-sommet	45
10	21,71	F0011	22/10/2024	U. Di Capua	45	47	16	17718,58	0,02	non	intact	necrodome	?	?	?	?	N	900-1000	?	plateau-sommet	?
10	21,71	F0012	22/10/2024	U. Di Capua	34	65	52	60171,97	0,06	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	N	900-1000	?	plateau-sommet	30
24	18,58	F0013	23/10/2024	U. Di Capua	108	112	68	430674,65	0,43	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	?	pente	50
22	20,95	F0014	23/10/2024	U. Di Capua	32	54	25	22619,47	0,02	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	700-800	?	pente	50
22	20,95	F0015	23/10/2024	U. Di Capua	54	60	20	33929,20	0,03	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	S	700-800	?	pente	50
22	20,95	F0016	23/10/2024	U. Di Capua	65	75	23	58708,51	0,06	non	eventre	nulle	oui	non	oui	non	S	700-800	?	pente	80
22	20,95	F0017	23/10/2024	U. Di Capua	46	48	26	30058,76	0,03	non	eventre	necrodome	oui	non	oui	non	S	700-800	?	?	?
22	20,95	F0018	23/10/2024	U. Di Capua	57	72	53	113889,02	0,11	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	700-800	?	pente	55
22	20,95	F0019	23/10/2024	U. Di Capua	126	135	68	605636,23	0,61	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	4	bas de pente	70
22	20,95	F0020	23/10/2024	U. Di Capua	84	87	48,5	185583,30	0,19	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	?	pente	75
22	20,95	F0021	23/10/2024	U. Di Capua	45	70	37	61025,44	0,06	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	?	?	50
22	20,95	F0022	23/10/2024	U. Di Capua	130	138	45	422701,29	0,42	non	eventre	nulle	oui	non	oui	non	S	800-900	?	?	50
22	20,95	F0023	23/10/2024	U. Di Capua	100	105	67	368351,74	0,37	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	700-800	?	pente	50
20	18,42	F0024	23/10/2024	U. Di Capua	145	145	82	902710,47	0,90	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	?	plateau-sommet	60
20	18,42	F0025	23/10/2024	U. Di Capua	110	115	43	284811,55	0,28	non	eventre	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	?	plateau-sommet	70
20	18,42	F0026	23/10/2024	U. Di Capua	142	150	89	992586,20	0,99	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	?	plateau-sommet	50
20	18,42	F0027	23/10/2024	U. Di Capua	100	125	28	183259,57	0,18	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	plateau-sommet	50
20	18,42	F0028	23/10/2024	U. Di Capua	84	96	14	59112,21	0,06	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	plateau-sommet	50
20	18,42	F0029	23/10/2024	U. Di Capua	125	133	45	391717,33	0,39	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	?	haut de pente	45
20	18,42	F0030	23/10/2024	U. Di Capua	88	98	55	248353,37	0,25	non	eventre	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	25	pente	40
20	18,42	F0031	23/10/2024	U. Di Capua	135	140	60	593761,01	0,59	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	pente	60
20	18,42	F0032	23/10/2024	U. Di Capua	145	155	15	176518,24	0,18	non	rasé	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	pente	30
20	18,42	F0033	23/10/2024	U. Di Capua	47	60	40	59061,94	0,06	non	eventre	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	12	pente	70

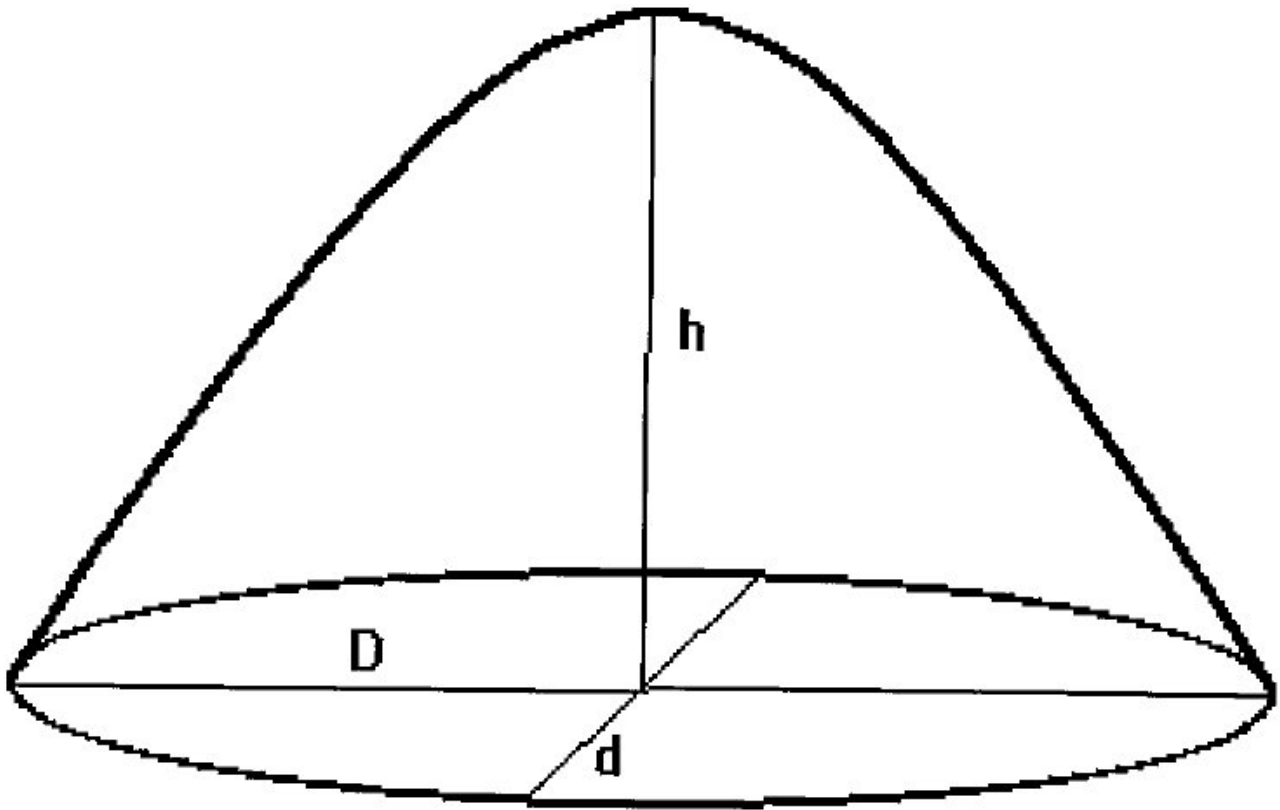
20	18,42	F0034	23/10/2024	U. Di Capua	80	100	52	217817,09	0,22	non	eventre	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	50
20	18,42	F0035	23/10/2024	U. Di Capua	65	103	87	304977,96	0,30	non	intact	importante	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	60
20	18,42	F0036	23/10/2024	U. Di Capua	94	100	8	39374,63	0,04	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	10	pente	?
20	18,42	F0037	23/10/2024	U. Di Capua	72	90	12	40715,04	0,04	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	10	pente	?
20	18,42	F0038	23/10/2024	U. Di Capua	107	120	55	369765,46	0,37	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	50
20	18,42	F0039	23/10/2024	U. Di Capua	68	70	46	114647,19	0,11	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	60
20	18,42	F0040	23/10/2024	U. Di Capua	80	85	0	0,00	0,00	oui	eventre	nulle	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	40
20	18,42	F0041	23/10/2024	U. Di Capua	137	170	73,5	896304,24	0,90	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	30	pente	50
20	18,42	F0042	23/10/2024	U. Di Capua	58	60	29,5	53752,65	0,05	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	30	pente	35
20	18,42	F0043	23/10/2024	U. Di Capua	130	178	40	484643,03	0,48	non	moyenne	intact	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	50
20	18,42	F0044	24/10/2024	U. Di Capua	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	40
20	18,42	F0045	24/10/2024	U. Di Capua	54	66	29	54117,08	0,05	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	70
20	18,42	F0046	24/10/2024	U. Di Capua	100	138	23	166190,25	0,17	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	30	bas de pente	40
20	18,42	F0047	24/10/2024	U. Di Capua	63	75	30	74220,13	0,07	non	eventre	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	15	bas de pente	30
20	18,42	F0048	24/10/2024	U. Di Capua	75	95	28	104457,96	0,10	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	15	bas de pente	30
20	18,42	F0049	25/10/2024	U. Di Capua	50	70	40	73303,83	0,07	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	10	bas de pente	40
20	18,42	F0050	25/10/2024	U. Di Capua	60	60	56	105557,51	0,11	non	intact	importante	oui	oui	oui	non	S	800-900	5	bas de pente	50
20	18,42	F0051	25/10/2024	U. Di Capua	110	120	0	0,00	0,00	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	0	bas de pente	50
20	18,42	F0052	25/10/2024	U. Di Capua	70	78	64,5	184395,78	0,18	non	trous de pics	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	15	bas de pente	40
20	18,42	F0053	25/10/2024	U. Di Capua	82	86	55,5	204929,23	0,20	non	eventre	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	10	bas de pente	20
20	18,42	F0054	25/10/2024	U. Di Capua	145	160	51	619522,07	0,62	non	?	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	10	pente	40
20	18,42	F0055	25/10/2024	U. Di Capua	110	138	5	39741,15	0,04	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	40
20	18,42	F0056	25/10/2024	U. Di Capua	125	130	54,5	463712,17	0,46	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	20	bas de pente	30
20	18,42	F0057	25/10/2024	U. Di Capua	110	125	59	424769,51	0,42	non	intact	importante	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	70
20	18,42	F0058	25/10/2024	U. Di Capua	46	50	12,5	15053,46	0,02	non	rase	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	bas de pente	40
20	18,42	F0059	25/10/2024	U. Di Capua	75	78	43	131711,27	0,13	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	50
20	18,42	F0060	25/10/2024	U. Di Capua	60	73	26	59627,43	0,06	non	eventre	moyenne	oui	non	oui	non	S	800-900	20	pente	50
20	18,42	F0061	25/10/2024	U. Di Capua	85	95	37	156438,22	0,16	non	necrodome ?	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	15	pente	40
20	18,42	F0062	25/10/2024	U. Di Capua	67	125	75	32885,48	0,33	non	intact	moyenne	oui	non	oui	non	S	700-800	15	bas de pente	25
20	18,42	F0063	25/10/2024	U. Di Capua	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	?	necrodome	oui	non	oui	non	S	700-800	15	bas de pente	30
20	18,42	F0064	25/10/2024	U. Di Capua	64	68	63	143558,22	0,14	non	intact	faible	oui	non	oui	non	S	800-900	30	pente	50
20	18,42	F0065	25/10/2024	U. Di Capua	76	80	28,5	90729,20	0,09	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	S	800-900	?	bas de pente	40
209	21,55	F0066	29/11/2024	U. Di Capua, A. Toussaint	80	85	45	160221,23	0,16	non	eventre	inconnue	oui	non	oui	non	N	1000-1100	2	plateau-sommet	5
209	21,55	F0067	29/11/2024	U. Di Capua, A. Toussaint	50	70	18	32986,72	0,03	non	trous de pics	inconnue	oui	non	oui	non	N	1000-1100	5	plateau-sommet	10

209	21,55	F0068	02/12/2024	U. Di Capua, A. Toussaint	110	110	80	506843,61	0,51	non	eventre	inconnue	oui	non	oui	non	O	1000-1100	2	plateau-sommet	20
174	11,06	F0069	03/12/2024	U. Di Capua	110	120	35	241902,63	0,24	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	S	1000-1100	0	plateau-sommet	20
174	11,06	F0070	03/12/2024	U. Di Capua	140	150	50	549778,71	0,55	non	eventre	inconnue	oui	non	oui	non	S	1000-1100	2	plateau-sommet	70
174	11,06	F0071	03/12/2024	U. Di Capua	100	110	55	316777,26	0,32	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	S	1000-1100	?	plateau-sommet	60
174	11,06	F0072	03/12/2024	U. Di Capua	90	100	47,5	223838,48	0,22	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	1000-1100		plateau-sommet	40
174	11,06	F0073	03/12/2024	U. Di Capua	65	70	40	95294,98	0,10	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	1000-1100	2	plateau-sommet	30
174	11,06	F0074	03/12/2024	U. Di Capua	75	80	50	157079,63	0,16	non	eventre	inconnue	oui	non	oui	non	SO	1000-1100	5	plateau-sommet	40
174	11,06	F0075	03/12/2024	U. Di Capua	75	80	50	157079,63	0,16	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	SO	1000-1100	2	plateau-sommet	30
174	11,06	F0076	03/12/2024	U. Di Capua	160	200	35	586430,63	0,59	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	900_1000	0	plateau-sommet	60
174	11,06	F0077	03/12/2024	U. Di Capua	75	90	55	194386,05	0,19	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	900_1000	2	plateau-sommet	20
174	11,06	F0078	03/12/2024	U. Di Capua, K. DAVAL	60	80	52	130690,25	0,13	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	900-1000	?	plateau-sommet	20
174	11,06	F0079	03/12/2024	U. Di Capua, K. DAVAL	80	90	50	188495,56	0,19	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	900-1000	?	plateau-sommet	20
174	11,06	F0080	03/12/2024	U. Di Capua, K. DAVAL	150	175	77	1058324,03	1,06	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SO	1000-1100	?	plateau-sommet	50
174	11,06	F0081	03/12/2024	U. Di Capua, K. DAVAL	145	180	85	1161603,88	1,16	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	NO	1000-1100	?	plateau-sommet	60
174	11,06	F0082	03/12/2024	U. Di Capua, K. DAVAL	100	108	53	299707,94	0,30	non	intact	inconnue	oui	oui	oui	non	NO	1000-1100	?	plateau-sommet	50
58	8,18	F0083	04/12/2024	U. Di Capua	360	415	142,5	11147156,13	11,15	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	O	700-800	3	bas de pente	70
58	8,18	F0084	04/12/2024	U. Di Capua	270	290	70	2869844,89	2,87	non	intact	necrodome	oui	non	oui	non	O	700-800	3	bas de pente	70
55	17,43	F0085	04/12/2024	U. Di Capua	150	160	60	753982,24	0,75	non	?	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	5	pente	70
55	17,43	F0086	04/12/2024	U. Di Capua	70	75	45	123700,21	0,12	non	?	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	5	pente	70
55	17,43	F0087	04/12/2024	U. Di Capua	105	115	50	316122,76	0,32	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	2	bas de pente	60
55	17,43	F0088	04/12/2024	U. Di Capua	40	45	40	37699,11	0,04	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	2	bas de pente	60
55	17,43	F0089	05/12/2024	U. Di Capua	80	90	17,5	65973,45	0,07	non	eventre	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	2	bas de pente	30
55	17,43	F0090	05/12/2024	U. Di Capua	130	140	45	428827,40	0,43	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	SSO	700-800	2	bas de pente	20
55	17,43	F0091	05/12/2024	U. Di Capua	50	60	39	61261,06	0,06	non	?	necrodome ?	oui	non	oui	non	SSO	700-800	15	bas de pente	30
61	19,1	F0092	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	120	130	37,5	306305,28	0,31	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	SO	900-1000	10	haut de pente	40
61	19,1	F0093	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	60	80	27,5	69115,04	0,07	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	S	900-1000	10	haut de pente	40
61	19,1	F0094	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	100	120	52,5	329867,23	0,33	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	O	800-900	30	pente	40
61	19,1	F0095	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	80	100	47,5	198967,53	0,20	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	O	800-900	30	pente	40
61	19,1	F0096	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	100	115	50	301069,30	0,30	non	intact	inconnue	oui	non	oui	non	O	800-900	30	pente	60
61	19,1	F0097	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	140	170	62	772622,35	0,77	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	S	800-900	30	pente	50
61	19,1	F0098	05/12/2024	U. Di Capua, G. Charbonnier	70	100	35	128281,70	0,13	non	trous pics de	inconnue	oui	non	oui	non	S	800-900	30	pente	20

280	13,11	F0099	30/11/2024	T. Chevalier	40	50	60	62831,85	0,06	non	Intact	Inconnue	oui	non	oui	non	SO	900-1000	0	plateau-sommet	60
85	13,549	F0100	24/10/2025	L. GASPERMENT	135	150	70	742201,26	0,74	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	24	Pente	75
85	13,549	F0101	24/10/2025	L. GASPERMENT	60	85	35	93462,38	0,09	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	63	Pente	75
85	13,549	F0102	24/10/2025	L. GASPERMENT	130	135	53	487025,40	0,49	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	92	Pente	80
85	13,549	F0103	24/10/2025	L. GASPERMENT	50	50	38	49741,88	0,05	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	8	Pente	60
85	13,549	F0104	24/10/2025	L. GASPERMENT	80	90	59	222424,76	0,22	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	65	Pente	20
85	13,549	F0105	24/10/2025	L. GASPERMENT	110	135	60	466526,51	0,47	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	64	Pente	75
85	13,549	F0106	24/10/2025	L. GASPERMENT	100	130	88	598997,00	0,60	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	20	Pente	75
85	13,549	F0107	27/10/2025	L. GASPERMENT	135	150	80	848230,02	0,85	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	23	Pente	90
85	13,549	F0108	27/10/2025	L. GASPERMENT	130	160	75	816814,09	0,82	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	18	Pente	60
85	13,549	F0109	27/10/2025	L. GASPERMENT	105	130	70	500298,63	0,50	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	34	Pente	70
85	13,549	F0110	27/10/2025	L. GASPERMENT	130	150	102	1041437,96	1,04	non	Intact	necrodome ?	non	oui	oui	oui	S	800-900	47	Haut de pente	40
118	15,446	F0111	27/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	900-1000	52	Pente	50
118	15,446	F0112	27/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	900-1000	91	Pente	60
118	15,446	F0113	27/10/2025	L. GASPERMENT	110	120	35	241902,63	0,24	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	1000-1100	50	Haut de pente	50
118	15,446	F0114	27/10/2025	L. GASPERMENT	125	160	65	680678,41	0,68	non	Intact	Inconnue	oui	non	oui	oui	S	1000-1100	24	Haut de pente	60
118	15,446	F0115	27/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	non	oui	oui	S	1000-1100	50	Haut de pente	60
118	15,446	F0116	27/10/2025	L. GASPERMENT	90	110	25	129590,70	0,13	non	Rase	Inconnue	oui	non	oui	oui	SO	1000-1100	45	Haut de pente	20
118	15,446	F0117	28/10/2025	L. GASPERMENT	135	145	80	819955,68	0,82	non	Intact	Inconnue	non	oui	oui	oui	SO	1000-1100	31	Haut de pente	60
118	15,446	F0118	28/10/2025	L. GASPERMENT	120	140	60	527787,57	0,53	non	Rase	Inconnue	non	oui	oui	oui	SO	1000-1100	41	Haut de pente	60
118	15,446	F0119	28/10/2025	L. GASPERMENT	105	145	55	438448,52	0,44	non	Intact	Inconnue	oui	oui	oui	oui	SO	1000-1100	19	Pente	90
118	15,446	F0120	28/10/2025	L. GASPERMENT	140	155	78	886243,29	0,89	non	trous de pics	Inconnue	oui	oui	oui	oui	SO	1000-1100	31	Pente	75
118	15,446	F0121	28/10/2025	L. GASPERMENT	135	140	67	663033,13	0,66	non	Intact	Inconnue	oui	oui	oui	oui	SO	1000-1100	20	Haut de pente	75
118	15,446	F0122	28/10/2025	L. GASPERMENT	105	130	72	514592,88	0,51	non	Intact	necrodome ?	non	non	oui	oui	S	1000-1100	39	Pente	95
118	15,446	F0123	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	oui	oui	oui	S	1000-1100	32	Haut de pente	40
118	15,446	F0124	28/10/2025	L. GASPERMENT	270	280	70	2770884,72	2,77	non	Rase	Inconnue	oui	oui	oui	oui	S	1100-1200	20	Pente	80
118	15,446	F0125	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	oui	oui	oui	SE	1100-1200	7	Plateau	40
118	15,446	F0126	28/10/2025	L. GASPERMENT	115	130	49	383562,28	0,38	non	trous de pics	Inconnue	oui	oui	oui	oui	SE	1100-1200	7	Plateau	40
118	15,446	F0127	28/10/2025	L. GASPERMENT	130	140	81	771889,31	0,77	non	trous de pics	Inconnue	non	oui	oui	oui	S	1100-1200	2	Plateau	40
118	15,446	F0128	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	non	oui	oui	S	900-1000	60	Pente	50
118	15,446	F0129	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	non	oui	oui	S	900-1000	68	Pente	50
118	15,446	F0130	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	oui	non	oui	oui	S	900-1000	63	Pente	50
57	16,555	F0131	28/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	Inconnue	non	oui	oui	oui	SO	800-900	29	Pente	60

57	16,555	F0132	28/10/2025	L. GASPERMENT	130	160	55	598997,00	0,60	non	Rase	inconnue	oui	non	oui	oui	SO	800-900	29	Pente	60
57	16,555	F0133	28/10/2025	L. GASPERMENT	100	150	50	392699,08	0,39	non	Intact	inconnue	oui	non	oui	oui	SO	800-900	23	Pente	40
57	16,555	F0134	28/10/2025	L. GASPERMENT	160	160	79	1058926,16	1,06	non	Intact	inconnue	oui	non	oui	oui	SO	800-900	32	Pente	60
57	16,555	F0135	28/10/2025	L. GASPERMENT	150	160	71	892212,31	0,89	non	Intact	inconnue	oui	non	oui	oui	SO	800-900	27	Pente	70
76	19,944	F0136	29/10/2025	L. GASPERMENT	55	60	30	51836,28	0,05	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	23	Pente	40
76	19,944	F0137	29/10/2025	L. GASPERMENT	75	85	28	93462,38	0,09	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	23	Pente	60
76	19,944	F0138	29/10/2025	L. GASPERMENT	50	55	20	28797,93	0,03	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	23	Pente	60
76	19,944	F0139	29/10/2025	L. GASPERMENT	95	115	25	143007,92	0,14	non	trous pics	de inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	14	Plateau	80
76	19,944	F0140	29/10/2025	L. GASPERMENT	115	150	30	270962,37	0,27	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	12	Plateau	50
76	19,944	F0141	29/10/2025	L. GASPERMENT	135	160	50	565486,68	0,57	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	12	Plateau	50
76	19,944	F0142	29/10/2025	L. GASPERMENT	40	60	20	25132,74	0,03	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	12	Plateau	50
76	19,944	F0143	29/10/2025	L. GASPERMENT	90	90	20	84823,00	0,08	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	13	Plateau	55
76	19,944	F0144	29/10/2025	L. GASPERMENT	60	75	40	94247,78	0,09	non	trous pics	de inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	22	Plateau	75
76	19,944	F0145	29/10/2025	L. GASPERMENT	80	120	40	201061,93	0,20	non	trous pics	de inconnue	non	oui	oui	oui	S	800-900	22	Plateau	75
76	19,944	F0146	29/10/2025	L. GASPERMENT	95	110	53	289995,18	0,29	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	SO	800-900	0	Plateau	55
76	19,944	F0147	29/10/2025	L. GASPERMENT	95	100	25	124354,71	0,12	non	Intact	inconnue	oui	oui	oui	oui	S	800-900	36	Plateau	55
14	20,291	F0148	30/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	inconnue	oui	oui	oui	oui	SO	800-900	12	Haut de pente	65
14	20,291	F0149	30/10/2025	L. GASPERMENT	?	?	?	#VALUE!	#VALUE!	oui	Rase	inconnue	oui	oui	oui	oui	S	800-900	26	Haut de pente	75
14	20,291	F0150	31/10/2025	L. GASPERMENT	160	190	75	1193805,21	1,19	non	trous pics	de inconnue	non	oui	oui	oui	S	900-1000	18	Pente	70
14	20,291	F0151	31/10/2025	L. GASPERMENT	180	210	95	1880243,20	1,88	non	trous pics	de inconnue	oui	oui	oui	oui	SSO	900-1000	20	Pente	75
14	20,291	F0152	31/10/2025	L. GASPERMENT	150	170	70	934623,81	0,93	non	trous pics	de inconnue	oui	oui	oui	oui	S	900-1000	23	Pente	50
14	20,291	F0153	31/10/2025	L. GASPERMENT	65	70	30	71471,23	0,07	non	Intact	inconnue	oui	oui	oui	oui	S	900-1000	20	Pente	55
14	20,291	F0154	31/10/2025	L. GASPERMENT	135	150	65	689186,89	0,69	non	Intact	inconnue	oui	oui	oui	oui	S	900-1000	15	Pente	90
14	20,291	F0155	31/10/2025	L. GASPERMENT	145	190	75	1081885,97	1,08	non	trous pics	de inconnue	oui	oui	oui	oui	SSO	900-1000	24	Haut de pente	80
14	20,291	F0156	31/10/2025	L. GASPERMENT	190	210	90	1880243,20	1,88	non	trous pics	de inconnue	oui	oui	oui	oui	SW	900-1000	32	Haut de pente	75
14	20,291	F0157	31/10/2025	L. GASPERMENT	95	100	55	273580,36	0,27	non	trous pics	de inconnue	oui	oui	oui	oui	SSO	900-1000	5	Plateau	60
14	20,291	F0158	31/10/2025	L. GASPERMENT	170	170	65	983580,30	0,98	non	Rase	inconnue	oui	oui	oui	oui	SSO	900-1000	5	Plateau	75
14	20,291	F0159	31/10/2025	L. GASPERMENT	140	150	65	714712,33	0,71	non	Intact	inconnue	non	oui	oui	oui	S	900-1000	10	Plateau	80

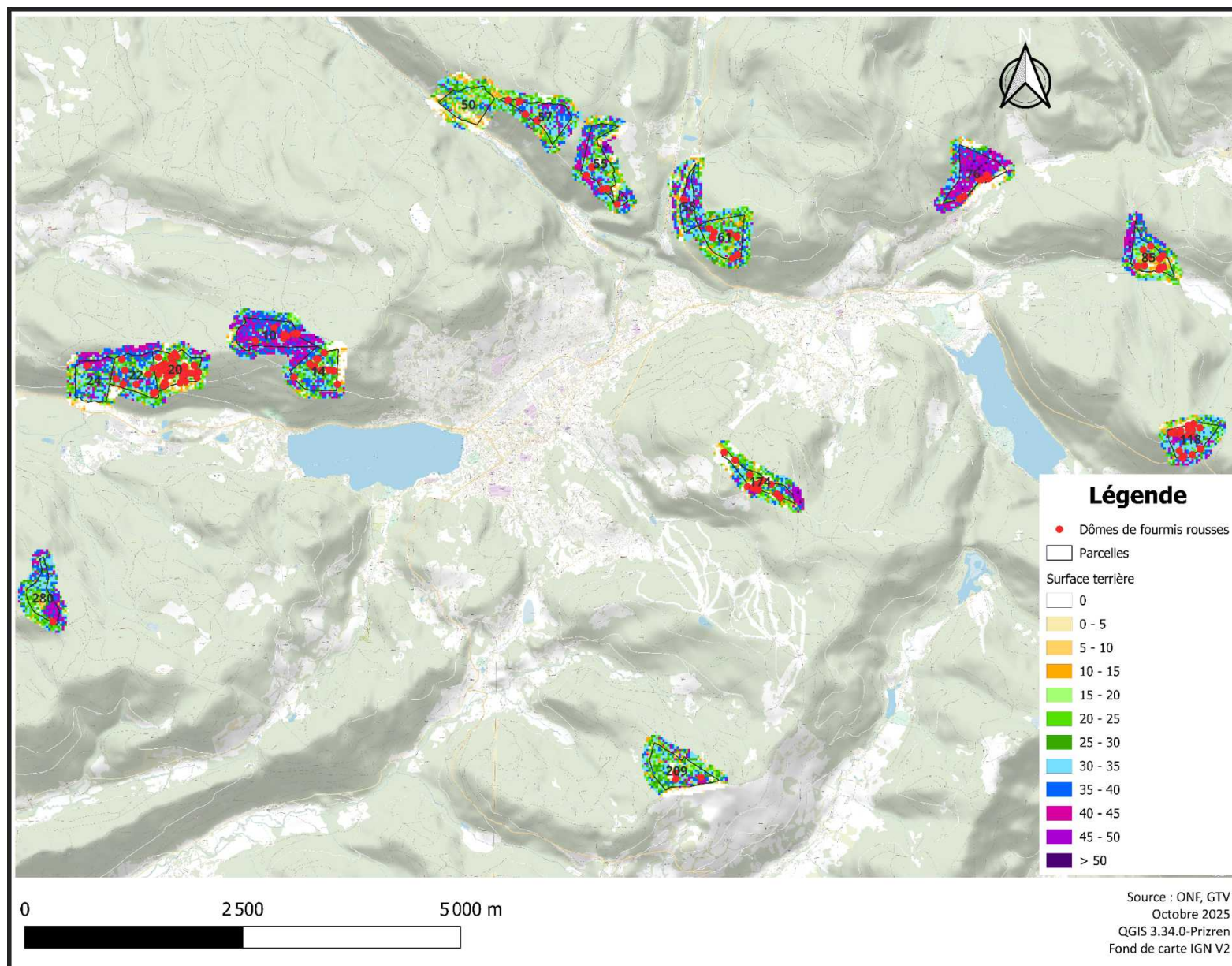
Les trois dimensions à mesurer pour calculer le volume d'un dôme de fourmis
rousse des bois

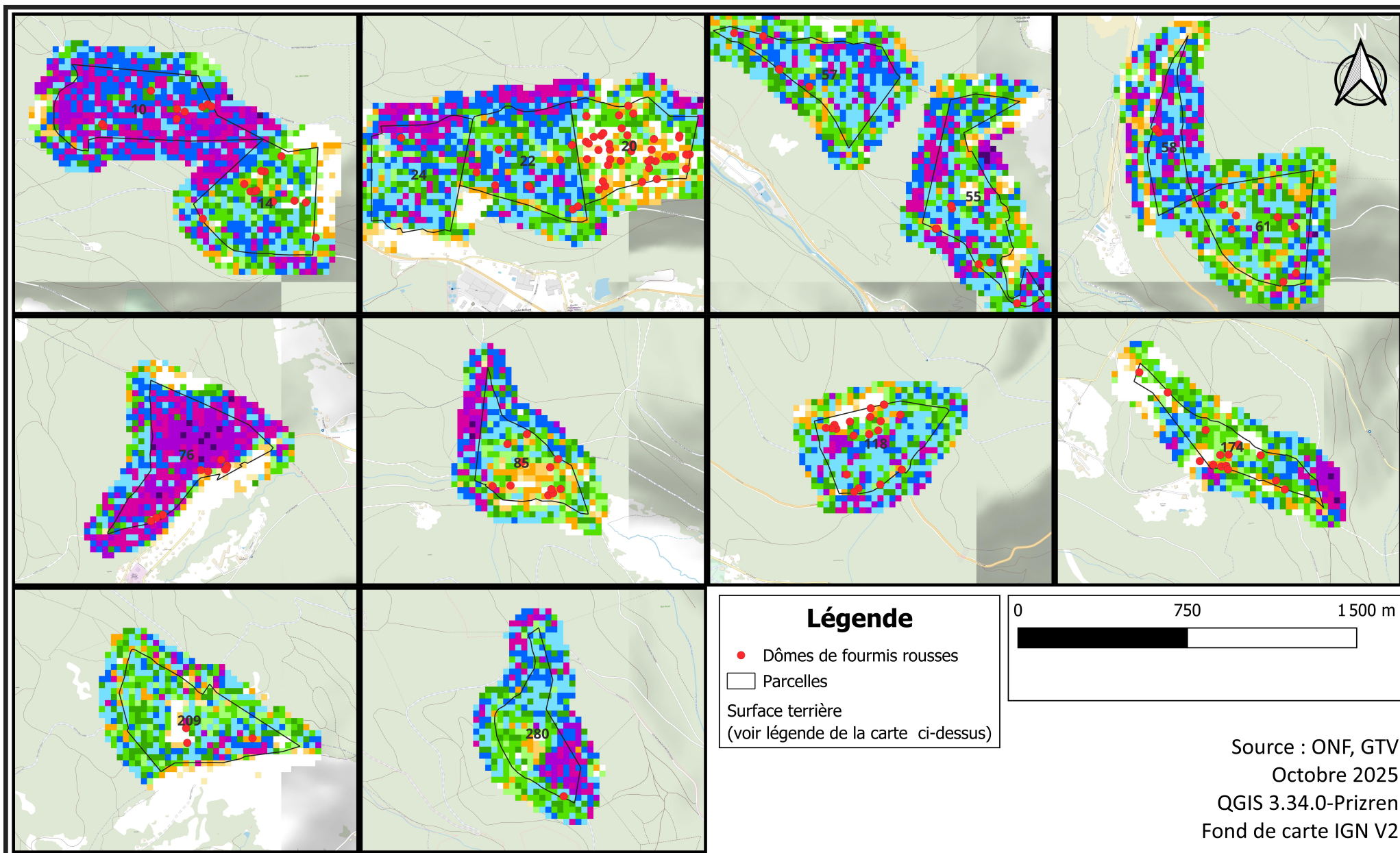


D = grand diamètre ; d = petit diamètre ; h = hauteur

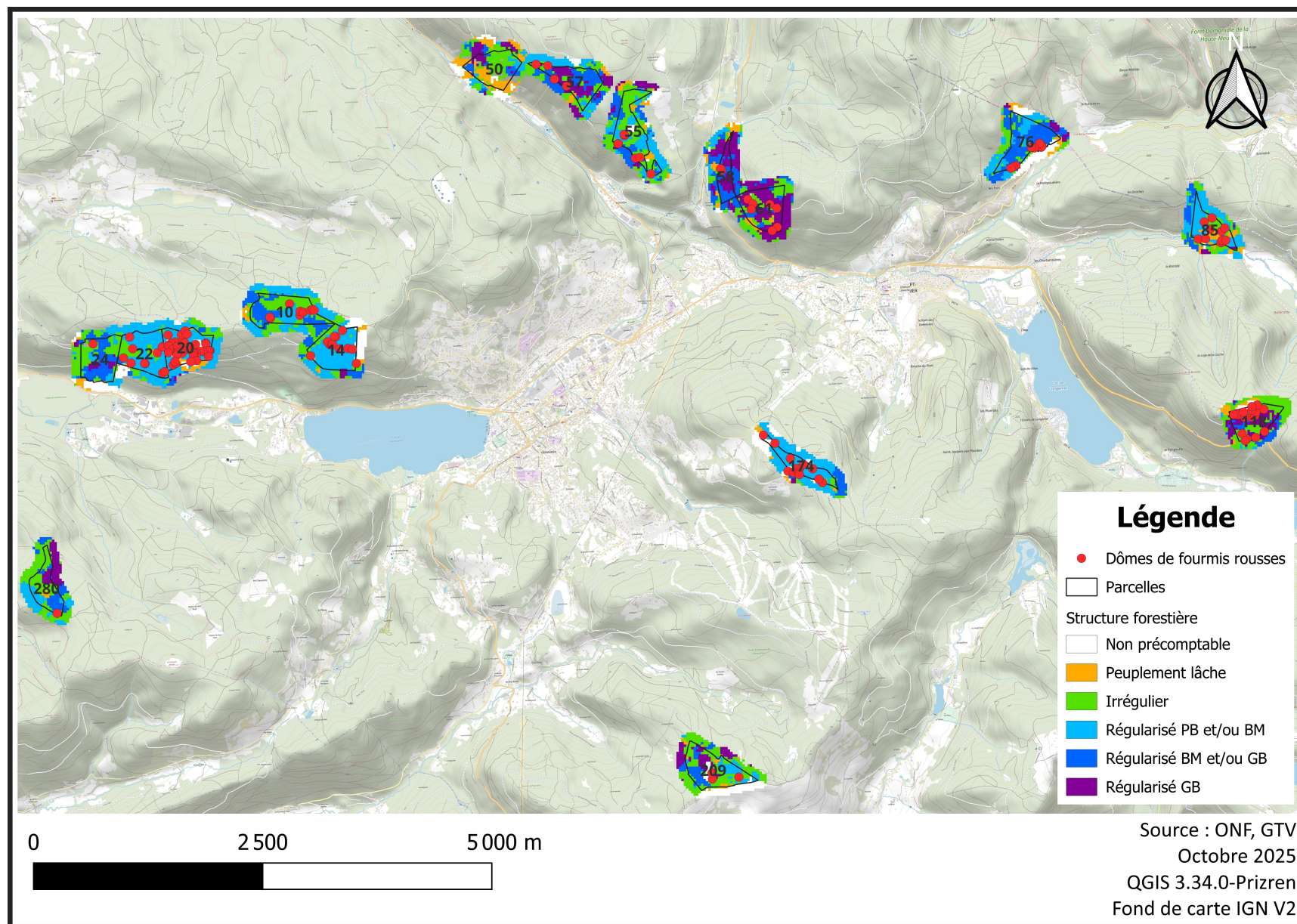
$$\text{Volume (en cm}^3\text{)} = \frac{2}{3}\pi \cdot d/2 \cdot D/2 \cdot h$$

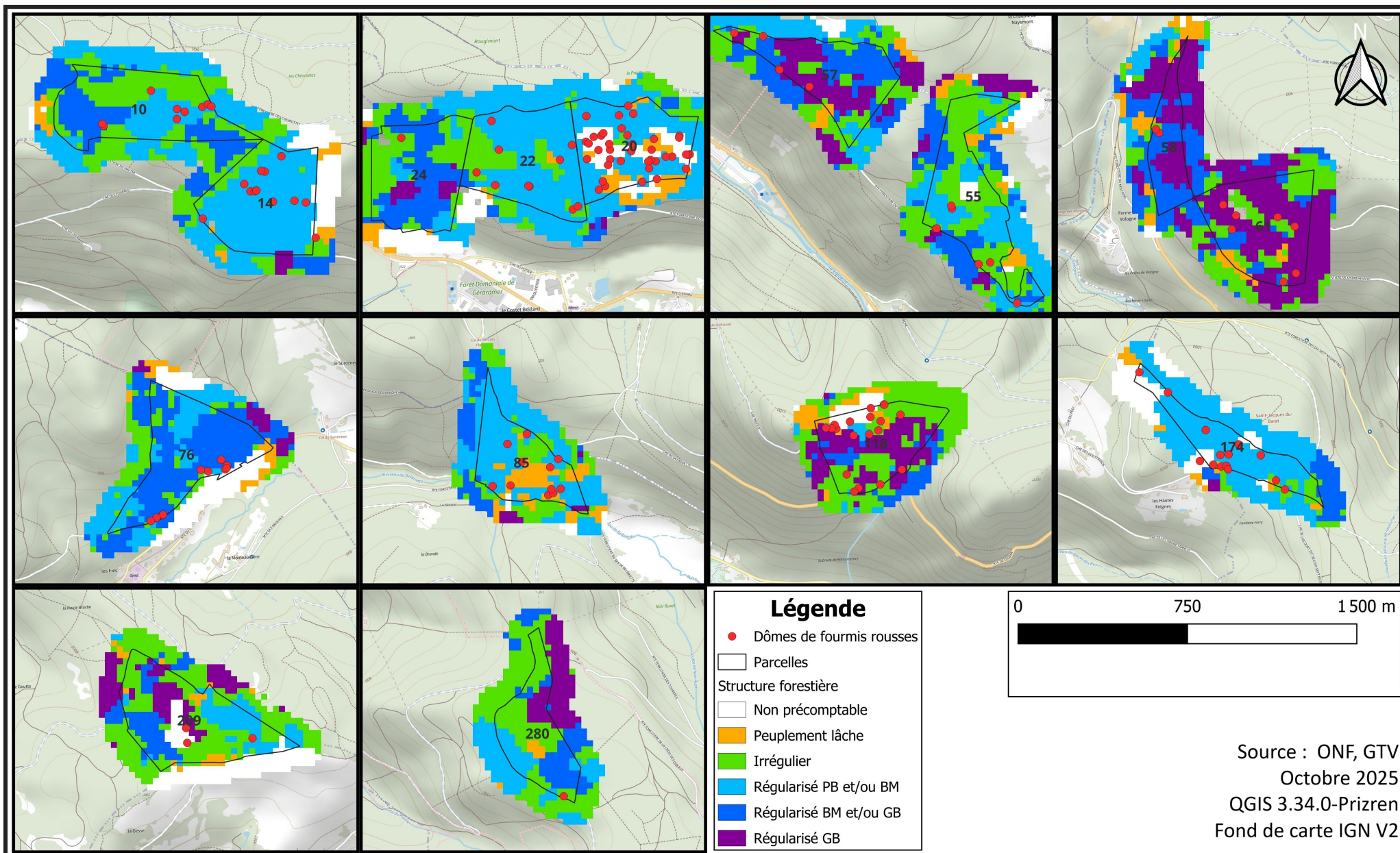
Annexe 5 – Cartographie LiDAR de la surface terrière





Annexe 6 – Cartographie LiDAR de la structure forestière

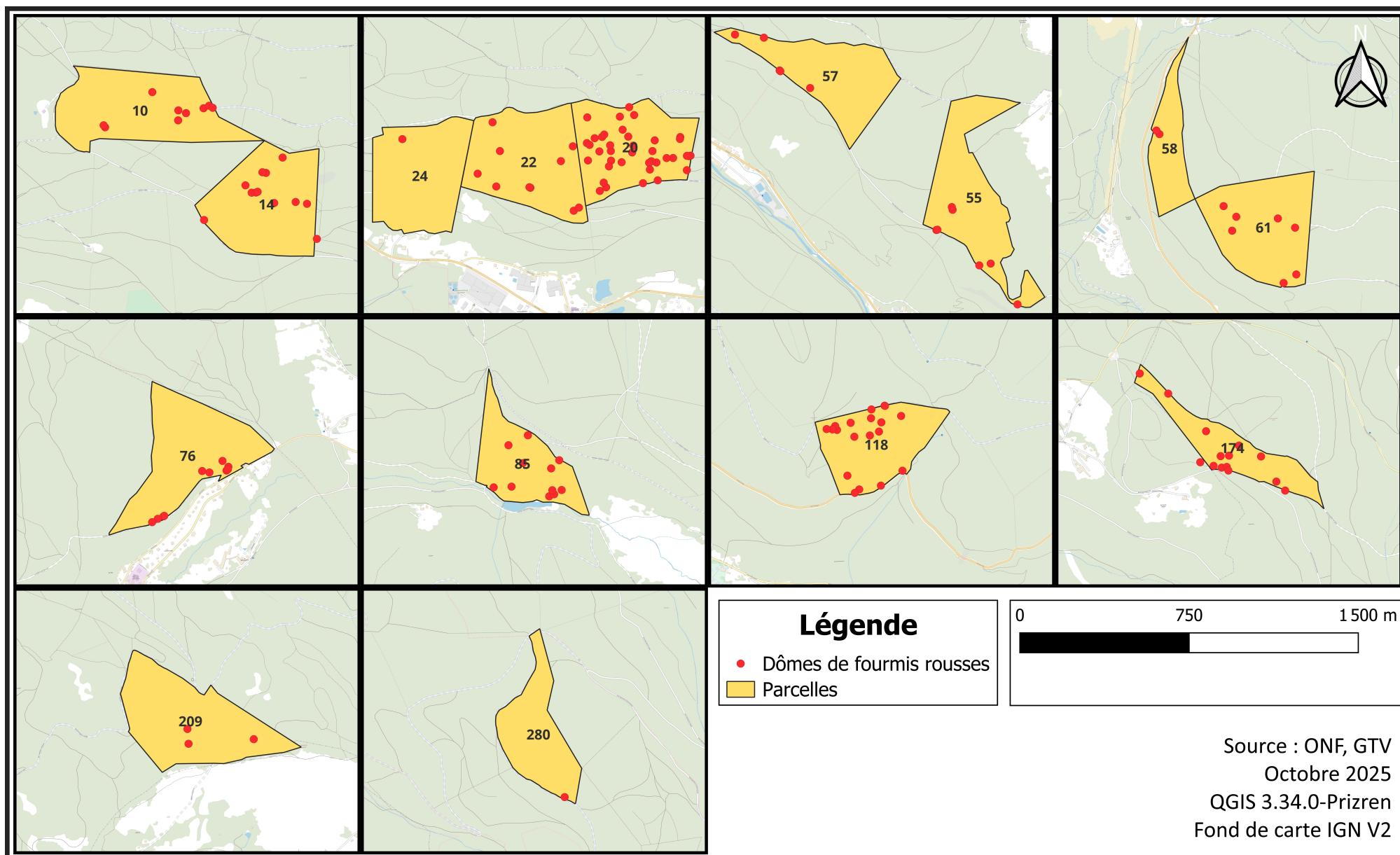




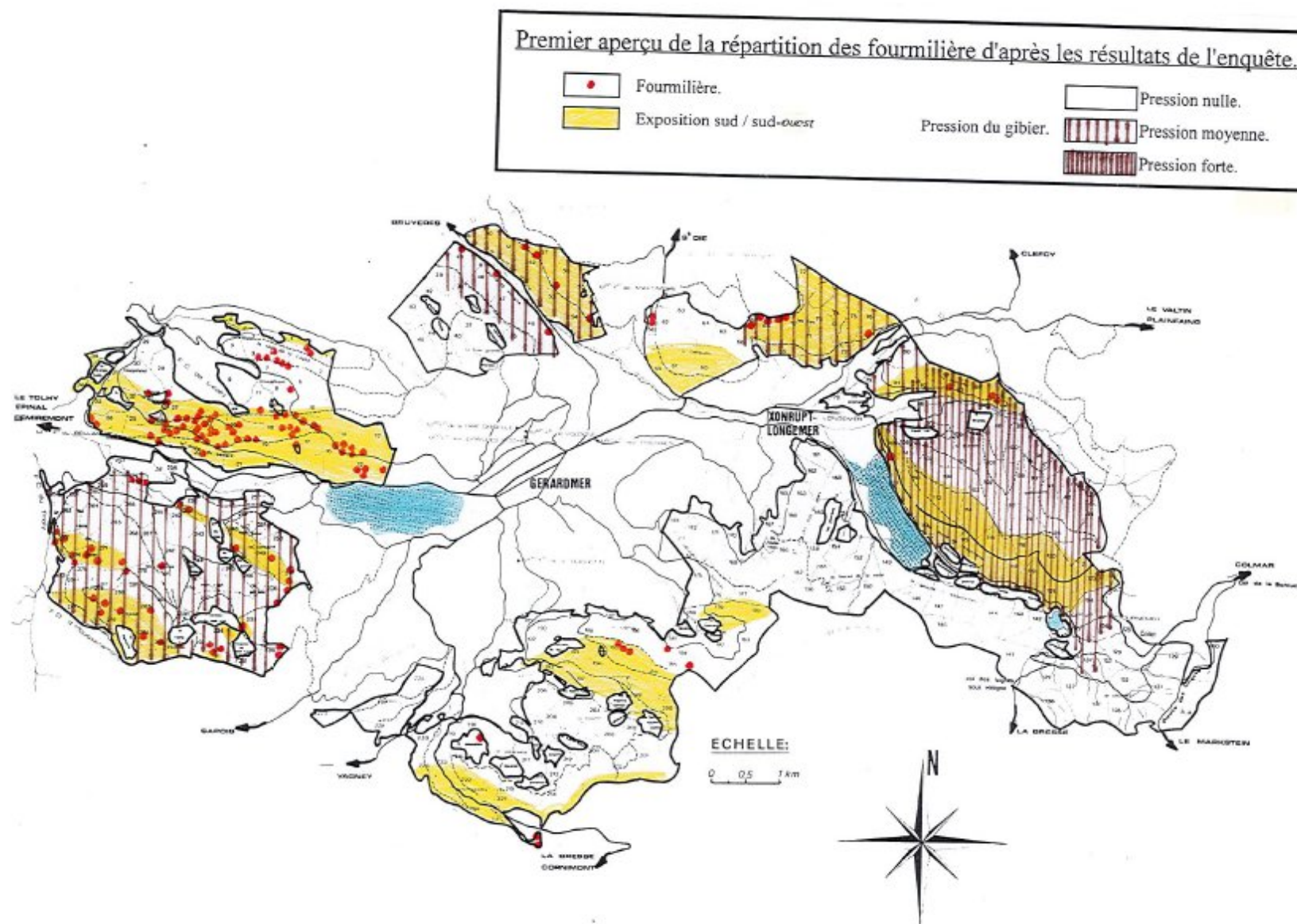
Annexe 7 – Analyse des répartition des dômes au sein des parcelles à l'aide de l'outil d'analyse des points les plus proches (QGIS)

Parcelle	Valeur NN_INDEX	Z_SCORE	Répartition des dômes
10	0,86	-0,95	Aléatoire
14	1,09	0,6	Aléatoire
20	0,99	-0,13	Aléatoire
22	1,05	0,3	Aléatoire
24	?	?	Inconnue
55	0,68	-1,62	Agrégation non significative
57	1,33	1,43	Régularité non significative
58	4,02	8,18	Régularité significative
61	1,15	0,83	Aléatoire
76	0,41	-3,59	Agrégation significative
85	1,39	2,47	Régularité significative
118	1,08	0,68	Aléatoire
174	0,88	-0,87	Aléatoire
209	3,5	8,3	Régularité significative
280	?	?	Inconnue

Annexe 8 – Répartition spatiale des dômes par parcelle



Annexe 9 – Répartition spatiale des dômes lors de l'étude de 1998



Annexe 10 – Base de donnée de l'étude 1998

Secteur	Surface (ha)	Nombre de nids	Densité de nids par hectare	Code du nid	d (m)	D (m)	H (m)	Volume d'un nid (m3)
10	2.1	3	1.4	A	0.8	0.9	0.3	0.08482
				B	0.7	1.1	0.35	0.10583
				C	0.6	0.7	0.35	0.05773
								0.2484
14	2.2	5	2.27	A	0.5	0.6	0.4	0.04712
				B	0.4	0.7	0.4	0.04398
				C	0.7	0.8	0.3	0.06597
				D	0.6	0.6	0.35	0.04948
				E	0.3	0.3	0.15	0.00530
								0.21186
20	5.8	12	2.07	A	1.2	1.7	0.7	0.56077
				B	0.45	0.5	0.2	0.01767
				C	1.2	1.2	0.75	0.42412
				D	0.6	0.9	0.4	0.08482
				E	0.6	0.7	0.3	0.04948
				F	1.5	1.5	0.7	0.61850
				G	1.3	1.6	0.9	0.73513
				H	0.4	0.5	0.2	0.01571
				I	0.8	1.1	0.5	0.17279
				J	0.6	0.8	0.5	0.09425
				K	0.2	0.2	0.15	0.00236
				L	0.2	0.2	0.1	0.00157
22	2.7	8	2.96	A	0.9	0.9	0.3	0.09543
				B	0.7	1	0.35	0.09621
				C	0.5	0.6	0.3	0.03534
				D	1.1	1.3	0.7	0.39309
				E	0.7	0.9	0.5	0.12370
				F	0.5	0.6	0.4	0.04712
				G	0.6	0.7	0.4	0.06597
				H	0.3	0.4	0.3	0.01414
								0.87101
24	2.4	1	0.42	A	0.6	0.8	0.5	0.09425
								0.09425
50	2.2	1	0.45	A	0.7	0.8	0.5	0.10996
								0.10996
55	2.5	3	1.2	A	0.5	0.5	0.2	0.01963
				B	0.7	0.9	0.7	0.17318
				C	0.8	1	0.7	0.21991
								0.41273

Secteur	Surface (ha)	Nombre de nids	Densité de nids par hectare	Code du nid	d (m)	D (m)	H (m)	Volume d'un nid (m3)
57	2.2	3	1.2	A	0.4	0.4	0.2	0.01257
				B	0.6	1.4	0.6	0.19792
				C	0.9	2	0.3	0.21206
								0.42254
58	4	4	1	A	1.3	1.5	0.8	0.61261
				B	3	3	1	3.53429
				C	3	3.3	1.6	6.22035
				D	3.3	3.4	1.7	7.49034
								17.8576
61	8.1	2	0.25	A	0.9	1	0.8	0.28274
				B	1	1.2	0.9	0.42412
								0.7069
76	3.6	8	2.2	A	1.1	1.1	0.4	0.19007
				B	1.7	1.9	0.5	0.63421
				C	0.8	0.9	0.5	0.14137
				D	0.5	0.7	0.3	0.04123
				D'	0.2	0.2	0.05	0.00079
				D''	0.2	0.2	0.05	0.00079
				E	1.8	1.9	0.9	1.20873
				F	0.9	1	0.5	0.17671
								2.3939
85	2.5	2	0.8	A	1.1	1.2	0.6	0.31102
				B	0.6	0.7	0.4	0.06597
								0.3770
118	2.4	4	1.7	A	0.5	0.6	0.4	0.04712
				B	0.3	0.3	0.15	0.00530
				C	0.45	0.55	0.35	0.03402
				D	0.8	0.9	0.45	0.12723
								0.2137
174	3.5	1	0.3	A	0.7	0.8	0.35	0.07697
								0.07697
209	2.3	4	1.7	A	1	1.2	0.5	0.23562
				B	1.3	1.3	0.8	0.53093
				C	0.7	0.5	0.5	0.06872
				D	1.2	1.3	0.6	0.36757
								1.2028
280	2.5	1	0.4	A	0.85	1.1	0.45	0.16523
								0.1652

Annexe 11 – Comparaison de la répartition des dômes en termes de nombre et de volume entre l'étude de 1998 et l'étude actuelle

Secteur	Nombre dômes 1998	Nombre dômes actuel	Volume dômes 1998	Volume dômes actuel	Différence nombre de dômes	Différence volume
10	3	12	0,2484	5,09	9	4,84
14	5	12	0,21186	9,70	7	9,49
20	12	42	2,75717	9,85	30	7,10
22	8	10	0,87101	1,90	2	1,03
24	1	1	0,09425	0,43	0	0,34
55	3	7	0,41273	1,79	4	1,37
57	3	5	0,42254	2,94	2	2,52
58	4	2	17,8576	14,02	-2	-3,84
61	2	7	0,7069	2,11	5	1,40
76	8	12	2,3939	1,97	4	-0,42
85	2	11	0,377	5,87	9	5,49
118	4	20	0,2137	8,83	16	8,61
174	1	14	0,07	5,36	13	5,29
209	4	3	1,2028	0,70	-1	-0,50
280	1	1	0,16523	0,06	0	-0,10
TOTAL	61	159	28,00509	70,63052068	98	42,62543068