h e p i a
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Hes·SO GENÈVE
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

« ÉCOLOGIE DE *MYRMICA RUBRA* (LINNAEUS, 1758) EN RELATION AVEC LA GESTION DU PAPILLON PRIORITAIRE *MACULINEA NAUSITHOUS* (VAN EECKE, 1915) DANS LA GRANDE CARIÇAIE »

Thèse de Bachelor présentée par

Madame Aurélie Surchat

pour l'obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en gestion de la nature

Septembre 2013

Conseiller scientifique

Antoine Gander

Jury

Jérôme Pellet

Emmanuel Lierdeman

Responsable de la filière
Gestion de la Nature
Patrice Prunier

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier Antoine Gander pour m'avoir proposé ce sujet – lui sait à quel point je suis passionnée par les fourmis – ainsi que pour m'avoir aiguillée et épaulée lors de ce travail, aussi rassurée lors des moments de doute.

Merci également à Anne Freitag et Jérôme Pellet pour avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Je tiens également à remercier les collaborateurs du bureau exécutif de la Grande Cariçaie, pour les informations qu'ils m'ont transmises et leur aide lors de l'utilisation de certains logiciels, ainsi que leur civiliste, Adrien Morisette, pour m'avoir aidée dans la première phase de terrain et lorsque j'étais perdue dans les méandres du logiciel ArcGis.

Je remercie aussi Thomas Delavy, pour le transport en voiture, l'aide et l'entrain qu'il m'a fourni lors d'une journée de terrain, ainsi que Charles Tercier pour m'avoir prêté sa loupe binoculaire le temps de mes identifications.

Merci à mes chasseurs de fautes d'orthographes, de syntaxe et autres erreurs qui s'étaient glissées dans mes écrits : Pui-Yam Liu, Aline Ferrari et Tamara Savioz.

Un dernier remerciement pour tous les amis qui ont subi mes histoires de fourmis pendant deux bons mois et surtout à mes parents sans lesquels je n'aurais jamais pu réaliser ces trois ans d'études, ni cette thèse d'ailleurs.

GLOSSAIRE

Tous les mots suivis d'un astérisque (*) trouve leur définition ici.

Capitule Inflorescence dans laquelle les fleurs sont insérées, les unes à côté des autres sur l'extrémité du pédoncule élargie en réceptacle, formant une seule fleur au sens courant du mot.

Commensalisme Association d'organismes d'espèces différentes, profitables pour l'un d'eux et sans bénéfice ni bénéfice pour l'autre (différant ainsi du parasitisme et de la symbiose).

Couvain Amas d'œufs et de larves d'abeilles ou autres insectes.

Dimorphisme Propriété de certains corps, de certaines espèces animales ou végétales qui se présentent sous deux forment distinctes. Le dimorphisme sexuel correspond a un aspect différent du mâle et de la femelle d'une même espèce.

Étiolement Le fait de s'étioler, de s'affaiblir. Appauvrissement, déclin.

Gastre Correspond à la région anatomique postérieure de la fourmi, séparée du thorax par le pédicelle/pétiole. Attention à ne pas le confondre avec l'abdomen qui inclut le gastre, le pédicelle/pétiole et la partie antérieure du thorax.

Gyne Terme désignant une reine (fécondée).

Holarctique Désigne les régions de l'hémisphère nord.

Hygrophile Qui a une préférence pour les lieux humides

Imago Forme adulte, définitive de l'insecte sexué à métamorphoses complètes ou incomplètes.

Monophage Se nourrissant d'un seul aliment

Mutualisme Association de deux animaux d'espèces différentes qui retirent des bénéfices réciproques de cette union, sans vivre aux dépens l'un de l'autre.

Myrmécophile Qui vit avec les fourmis, en association avec elles.

Paléarctique Désigne la région comprenant l'Europe, l'Afrique du Nord et l'Asie septentrionale.

Parasite Organisme animal ou végétal qui vit aux dépens d'un autre (appelé *hôte*), lui portant préjudice, mais sans le détruire (à la différence du prédateur).

Parasitisme Condition d'un être vivant qui vit sur un autre organisme en parasite. Mode de vie du parasite.

Parasitoïde Type de parasite vivant au dépens d'un autre organisme qu'il tuera lorsqu'il aura terminé son développement

Phéromone Sécrétion externe produite par un organisme, qui stimule une réponse physiologique ou comportementale, chez un autre membre de la même espèce.

Phyto-spermaphage Se nourrissant de matière végétale et de graines

Nymphe	Deuxième stade (dit nymphal) de la métamorphose des insectes, intermédiaire entre la larve et l'imago.
Solarium	Sorte de dôme aménagé grâce à des débris végétaux et des particules de terre servant à réchauffer la fourmilière
Transect	Un transect est une ligne virtuelle ou physique que l'on met en place pour étudier un phénomène où l'on comptera les occurrences.
Trophallaxie	Échange de nourriture entre individus de certaines colonies d'insectes
Univoltin	Relatif aux races animales n'ayant qu'une génération par an

Tout les termes sont tirés de : REY-DEBOVE J. & REY A. (Dir.) (1993). Le nouveau petit robert : dictionnaire alphabétique de la langue française. Les dictionnaires Le Robert, Paris, 2467 p.

Les termes plus spécifiques qui ne s'y trouvaient pas ont été tiré des sites web : www.le-dictionnaire.com ainsi www.myrmecofourmis.com/glossaire

Acronymes

Bex	Bureau exécutif de l'Association de la Grande Cariçaie
hepia	Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture
SIG	Système d'information géographique

TABLE DES MATIÈRES

Introduction **1**

1 Contexte et objectifs **2**

1.1 Cadre du travail **2**

1.2 Localisation et contexte **2**

1.3 Problématique **4**

1.4 Objectifs **4**

2 Généralités **5**

2.1 L'azuré des paluds (*Maculinea nausithous*) **5**

2.1.1 Le genre *Maculinea* 5

2.1.2 Systématique et description 5

2.1.3 Répartition et statut de l'espèce 6

2.1.4 Le cycle de vie 6

2.1.5 Caractéristiques écologiques 8

2.2 La fourmi-hôte, *Myrmica rubra* **8**

2.2.1 Le genre *Myrmica* 8

2.2.2 Systématique et description 9

2.2.3 Répartition 9

2.2.4 Caractéristiques biologiques 9

2.2.5 Caractéristiques écologiques 10

2.3 La plante-hôte, la sanguisorbe officinale (Linnaeus, 1753) **10**

2.3.1 Systématique et description 10

2.3.2 Répartition 11

2.3.3 Caractéristiques écologiques 11

2.3.4 Les différents milieux 11

3 Matériel et méthodes **14**

3.1 L'échantillonnage des fourmis **14**

3.1.1 Méthode d'échantillonnage 14

3.1.2 Nombre et emplacement des pièges 14

3.1.3 La détermination des fourmis 15

3.2 Les paramètres stationnels **16**

3.2.1 La hauteur de la végétation 16

3.2.2 Le type de végétation 16

3.2.3 Le type de sol 16

3.2.4 L'influence de la nappe 16

3.2.5 La présence d'éléments ligneux 17

3.2.6 Décompte des pieds de sanguisorbe 17
3.3 Sites d'étude 17
3.3.1 Choix des sites 17
3.3.2 Populations grandes et stables 17
3.3.3 Populations petites et fragiles 20
3.3.4 Populations éteintes 21
4 Résultats 23
4.1 L'échantillonnage de fourmis 23
4.2 La densité relative 24
5 Discussion et interprétation 26
5.1 Conditions aux maintiens d'une population 27
5.2 Hauteur de la végétation 27
5.3 Type de végétation 28
5.4 Type de sol 29
5.5 Influence de la nappe 29
5.6 Présence d'éléments ligneux 29
5.7 Densité de sanguisorbe 30
5.8 Forme de la station 31
5.9 Connectivité et isolement 32
5.10 Compétition 32
6 Perspectives 33
1.1 Petites populations 33
1.2 Grandes populations 33
7 Conclusion 34
8 Bibliographie 36
8.1 Autres sources d'informations 38
8.1.1 Webographie 38
8.1.2 Bases légales 39
8.1.3 Communications personnelles 39
Annexes 40

LISTE DES FIGURES

Toutes les photos, illustrations, cartes ont été réalisée par l'auteur, sauf indication contraire.

Figure 1 : Carte de localisation des différentes réserves de la rive sud du lac de neuchâtel. Les numéros sur l'image correspondent à ceux dans le texte ci-dessus. (source : modifiée à partir d'une carte de www.grande-cariçaie.ch et de strehler perrin et *al.*, 2004) 3

Figure 2 : À gauche, le mâle d'azuré des paluds et à droite la femelle. (www.lepidoptera.cz) 5

Figure 3 : Localisation des observations de *Maculinea nausithous* en Suisse. (www.cscf.ch) 6

Figure 4 : Cycle de vie du papillon Maculinea nausithous. 7

Figure 5 : Morphologie d'une ouvrière de *Myrmica rubra* (Della Santa, 1994) 9

Figure 6 : À gauche, feuilles et infloresence de *Sanguisorba officinalis* 11

Figure 7 : Prairie à molinie (Molinion) où sont bien visibles les sanguisorbes officinales, ainsi que la molinie bleue (Source : Wikipedia Selino-Molinietum) 11

Figure 8 : Parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) (Source : www.infoflora.ch ©Michael Jutzi – Portalban) 12

Figure 9 : Mégaphorbiaie marécageuse (*Filipendulion ulmariae*) à la végétation dense avec les infloresences de sanguisorbe officinale bien visibles (Source : www.infoflora.ch ©Peter Bolliger – Schmerikon) 13

Figure 10 : *Myrmica* en plein nourrissage dans un tube d'échantillonnage sur la station de la Rochette. En bas à droite, un exemple des étiquettes d'identification. 14

Figure 11 : À gauche, un piquet indiquant un point de piégeage ainsi que un double-mètre afin de mesurer les distances de 1 m depuis le point central. À droite, les panneaux d'informations posés afin d'informer le public. 15

Figure 12 : "Radeaux" de fourmis du genre *Myrmica* sur la station de Corbière. 15

Figure 13 : Schéma représentant la méthode d'échantillonnage. Les points représentent les pièges et la surface verte la zone d'influence des pièges. 1m est la distance entre deux pièges et 2m est la distance de fourragement que parcours *Myrmica* sp. (Just, 2006) 15

Figure 14 : En haut, shcéma de la structure de la station. En bas photo de Châble-Perron. 17

Figure 15 : Carte de situation 18

Figure 16 : En haut, les structures des deux sites. En bas les photos de Champmartin. Les images à droite corresponde au site n°1 et à droite au n°2 19

Figure 17 : La station de Corbière 20

Figure 18 : Structure de la station et vue du site d'Ostende. 20

Figure 19 : La station des Grèves de la Motte. 21

Figure 20 : Le site de La Rochette 21

Figure 21 : La station de Font. L'emrbousaillement est ici bien visible. 22

Figure 22 : Le site de Portalban 22

Figure 23 : Succès de récupération des chenilles par les fourmis en fonction de la densité des hôtes. Les densités "extrèmes" sont exclues. (Rozier, 1999) 30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Systématique de l'azuré des paluds (www.faunaeur.org) 5

Tableau 2 : Systématique de *Myrmica rubra* (http://www.faunaeur.org/) 9

Tableau 3 : Systématique de *Sanguisorba officinalis* (http://www.emplantbase.org) 11

Tableau 4 : Données de base des différents sites. 17

Tableau 5 : Synthèse de différentes données relatives à l'échantillonnage. 24

Tableau 6 : Synthèse des différents paramètres stationnels et des densités par dynamique de population. 26

Tableau 7 : Succès de récuppération des chenilles par les fourmis en fonction de la densité des hôte, adapté aux stations de la Grande Cariçaie. 31

Liste des graphiques

Graphique 1 : Histogramme de la présence des différentes espèces 23

Graphique 2 : Représentation de la densité relative pour les 3 espèces principales. Les stations sont classeée par dynamique de population. 25

Graphique 3 : Corrélation de la hauteur de la végétation et de la densité de *Myrmica* sp. 27

Graphique 4 : Corrélation entre la densité de sanguisorbe officinale et la densité de *Myrmica* sp. 30

RÉSUMÉ

L'azuré des paluds *Maculinea nausithous* (Van Eecke, 1915) est un papillon menacé au cycle de vie très particulier. Celui-ci comporte deux hôtes : une plante, la sanguisorbe officinale *Sanguisorba officinalis* (Linnaeus) et une fourmi, *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758). La complexité de son cycle rend sa conservation d'autant plus difficile que tous les hôtes doivent être pris en compte dans la gestion des populations de l'espèce.

La Grande Cariçaie, zone marécageuse s'étendant le long des 40 km de la rive sud du lac de Neuchâtel en Suisse, accueille plusieurs populations de ce papillon. Ces dernières années, de nombreuses petites populations voient leurs effectifs chuter petit à petit jusqu'à l'extinction. D'autres populations restent cependant de bonne taille et stable. Le but de ce travail était d'étudier l'écologie de la fourmi-hôte, *Myrmica rubra*, sur des sites ayant des dynamiques de populations différentes : grande population stable, petite population faible, population éteinte. Cela a été réalisé par un échantillonnage aléatoire au prorata de la surface de chaque station afin d'obtenir ensuite une densité relative. La méthode de piégeage utilisée était celle des mictotubes à appâts.

De cette phase d'échantillonnage plusieurs types de fourmis ont été capturés : *Myrmica rubra, Myrmica scabrinodis* (Nylander, 1846), *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846), *Myrmecina graminicola* (Latreille, 1802), *Lasius* sp., *Temnothorax* sp. ainsi que *Formica* sp. Les espèces les plus présentes étant *Myrmica rubra*, *Myrmica scabrinodis* et *Lasius* sp. .

La comparaison des densités de fourmis avec les paramètres stationnels de chaque stations à permis la mise en évidence de l'importance de certains facteurs pour la répartition des 2 espèces de *Myrmica*, tel que l'influence de la nappe et la hauteur de la végétation. Les *Myrmica* rubra affectionnant la végétation dense et haute ayant une influence de la nappe nulle et les *Myrmica scabrinodis* préférant les stations à la végétation inférieure à 70 cm où l'insolation est meilleure. Les inondations par crues du lac ont également un effet très négatif sur les densités de *Myrmica rubra*, qui évite ces lieux. La forme de la station semble quant à elle joué un rôle important dans la dispersion de l'azuré des paluds, mais également de la sanguisorbe. Les sites de forme linéaire ont des densités plus élevée de papillons mais aussi de sanguisorbes, contrairement aux sites à structure surfaciques.

Nous avons également pu constater que le facteur de densité des fourmis ne peut expliquer à lui seul le déclin des populations. L'influence de la connectivité et de l'isolement sur les populations, la compétition des espèces de fourmis entre elles ainsi que la densité de sanguisorbes sont autant de facteurs déterminant dans la survie d'une population d'azuré des paluds.

Mots-clés : azuré des paluds, *Maculinea nausithous*, *Myrmica rubra*, écologie, Grande Cariçaie.

INTRODUCTION

Tout le monde a de nos jours entendu parler au moins une fois de la conservation des espèces ainsi que du maintien de la biodiversité, devenus au fil des ans des enjeux de plus en plus importants au sein de notre société. La destruction et la dégradation des milieux naturels par les activités anthropiques – telles que l'urbanisation, l'intensification de l'agriculture, l'industrie mais également l'augmentation démographique exponentielle de ces dernières décennies – sont autant de causes de la raréfaction de certaines espèces. Les scientifiques prédisent déjà que, dans les prochaines décennies, des dizaines de milliers d'espèces ainsi que des millions de populations, s'éteindront (Primack et *al.*, 2012). Comment sauver ces espèces qui, petit à petit, se rapprochent du gouffre de l'extinction ? Quelles sont les clés permettant leur conservation ? Comment stopper, ou du moins freiner, cette extinction massive ?

De ces interrogations et de ces craintes est né le concept de la biologie de la conservation, champ scientifique étudiant et visant à protéger le monde vivant et sa diversité biologique (Primack et *al.*, 2012). Elle concerne donc l'étude et la compréhension des effets des activités humaines sur les espèces, tout en développant des solutions judicieuses afin de prévenir l'extinction des espèces les plus exposées (Rozier, 1999). Pour mener à bien les programmes de sauvegarde des espèces, une connaissance poussée de la biologie de celles-ci est nécessaire pour comprendre toutes les interactions possibles qu'elles ont avec leur environnement mais également avec les autres espèces. La recherche ne peut pas s'arrêter là et se doit de prendre en compte l'écosystème entier. Mais ce dernier évolue tout au long de son existence, il est donc important de ne pas s'arrêter à la protection des milieux concernés par une simple mise en réserve : il faut également gérer cet écosystème.

Prenons un exemple typique d'écosystème. Les zones humides sont des environnements d'une biodiversité incroyable mais, en Suisse, près de 90 % des surfaces ont été détruites depuis 1850 (Imboden, 1976). Leur recul, notamment dû au drainage des marais ainsi que aux aménagements hydrauliques tels que la canalisation des cours d'eau, a causé la raréfaction d'un grand nombre d'espèces inféodées à ces milieux. En plus de leur diminution, ces zones humides se sont souvent retrouvées isolées les une des autres, diminuant les chances d'échange entre les populations d'espèces et réduisant encore leur chance de survie.

Souvent laissés pour compte, les invertébrés sont aujourd'hui mieux intégrés dans la protection des espèces. Notamment par la création des listes rouges et de la liste des espèces prioritaires au niveau national mais aussi par leurs suivis dans le cadre du Monitoring de la Biodiversité en Suisse. Les papillons ont été le sujet de nombreuses études scientifiques ainsi que d'efforts de conservation (Rozier, 1999). Leur cycle de vie, généralement composé d'un hôte, peut parfois en comporter plus d'un, augmentant alors sa complexité ainsi que les difficultés de conservation de celui-ci. En effet, si toutes les facettes du cycle de vie d'une espèce ne sont pas prises en compte, sa conservation à long terme sera un échec. Il faut par conséquent approcher tous les paramètres permettant la sauvegarde de l'espèce – ainsi que de ses hôtes – dans l'habitat favorable à celle-ci. C'est le cas des espèces du genre *Maculinea* appartenant à la famille des Lycénidés, dont le cycle complexe, à caractère myrmécophile*, a longtemps été méconnu.

1 Contexte et objectifs

1.1 Cadre du travail

Cette thèse a été réalisée dans le cadre de mon Bachelor of Science en Gestion de la Nature et clôt les 3 ans d'études effectuées à la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (hepia). Elle étudie le rôle de la fourmi rouge *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758), hôte obligatoire de l'azuré des paluds *Maculinea nausithous* (Van Eecke, 1915), dans la dynamique des populations de ce papillon au sein des stations de la Grande Cariçaie.

Ce sujet m'a été proposé par Antoine Gander, biologiste au Bureau Exécutif de l'Association de la Grande Cariçaie (BEx), qui suit les populations d'azurés des paluds de la Grande Cariçaie. Le rôle de conseiller scientifique a échu à Antoine Gander avec la collaboration de Jérôme Pellet, du bureau d'écologie appliqué n+p, ainsi que celle d'Anne Freitag, myrmécologue réputée du musé zoologique de Lausanne. Le représentant hepia ayant supervisé ce travail est Emmanuel Lierdeman.

Le travail demandé a été réalisé en deux étapes :

- L'étude bibliographique et méthodologique (EBM), réalisée précédemment à ce travail et permettant d'acquérir et de compiler les connaissances nécessaires à la réalisation de ce rapport.
- La thèse de bachelor, dont ce dossier est l'aboutissement.

1.2 Localisation et contexte

La Grande Cariçaie est située sur la rive sud du lac de Neuchâtel (fig. 1) et consiste en un ensemble marécageux lacustre de 40 km de rives et de 3'000 ha, ce qui en fait le plus grand de Suisse (Strehler Perrin et *al.*, 2004). Elle se partage entre quatre cantons – Vaud, Fribourg, Neuchâtel et Berne – ainsi que quinze communes.

La Grande Cariçaie n'a pas toujours existé telle qu'elle est aujourd'hui. En effet, cet ensemble de marais qui relève aujourd'hui d'une grande importance est né à la fin du XIXe siècle à la suite de la première correction des eaux du Jura. Cette dernière avait pour objectif l'assainissement des plaines marécageuses bordant la région du Seeland, de l'Orbe et de la Broye (Strehler Perrin et *al.*, 2004). Dans ce but, l'Aar a été déviée dans le lac de Bienne, la Broye et la Thielle ont été canalisées (La Perrot, 2004) et un immense réseau de drainage et de canaux fut créé afin d'entraîner les eaux des plaines inondables dans les lacs. Par conséquent, le Grand Marais a été asséché et le niveau d'eau des lacs subjurassiens s'est abaissé d'environ trois mètres, laissant apparaitre de nouvelles rives. Ce phénomène géomorphologiquement marquant créa, devant les rives et au pied des falaises de molasse de la rive sud du lac de Neuchâtel – qui constituent les anciennes rives –, d'immenses bancs de sable. Ces bancs se sont rapidement couverts de végétation formant la Grande Cariçaie. Ce nouveau milieu put ainsi servir de zone de refuge aux espèces délogées par la nouvelle fonction du Grand Marais (BE) : l'agriculture. C'est en quelque sorte, malgré son caractère involontaire, la première compensation écologique. Dans les années septante a eu lieu une deuxième correction des eaux du Jura. Elle a permis de stabiliser les fluctuations du niveau des lacs, à tel point que depuis, la Grande Cariçaie souffre d'un manque d'inondation, accélérant ainsi le processus de succession végétal (Strehler Perrin et *al.*, 2004). Entre 1967 et 1970, les deux premières réserves voient le jour, mais ce n'est qu'en 2001 et 2002 qu'aboutit la création des autres réserves naturelles mises à l'enquête dès 1998. En 1980, le Groupe d'étude et de gestion (GEG) de la Grande Cariçaie est créé. Il est chargé de l'entretien et de la protection de ces marais (Strehler Perrin et *al.*, 2004). Dès 2010, le GEG devient le Bureau exécutif (BEx) au sein de l'Association de la Grande Cariçaie, bien que son rôle reste le même. Il est composé de scientifiques, gestionnaires et de techniciens. Ils gèrent ensemble les huit réserves naturelles qui composent la Grande Cariçaie et mènent le monitoring de nombreuses espèces patrimoniales.

La Grande Cariçaie – qui tient son nom du genre *Carex* – est un site de très grande importance, tant au niveau national qu'international. En effet, un tiers de la flore de Suisse s'y trouve, ainsi qu'un quart de sa faune ! De plus, ce milieu à la biodiversité incroyable est inscrit dans six inventaires fédéraux : paysages, sites et monuments, sites marécageux, bas-marais, zones alluviales, sites à batraciens et migrateurs d'importance nationale et internationale. Mais il est aussi reconnu hors de nos frontières comme réserve biogénétique du Conseil de l'Europe et comme site Ramsar, ce qui l'affilie à la Convention sur les zones humides d'importance internationale (Strehler Perrin et *al.*, 2004).

La Grande Cariçaie est constituée des huit réserves naturelles suivantes (fig. 1) :

1.	Réserve naturelle des Grèves de Cheseaux (VD)		308 ha
2.	Réserve naturelle de la Baie d'Yvonand (VD, FR)		318 ha
3.	Réserve naturelle de Cheyres (FR)	256 ha	
4.	Réserve naturelle des Grèves de la Corbière et de Chevroux (FR, VD)	271 ha	
5.	Réserve naturelle des Grèves d'Ostende et de Chevroux (VD, FR)	498 ha	
6.	Réserve naturelle des Grèves de la Motte (VD, FR)	378 ha	
7.	Réserve naturelle de Cudrefin (VD)		249 ha
8.	Réserve naturelle du Fanel (BE, NE)		686 ha
		Surface total :	**2964 ha**

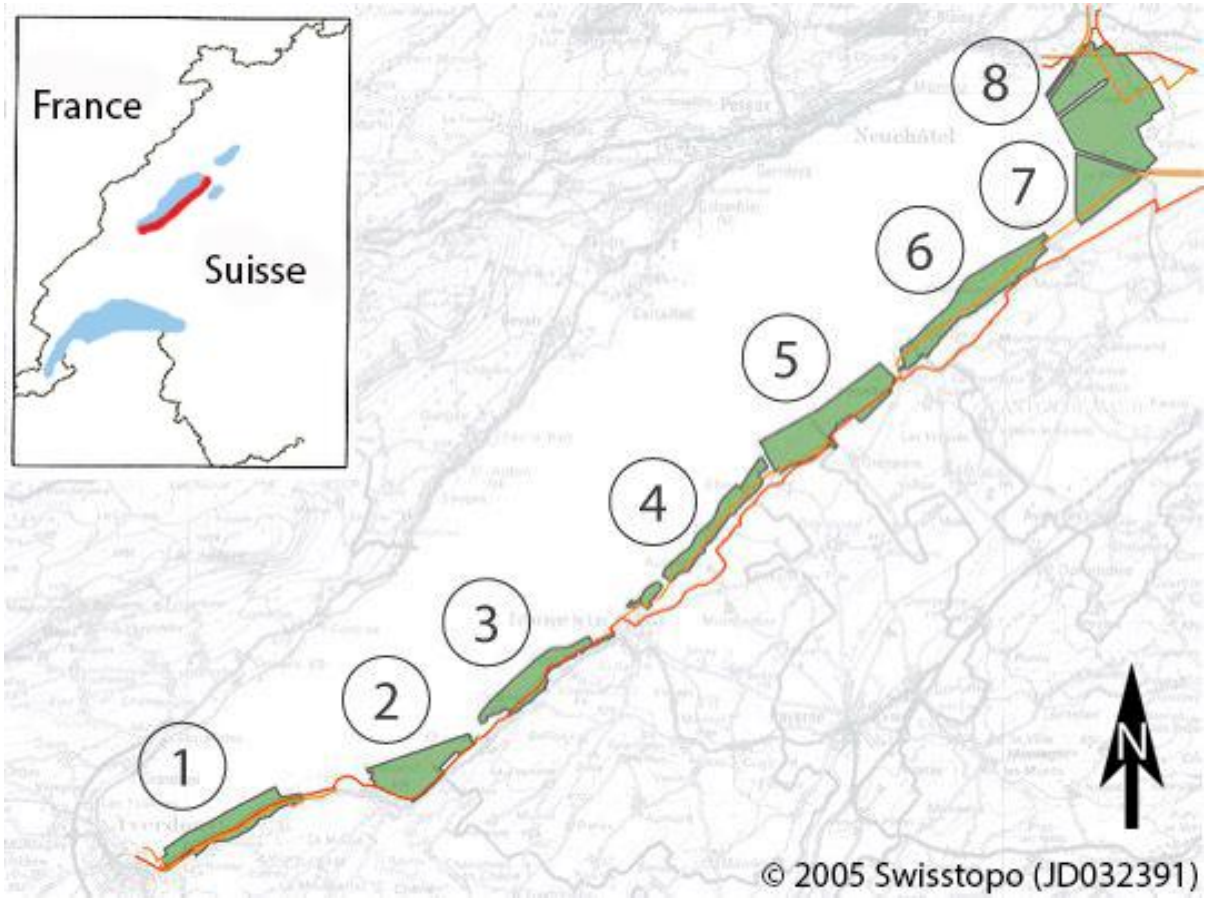


Figure 1 : Carte de localisation des différentes réserves de la rive sud du lac de neuchâtel. Les numéros sur l'image correspondent à ceux dans le texte ci-dessus. (source : modifiée à partir d'une carte de www.grande-cariçaie.ch et de strehler perrin et *al.*, 2004)

1.3 Problématique

Dans la Grande Cariçaie, il existe deux grandes populations stables situées aux deux extrémités de la rive sud : les Grèves de Cheseaux et les Grèves de la Motte, ainsi que plusieurs populations intermédiaires. Le cycle de l'azuré des paluds est complexe. Il lui faut en effet la présence de sa plante hôte, la grande sanguisorbe ou sanguisorbe officinale *Sanguisorba officinalis* (Linnaeus), ainsi que de sa fourmi-hôte, la *Myrmica rubra* pour réaliser l'ensemble de sa métamorphose.

Un phénomène d'étiolement* des petites populations est constaté (annexe 1). Il se manifeste par des disparitions locales rarement suivies d'une recolonisation. Le BEx a suivi le phénomène de 1990-1995 sous forme d'un inventaire et de 1998 jusqu'à maintenant dans le cadre d'un monitoring de l'espèce.

Il recense, en plus des populations du papillon à proprement parler, la persistance des sanguisorbes dans chaque station depuis 2005. Le contour des stations est relevé sur le terrain à l'aide de GPS et ensuite transféré sur SIG. Cependant, les fluctuations du nombre de plantes hôtes ne suffisent pas à expliquer le déclin des populations d'azurés.

Le second paramètre indispensable au cycle de vie, soit *Myrmica rubra*, n'est actuellement suivi que pour une des grandes populations d'azuré, celle de la réserve des Grèves de la Motte. Celle-ci se situe le long d'un chemin piéton et cycliste. Ce suivi vise à déterminer si la fréquentation le long du chemin a un impact sur les colonies du genre *Myrmica*. Le protocole d'échantillonnage est adapté à une distribution linéaire des populations sur les deux bandes herbeuses, aussi appelées banquettes, de chaque coté du chemin. Au total 28 transects* sont réalisés. Ils font 10 mètres et il y en a un sur chaque banquette. Il y a un piège tous les mètres, soit 10 pièges par transect, donc 20 par paire de transect. Pour l'ensemble des Grèves de la Motte, ils arrivent à un taux d'occupation d'environ 40% des pièges par la fourmi *Myrmica rubra*.

Ce travail de bachelor permettra d'examiner la situation des populations déclinantes du point de vue des fourmis-hôtes. C'est une analyse d'autant plus pertinente que les colonies de fourmis du genre *Myrmica* sont le facteur-clé qui détermine la taille, la stabilité ainsi que la persistance des populations de *Maculinea.* Cela n'a rien d'étonnant quand nous savons que le papillon passe 85% de sa vie dans la fourmilière et qu'il y acquiert plus de 98% de sa biomasse. Au final, le nombre de plantes (*Sanguisorba officinalis*) présentes dans une station n'est une contrainte que dans très peu de sites (Elmes et *al.*, 1998).

1.4 Objectifs

Les objectifs de ce travail sont :

- Déterminer le rôle de *Myrmica rubra* dans le déclin des populations d'azuré des paluds en comparant les stations stables d'azuré et les stations pauvres, en déclin ainsi que éteintes. Les différences seront examinées sous l'angle des densités relatives des *Myrmica* dans chacune des stations et d'éventuelles différences dans la faune compagne des Formicidés (compétition éventuelle).

- Evaluer sous l'angle des populations de *Myrmica* sp. les surfaces restaurées dans le but de favoriser l'azuré des paluds et prendre en compte les paramètres stationnels (hauteur de la végétation, type de végétation, type de sol, influence de la nappe, présence d'éléments ligneux, décompte des pieds de sanguisorbes).

2 Généralités

2.1 L'azuré des paluds (*Maculinea nausithous*)

2.1.1 Le genre *Maculinea*

La famille des Lycénidés représente environ 6000 espèces, ce qui correspond à environ un tiers de tous les papillons de jour. Au sein des espèces dont le cycle de vie a été étudié, 75 % de celles-ci sont associées à des fourmis par du commensalisme*, mutualisme* ou parasitisme*, facultatif ou obligatoire. 30 % de ces espèces ont une chenille ayant une relation obligatoire avec une espèce de fourmis (Pierce et *al*., 2002).

Tableau 1 : Systématique de l'azuré des paluds (www.faunaeur.org)

Systématique	
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Lepidoptera
Famille	Lycanidae
Sous famille	Polyommatinae
Tribu	Polyommatini
Genre	*Maculinea*
Espèce	*nausithous*

Le genre *Maculinea* est le seul dont les chenilles parasitent* les nids de fourmis en Europe (Fiedler, 1998). Il est représenté par 5 espèces : l'azuré du Serpolet *Maculinea arion* (Linnaeus, 1758), l'azuré de la sanguisorbe *Maculinea teleius* Bergstrasser, 1779), l'azuré de paluds *Maculinea nausithous*, l'azuré des mouillères *Maculinea alcon* (Denis & Schiffermüller, 1775) et l'azuré de la croisette *Maculinea rebeli* (Hirschke, 1904). Toutes ces espèces parasitent les fourmis du genre *Myrmica*, chaque papillon ayant sa propre fourmi-hôte. Ils ont également tous leur propre plante-hôte : l'azuré du serpolet pond sur les thyms *Thymus* sp. et l'origan vulgaire *Origanum vulgare* (Linnaeus), l'azuré de la sanguisorbe et des paluds pondent sur la sanguisorbe officinale, l'azuré des mouillères a comme plante-hôte la gentiane des marais *Gentiana pneumonanthe* (Linnaeus), ainsi que d'autres gentiane (*Gentinana* sp.), tout comme l'azuré de la croisette.

2.1.2 Systématique et description

L'azuré des paluds a pour nom scientifique *Maculinea nausithous* (Van Eecke, 1915) (tab. 1) mais possède également de nombreux synonymes (www.faunaeur.org).

Petit papillon discret, l'azuré des paluds a le verso de l'aile d'un cannelle uniforme agrémenté de tâches alignées sur la partie postmédiane des ailes (fig. 2). Cette espèce possède un dimorphisme* sexuel sur le recto de l'aile : chez la femelle, il est brun foncé uni tandis que chez le mâle il est bleu foncé tirant sur le violacé avec une bordure épaisse brune (Elmes et Thomas, 1987a ; Tolman et Lewington, 2009).

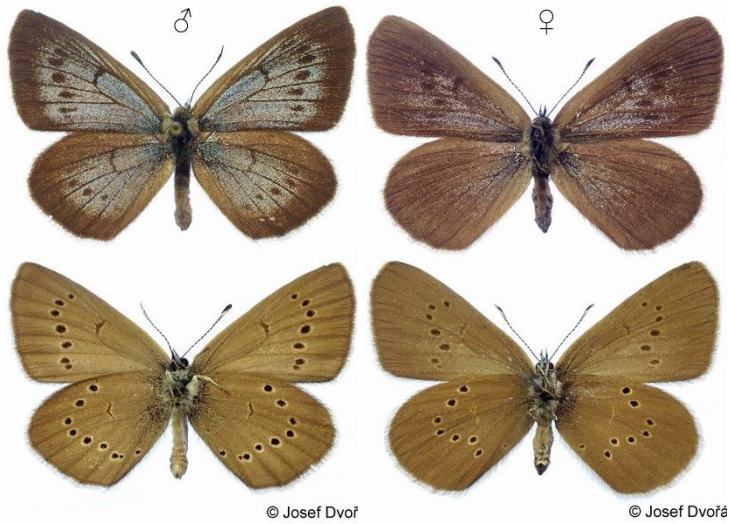


Figure 2 : À gauche, le mâle d'azuré des paluds et à droite la femelle. (www.lepidoptera.cz)

2.1.3 Répartition et statut de l'espèce

Présent essentiellement dans la région paléarctique*, l'azuré des paluds se trouve en Europe centrale et de l'est jusqu'en Asie de l'Ouest (Wynhoff, 1998). En Suisse, il est présent au nord des Alpes ainsi que sur le versant sud du Jura, et ce principalement dans quatre régions (fig. 3) : Neuchâtel, l'Oberland bernois, le Lac de Zürich et la Vallée du Rhin (Gonseth, 1987 ; Elmes et Thomas, 1987a).

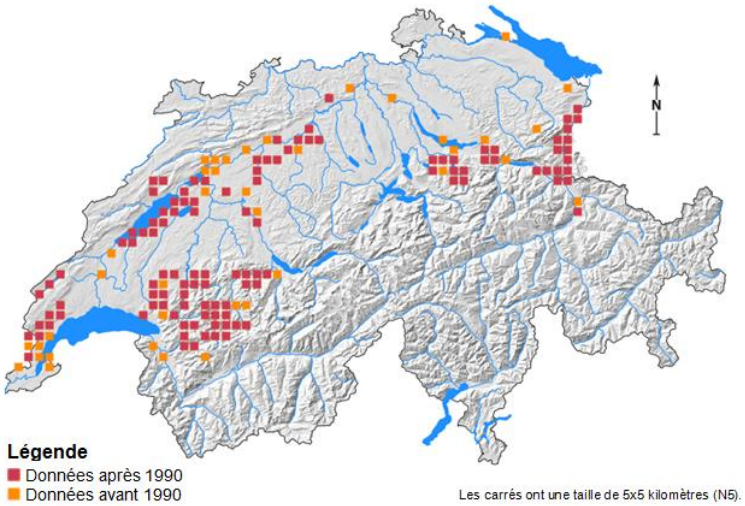


Figure 3 : Localisation des observations de *Maculinea nausithous* en Suisse. (www.cscf.ch)

Les causes du déclin de l'azuré des paluds dans toute l'Europe occidentale sont multiples. La perte de biotope ou leur dégradation par le développement de zones urbaines, industrielles ou encore récréatives, mais aussi l'intensification de l'agriculture qui a mené à l'abandon des modes de cultures traditionnelles, en sont les principales raisons.

L'espèce est considérée comme « quasi menacée » par la liste rouge de l'UICN (World Conservation Monitoring Centre, 1996). Elle est également protégée par l'annexe II de la Convention de Berne, ainsi que par les annexes II et IV de la Directive Habitats de la Commission européenne. Au niveau suisse, ce papillon est présent sur la liste rouge en tant qu'espèce « très menacée » (OFEFP, 1994). Il est également protégé par la Loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN) et son ordonnance (OPN). C'est également une espèce à priorité élevée dans la liste des espèces prioritaires au niveau national, il est donc nécessaire de prendre des mesures pour sa sauvegarde (OFEV, 2011). En ce qui concerne les réserves de la Grandes Cariçaie, l'espèce est définie comme étant prioritaire de classe 1. Les espèces de classe 1 sont suivies régulièrement tout au long du plan de gestion, tandis que pour les espèces de classe 2 un inventaire est réalisé au début et à la fin de chaque plan de gestion (Gander, com. pers., 2013).

2.1.4 Le cycle de vie

Papillon univoltin* (Dierks er Fischer, 2009), l'azuré des paluds voit sa période de vol s'étalant de la fin du mois de juin au début du mois de septembre (Gonseth, 1987). Chez les populations de la Grande Cariçaie, l'émergence commence généralement aux alentours de la date du 20 juillet (Gander, com. pers., 2013). C'est de juin à septembre qu'il pond sur sa plante-hôte, la sanguisorbe officinale (*Sanguisorba officinalis*), plus précisément dans les capitules* de celle-ci. Sur les plus gros capitules, nous pouvons trouver jusqu'à 20 à 30 œufs (Elmes et Thomas, 1987a). Ces derniers sont toujours pondus profondément dans le capitule afin d'être rendu moins accessibles aux prédateurs et autres parasitoïdes* (Thomas et *al.*, 1991). Durant les 3 premiers stades larvaires, la jeune chenille se nourrit des boutons floraux de la sanguisorbe officinale. Elle a alors un régime phyto-spermophage*, monophage* stricte. (Gonseth, 1993). Les chenilles peuvent cohabiter à plusieurs sur un capitule, mais leur nombre n'excède généralement pas 5 ou 6 individus (Elmes et Thomas, 1987a). De plus, la compétition pour la nourriture limite la survie d'un surplus de chenille.

Après être restée en moyenne 2 à 3 semaines sur le capitule (Anton et *al.*, 2009), la chenille passe du troisième stade larvaire au quatrième lors d'une mue. C'est à ce moment-là qu'elle quitte son capitule en se laissant tomber au sol dans l'intention d'être découverte et adoptée par une fourmi bien spécifique (fig. 4). Ce phénomène a généralement lieu entre 18h et 20h, ce qui correspond au pic d'activité des fourmis du genre *Myrmica* (Elmes et *al*., 1991).

La fourmi-hôte principale de l'azuré des paluds est *Myrmica rubra*. Elle possède également des fourmis-hôtes secondaires occasionnelles, *Myrmica scabrinodis* et *Myrmica ruginodis*. Ces hôtes secondaires ne sont pas observées dans tous les pays et surtout, ils ne permettent pas la survie d'une population de *Maculinea* sp. (Elmes et Thomas, 1987b ; Wynhoff, 1996 ; Witek et *al.*, 2008).

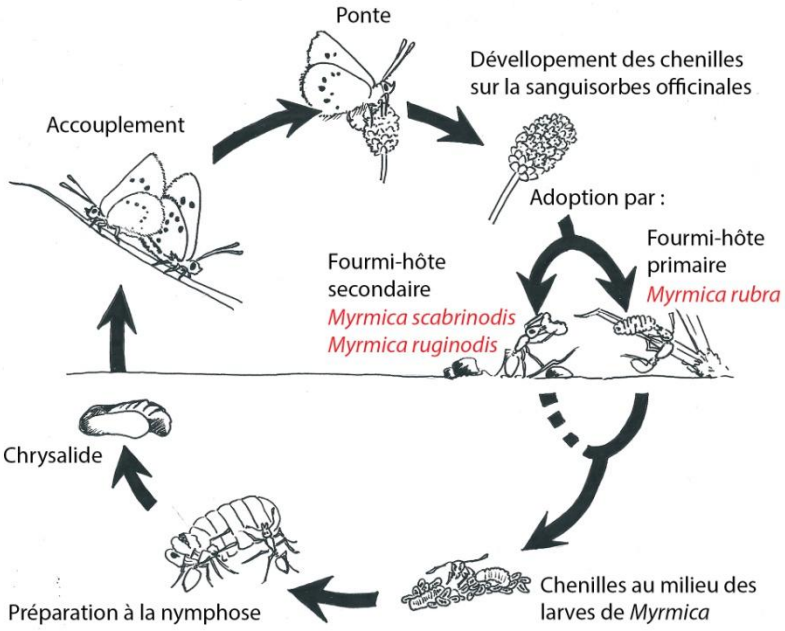


Figure 4 : Cycle de vie du papillon Maculinea nausithous.

Une fois au sol, la chenille attend sans bouger le passage d'une fourmi *Myrmica rubra* (Elmes et Thomas, 1987a). Il semble que sans contact physique avec la chenille, la fourmi ne peut la reconnaître, cela induit alors l'hypothèse que les chenilles imitent la phéromone* de contact des larves de fourmis ouvrières (Elmes et *al.* , 1991). La forme et la texture de la larve jouent également un rôle dans le processus d'adoption (Rozier, 1999), de même que le comportement suivant : au bout de quelques secondes de palpation de la part de l'ouvrière de *Myrmica rubra* (5 à 10 secondes), la chenille contracte le segment central de son corps, incitant ainsi l'ouvrière à la saisir et à l'amener au nid (Elmes et Thomas, 1987a ; Fiedler, 1990). Ce comportement pourrait également être une imitation des larves de fourmis. Le temps d'adoption moyen pour une chenille d'azuré des paluds est de 5.40 minutes ; cependant plus la mue de celle-ci est récente, plus l'adoption sera rapide. (Fiedler, 1990).

Chez les cinq espèces du genre *Maculinea* le processus d'adoption diffère. Ainsi, de quelques minutes l'adoption peut passer à environ une heure. D'autres espèces, comme l'azuré de la sanguisorbe *Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779), offrent lors de l'adoption une sorte de nectar secrété par leur organe de Newcomer, ce qui n'est pas le cas de l'azuré des paluds (Fiedler, 1990).

Une fois la chenille dans la fourmilière, son régime alimentaire change. L'azuré des paluds est une espèce dite « prédatrice » qui va se nourrir du couvain* de l'espèce qu'elle parasite*. On oppose ce terme aux espèces du genre *Maculinea* dites « coucou » qui sont nourries par trophallaxie* de la part des fourmis (Elmes et *al.*, 1998 ; Rozier, 1999). Il est clair que les espèces « coucou » causent moins de dégâts que les espèces « prédatrices », ces dernières ayant un impact direct sur la colonie par la consommation du couvain et étant donc une menace pour la survie à long terme de la colonie.

Plusieurs chenilles peuvent se trouver dans un nid, jusqu'à trois ou quatre individus. Cela peut s'expliquer par le fait que l'azuré des paluds est la plus petite espèce de *Maculinea* et que les nids de *Myrmica rubra* sont plus grand que ceux des autres espèces appartenant à ce genre (Elmes et Thomas, 1987a).

Comme dit précédemment, la chenille consomme le couvain, excepté les nymphes*. Elle se nourrit de préférence des grosses larves, soit celles qui sont sur le point d'entrer en nymphose, laissant les plus petites se développer. Alors que les larves de *Myrmica* entrent en diapause au début de l'hiver, les chenilles continuent à se nourrir pendant encore 40 jours. Au printemps, c'est le contraire, les fourmis se réveillent avant les chenilles. La présence de couvain au printemps est indispensable pour les chenilles (Thomas et Wardlaw, 1992).

La nymphose est réalisée dans le solarium* (Elmes et Thomas, 1987a). Lorsque le papillon émerge, il ne possède plus aucune phéromone. Il est donc pour la fourmilière un corps étranger et est traité comme tel. Il doit alors regagner la sortie le plus vite possible. Une fois dehors, il peut trouver un endroit calme, tel qu'un brin d'herbe, afin de déployer ces ailes et de les sécher. Les mâles émergent quelques jours avant les femelles (Elmes et Thomas, 1987a). Un imago* peut vivre jusqu'à un mois. (Gonseth, 1993)

2.1.5 Caractéristiques écologiques

L'imago se nourrit principalement de la plante hôte, la sanguisorbe officinale. Gonseth (1992) y constate la totalité de l'alimentation de cette espèce. De par la pauvreté en plantes nectarifères de son habitat, cette spécialisation lui permet de trouver les ressources énergétiques qui lui sont nécessaires (Rozier, 1999).

Espèce caractéristique de la prairie à molinie (*Molinion*) (Delarze et Gonseth, 2008), l'azuré des paluds se développe dans les prairies de fauche, les pâturages humides et les prés à litière dont l'exploitation a été abandonnée ainsi que les talus herbacés. Mais il se trouve également sur les rives des canaux de drainages, milieux reliques des marais plats où il se développait (Elmes et Thomas, 1987). Il a besoin de prairies gérées extensivement, c'est-à-dire fauchées ou pâturées au maximum deux fois par an (Dierks et Fischer, 2009).

Les espèces du genre *Maculinea* sont généralement de petites populations fermées et isolées qui se contentent de surfaces souvent très réduites (Nowicki et *al.*, 2005 ; Gonseth, 1993). *Maculinea nausithous* est une espèce sédentaire dont la distance de dispersion ne dépasse habituellement pas les 100 m – la distance maximum relevée étant de 5 km (Nowicki et *al.*, 2005).

2.2 La fourmi-hôte, *Myrmica rubra*

2.2.1 Le genre *Myrmica*

En Suisse, le genre *Myrmica* est représenté par 19 espèces (Neumeyer et Seifert, 2005). Les espèces sont généralement séparées en groupes en fonction de caractéristiques morphologiques. Selon les auteurs, le nombre de groupe est de 4, parfois simplifié en 2 groupes : le groupe *Rubra*, aussi appelé groupe *Laevinodis*, le groupe *Scabrinodis*, le groupe *Lobicornis* et le groupe *Rugulosa* (Wardlaw et *al*., 1998 ; Elmes et Thomas, 1987b ; Della Santa, 1994).

Le **groupe *Rubra*** peut dépasser les 2000 m et vit en terrains imperméables, argileux, souvent dans des stations fraîches et humides (Della Santa, 1994). Il comprend les espèces *Myrimca rubra*, fourmi-hôte de l'azuré des paluds et *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846), fourmi-hôte de l'azurée des mouillères (Elmes et Thomas, 1987b).

Le **groupe *Scabrinodis*** ne se trouve pas au dessus de 1300 m d'altitude. Les espèces de ce groupe vivent dans des terrains perméables et sablonneux, dans des stations bien exposées (Della Santa, 1994). Il contient 5 espèces : *Myrmica sabuleti* (Meinert, 1861)*, Myrmica scabrinodis* (Nylander, 1846)*, Myrmica specioides* (Bondroit, 1918)*, Myrmiva lonae* (Finzi, 1926) *et Myrmica vandeli* (Bondroit, 1920) (Wardlaw et *al.*, 1998).

Le **groupe *Lobicornis*** est au moins représenté par 2 espèces : *Myrmica lobicornis* (Nylander, 1846) et *Myrmica schencki* (Emery, 1895) (Wardlaw et *al*., 1998 ; Elmes et Thomas, 1987b). Ces deux espèces vivent dans des habitats très différents, la première préfère les habitats frais et humides, tandis que la deuxième affectionne les habitats plus chauds et secs (Wardlaw et *al*., 1998).

Le **groupe *Rugulosa*** comprend minimum 3 espèces : *Myrmica rugulosa* (Nylander, 1849), *Myrmica gallienii* (Bondroit, 1920) et *Myrmica sulcinodis* (Nylander, 1846). Celles-ci ont des exigences très différentes, allant des prairies humides aux pâturages de montagnes (Elmes et Thomas, 1987b).

2.2.2 Systématique et description

L'espèce de fourmi rouge concernée par la présente étude est *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758) (tab. 2).

Les ouvrières de *Myrmica rubra* mesure entre 3.5 et 5 mm. Elles sont rousses, plus ou moins foncées : la tête et le gastre* sont plus foncés que le thorax, tandis que les pattes, les antennes – excepté les 4 articles de la massue antennaire qui sont brunâtre – et les mandibules sont plus claires (Della Santa, 1994).

Les critères de détermination qui les distinguent des autres espèces du groupe *rubra* sont sa sculpture fine, la longueur de l'épine de l'épinotum – courte chez *Myrmica rubra* (Della Santa, 1994) – ainsi que le post-pétiole qui est lisse chez cette espèce (www.cle.fourmis.free.fr ; Wardlaw et *al*., 1998).

Tableau 2 : Systématique de *Myrmica rubra* (http://www.faunaeur.org/)

Systématique	
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Hymenoptera
Famille	Formicidae
Sous famille	Myrmicinae
Genre	*Myrmica*
Espèce	*rubra*

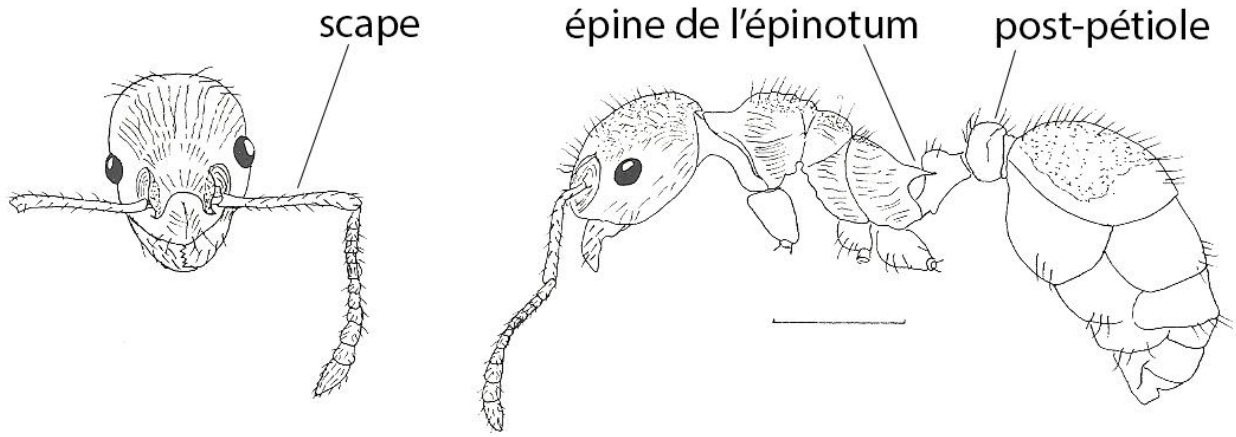


Figure 5 : Morphologie d'une ouvrière de *Myrmica rubra* (Della Santa, 1994)

2.2.3 Répartition

Les fourmis du genre *Myrmica* ont une distribution holarctique* tempérée, c'est-à-dire Européenne, Asiatique et Nord-américaine (Elmes et *al.*, 1998). Dans ces deux derniers continents, c'est une espèce exotique invasive (www.antark.com). En Suisse, l'espèce est très commune, particulièrement en plaine (Della Santa, 1994).

2.2.4 Caractéristiques biologiques

Le vol nuptial, aussi appelé essaimage, se déroule entre mi-août et mi-septembre. Il a généralement lieu sur une structure physique proéminente telle qu'une colline, un arbre, un arbuste, un rocher mais peut également avoir lieu sur la terre nue. Les essaimages se font de manière locale, car ils restent dans un rayon de 100 m autour de la colonie-mère ; il y a donc peu de dispersion (Elmes et *al*. , 1998).

Au vu de la date tardive de l'essaimage, les gynes* fraîchement fécondées doivent hiverner avant de fonder leur colonie. Les nouvelles colonies sont donc fondées au printemps par une ou plusieurs reines. Certaines gynes retournent à la fourmilière-mère ou se font adopter par une autre colonie. Notons que la plupart des nouvelles colonies se font par fragmentation d'une colonie existante (Elmes et *al*. , 1998).

Myrmica rubra forme les colonies les plus populeuses, généralement autour de 1000-1500 ouvrières, alors que les autres espèces du genre forment des colonies plus petites allant de 200-500 ouvrières (Elmes et *al*. , 1998). Bien entendu ces chiffres sont des moyennes et des colonies plus petites ou plus grandes peuvent se trouver chez chaque espèces. De par le fait que cette *Myrmica* soit polygyne, soit pouvant avoir de une à plusieurs

reines, le nombre d'ouvrières peut être corrélé au nombre de reines présentes dans la colonie. Le nombre de reines dans une fourmilière est dynamique, il varie selon les années (Elmes et *al*., 1998).

Les *Myrmica* se nourrissent de petits insectes vivants, de cadavres d'insectes ou d'animaux plus volumineux, mais également de végétaux, de graines, de nectar – qu'il soit sécrété par les fleurs ou par des glandes nectarifères –, et de miellat de pucerons (Elmes et Thomas, 1987b).

2.2.5 Caractéristiques écologiques

Présente dans les bois, en lisière, en berge de rivière, *Myrmica* rubra se trouve aussi dans les gravières et les prés frais (Della Santa, 1994 ; Rozier, 1999). La présence d'une ou l'autre des espèces du genre *Myrmica* dans un site est déterminée selon deux gradients : l'humidité du sol et l'insolation. *Myrmica rubra* recherche les zones où le sol est humide, bien qu'elle évite les zones périodiquement inondées. De même, elle cherche une insolation moyenne. Le type de végétation ainsi que la gestion du milieu influe de ce fait la présence des espèces dans l'habitat. *Myrmica rubra* a une préférence marquée pour la végétation dense et haute (Elmes et *al.,*1998).

Toutes les espèces du genre *Myrmica* ont des nids de structures similaires mais variés. Certains sont construits dans du bois vermoulu, de la mousse, des touffes d'herbes ou des touradons et évidement dans le sol ou de manière plus basique sous une pierre. La discrétion des nids de *Myrmica* est aussi une particularité. Généralement, ces nids ne possèdent qu'une ou deux petites entrées (Elmes et *al*., 1998). Cependant, dans les prairies humides, nous trouvons souvent des solariums bien visibles dans les touffes d'herbe qui sont constitués de débris végétaux et de particules de terre (Elmes et Thomas, 1987b ; Elmes et *al*., 1998).

La densité des nids de *Myrmica* dépend de la disponibilité des sites pouvant accueillir des nids, celle-ci différant en fonction de l'habitat. Les colonies sont dynamiques dans l'espace et dans le temps. Les nids sont donc très mobiles et peuvent n'être présents en un lieu que pendant quelques mois. Ceci est dû notamment au caractère inondable de certains milieux. Cependant, les nids se trouvant dans les touffes d'herbes peuvent persister pendant plusieurs années (Elmes et *al*. , 1998).

La distance de fourragement des ouvrières est généralement de 2 m autour du nid. Mais dans le cas de *Myrmica rubra,* elle peut atteindre 8 m (Elmes et *al*. , 1998).

La compétition avec les autres fourmis dépend beaucoup de l'espèce concernée. En effet, de grandes espèces telles que les *Formica* sp. tolèrent les colonies de *Myrmica* dans leur territoire, tandis que les espèces de taille similaire à *Myrmica rubra,* tel que *Tetramorium caespitum* ou *Lasius niger,* ne les tolèrent pas. La compétition avec les fourmis du même genre peut également être forte, les niches écologiques de certaines espèces se chevauchant (Elmes et *al*. , 1998).

En ce qui concerne la densité de colonies nécessaires, il est considéré par Elmes et *al.* (1998) qu'un minimum de 15% et un optimum de 100% de plantes-hôtes avec fleurs doivent se trouver dans l'aire d'affouragement des *Myrmica*. En dessous de la gamme de 50%, il est judicieux de prendre des mesures afin de sauvegarder la population d'azuré des paluds.

2.3 La plante-hôte, la sanguisorbe officinale (Linnaeus, 1753)

2.3.1 Systématique et description

La sanguisorbe officinale (*Sanguisorba officinalis* Linnaeus 1753) (tab. 3) est une plante herbacée vivace pouvant atteindre 30 à 100 cm de haut. Elle possède des feuilles imparipennées possédant de 7 à 15 folioles petioles (fig. 6). Ces fleurs pourpre foncé sont disposées en capitules de forme ovoïdes à oblongues. La floraison a lieu de juin à septembre (Lauber et Wagner, 2007).

Figure 6 : À gauche, feuilles et à droite, inflorescence de *Sanguisorba officinalis*

Tableau 3 : Systématique de *Sanguisorba officinalis* (http://www.emplantbase.org)

Systématique	
Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Classe	Magnoliophyta
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Genre	*Sanguisorba*
Espèce	*officinalis*

2.3.2 Répartition

Sanguisorba officinalis est très répandue en Suisse de l'étage collinéen à subalpin (Lauber et Wagner, 2007 ; Gonseth, 1993).

2.3.3 Caractéristiques écologiques

Selon Gonseth (1993), bien que la sanguisorbe officinale soit hygrophile*, elle peut également coloniser des milieux dont le sol est relativement sec. Elle est associée aux sols légèrement acides à neutres (www.infoflora.ch) Elle apprécie les endroits lumineux. (Lauber et Wagner, 2007).

Ces facteurs écologiques font que nous la trouvons dans 3 types de milieux différents : les prairies à molinie (*Molinion*), les bas-marais baso-neutrophiles (*Caricion davallianae*), mais également dans les mégaphorbiaie marécageuses (*Filipendulion*) (Gonseth, 1993 ; Delarze et Gonseth, 2008).

2.3.4 Les différents milieux

2.3.4.1 La prairie à molinie (Molinion caeruleae)

Figure 7 : Prairie à molinie (Molinion) où sont bien visibles les sanguisorbes officinales, ainsi que la molinie bleue (Source : Wikipedia Selino-Molinietum)

Les prairies à molinie (fig. 7) évoluent sur sols calcaires pauvres en nutriments mais riches en matière organique. Ce type de prairie se trouve typiquement où le niveau de la nappe phréatique fluctue sur une faible profondeur. Il peut également y avoir des périodes courtes de sécheresse édaphique. Ce milieu se trouve, en Suisse, de 200 à 1500m (Delarze et Gonseth, 2008 ; Guérin et Darinot, 2005).

Le *Molinion* est caractérisé par la dominance de la molinie bleue *Molinia caerulea* ((L.) Moench) qui forme de grosses touffes de 1 mètre de haut. Entre ces touffes se trouvent d'autres plantes de plus petite taille occupant les plages de sol nu. Voici un exemple de quelques espèces caractéristiques de ce milieu : jonc aggloméré (*Joncus conglomeratus,* Linnaeus), ail anguleux (*Allium angulosum,* Linnaeus) gratiole

officinale (*Gratiola officinalis*, Linnaeus), gesse des marais (*Lathyrus palustris*, Linnaeus), petite scorsonère (*Scorzonera humilis,* Linnaeus), onenanthe de Lachenal (*Oenanthe lachenalii*, Gmel.), jonc à fleurs aigües (*Juncus acutiflorus*, Ehrh. Ex Hoffm.) et sanguisorbe officinale (Delarze et Gonseth, 2008 ; Guérin et Darinot, 2005).

Ces prairies devenues très rares en Suisse le sont également dans la Grande Cariçaie, où elles ne représentent que 3 % des marais cartographiés (Clerc, 2002). Au niveau national, c'est l'intensification des pratiques agricoles en plaine et l'abandon des surfaces peu productives de montagne qui a conduit à leur régression (Delarze et Gonseth, 2008). L'engraissement, le drainage et l'abandon ne sont pas supportés par ces prairies qui nécessitent des fauches tardives avec évacuation de la litière entre août et septembre (Delarze et Gonseth, 2008). Elles étaient autrefois utilisées comme prés à litière. Abritant de nombreuses espèces rares, notamment des orchidées protégées et des plantes spécialistes des sols à humidité variable, la richesse floristique varie beaucoup d'une prairie à l'autre (Delarze et Gonseth, 2008).

Dans la Grande Cariçaie, Clerc subdivise le *Molinion* en 2 unités de végétation dans sa « Typologie et cartographie de la végétation de la rive sud du lac de Neuchâtel, d'Yverdon à Cudrefin » (2002) :

- **Prairie à molinie (variante sèche) :**
  « […] Ces unités se présentent souvent comme d'étroites bandes longilignes en lisière forestière. L'unité 2 est dominée par la molinie bleue (*Molinia caerulea*) et la laiche de Host (*Carex hostiana*). Les relevés de référence qui définissent cette unité possèdent la biodiversité la plus élevée. Ses surfaces abritent l'ophrys abeille (*Ophrys apifera*) VU/VU, le pissenlit des marais (*Taraxacum palustreI*) LC/NT, l'orchis militaire (*Orchis militaris*) NT/VU et l'ophrys mouche (*Ophrys insectifera)* NT/VU. »

- **Prairie à molinie (variante humide) :**
  « Elle se distingue de l'unité précédente par une biodiversité moindre, une présence plus faible de la laiche de Host (*Carex hostiana*) et la présence d'espèces plus hygrophiles telles que le roseau commun (*Phragmites australis*), le cirse des marais (*Cirsium palustre*) et l'eupatoire chanvrine (*Eupatorium cannabinum*). »

2.3.4.2 *La parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*)*

La parvocariçaie (fig. 8) est un bas-marais où les cypéracées basophiles (laîches, choins, scirpes et linaigrettes) dominent le milieu. Elles forment des sortes de pelouses denses et généralement moins de 50 cm de hauteur (Delarze et Gonseth, 2008 ; Lopez-Pinot, 2010). Les types de sol sur lesquels nous trouvons cette association sont variés. Ils peuvent être minéraux, calcaires, silicatés sur gley ou encore tourbeux. Ils restent le plus souvent riches en bases et en calcaire. L'alimentation en eau est tamponnée oligo- à mésotrophes, généralement pauvre en oxygène dissout (Delarze et Gonseth, 2008).

Figure 8 : Parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) (Source : www.infoflora.ch ©Michael Jutzi – Portalban)

Les plantes caractérisant cette alliance sont la laiche de Davall (*Carex davalliana* Sm.), le choin noirâtre (*Schoenus nigricans*, Linnaeus), le choin ferrugineux (*Schoenus ferrugineus* Linnaeus), la laiche faux-panic (*Carex panicea* Linnaeus), le trichophore gazonnant (*Trichophorum cespitosum* Hartm.), la petite massette (*Typha minima* Funck), la linaigrette à larges feuilles (*Eriophorum latifolium* Hoppe) et la spiranthe d'été (*Spiranthes aestivalis* (Poir.) Rich.). Elle abrite souvent de nombreuses orchidées, dont certaines sont

rares. Notons que dans la description de ce milieu par Delarze et Gonseth (2008), la sanguisorbe n'est pas considérée comme une espèce en faisant partie. Elle est tout de même souvent présente (obs. personnelle ; Gonseth 1993).

En Suisse, ce milieu reste répandu (Delarze et Gonseth, 2008). C'est d'ailleurs le milieu le plus représenté des surfaces de marais de l'inventaire des bas-marais d'importance nationale. Dans la Grande Cariçaie, il représente 15 % des surfaces de marais cartographiées. Il est cependant menacé par l'embroussaillement à cause du manque d'inondation depuis la deuxième correction des eaux du Jura (Clerc, 2002). Comme pour le *Molinion*, Clerc (2002) subdivise le *Caricion davallianae* en trois unités de végétations :

- **Prairie à choin (variante sèche) :**
  « Delley, Champmartin et Cudrefin ainsi que dans les clairières reculées de l'ensemble de la rive. Dominée par le choin noirâtre (*Schoenus nigricans*) et la molinie bleue (*Molinia caerulea*), elle abrite la violette à feuilles de pêcher (*Viola persicifolia*) EN/EN, la spiranthe d'été (*Spiranthes aestivalis*) VU/VU, l'orchis des marais (*Orchis palustris* Jacq.) VU/VU, l'inule de Suisse (*Inula helvetica*) VU/VU et la gentiane pneumonanthe (*Gentiana pneumonanthe*) VU/VU. » C'est dans cette variante que nous pouvons trouver de la sanguisorbe officinale (Gander, com. per., 2013).
- **Prairie à choin (variante humide)**
  « Cette unité forme souvent des tâches nettement délimitées à proximité des prairies à marisque. La végétation y est très basse, dominée par la laiche faux-panic (*Carex panicea*). Elle abrite la laiche de Buxbaum (*Carex buxbaumii*) EN/EN. »
- **Prairie à laiche faux-panic**
  « Cette unité se différencie de [la prairie à choin (variante sèche)] par la présence plus marquée ou l'apparition d'espèces hygrophiles telles que le roseau commun (*Phragmites australis*), l'hydrocotyle commun (*Hydrocotyle vulgaris*), le gaillet des marais (*Galium palustre*), la scutellaire à casque (*Scutellaria galericulata*), la marisque (*Cladium mariscus*) et la menthe aquatique (*Mentha aquatica*). »

2.3.4.3 *La mégaphorbiaie marécageuse (*Filipendulion ulmariae*)*

Figure 9 : Mégaphorbiaie marécageuse (*Filipendulion ulmariae*) à la végétation dense avec les infloresences de sanguisorbe officinale bien visibles (Source : www.infoflora.ch ©Peter Bolliger – Schmerikon)

Cette mégaphorbiaie (fig. 9) est représenté par une végétation hygrophile* de hautes herbes denses, principalement par les dicotylédones. De par la taille du feuillage des plantes qui la compose, la présence de plantes de petite taille et de graminées est limitée. Cette mégaphorbiaie se trouve sur sol riche en nutriments et en matière organique. Il est aussi humide, la plupart du temps hygromorphe. Ceux-ci ne subissent cependant pas d'inondations prolongées. C'est un milieu très productif et stable (Delarze et Gonseth, 2008).

Ce groupement est dominé par la reine des prés (*Filipendula ulmaria* Linnaeus), qui donne également son nom à l'alliance, et souvent l'angélique sauvage (*Angelica sylvestris* Linnaeus). Les autres plantes qui caractérisent le *Filipendulion* sont le pigamon jaune (*Thalictrum flavum* Linnaeus), le millepertuis un peu obtus (*Hypericum*

maculatum ssp. *Obtusiusculum* (Tourlet) Hayek), l'agrostide géante (*Agrostis gigantea* Roth), l'épilobe hérissé (*Epilobium hirsutum* Linnaeus), la salicaire commune (*Lythrum salicaria* Linnaeus), ainsi que la valériane officinale (*Valeriana officinalis* Linnaeus) et la sanguisorbe officinale (Delarze et Gonseth, 2008).

La mégaphorbiaie marécageuse est répandue et même en expansion en Suisse. Cette augmentation de surface se fait au détriment de zones marécageuses abandonnées. Un recul de cette alliance est cependant visible en plaine dû à l'intensification de l'agriculture, la principale menace étant le drainage (Delarze et Gonseth, 2008).

3 Matériel et méthodes

3.1 L'échantillonnage des fourmis

3.1.1 Méthode d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage des fourmis consiste en un piège rendu attractif par le biais d'un appât. L'avantage de cette méthode est son caractère sélectif envers les formicidés, contrairement au piège Barber où toute la faune du sol peut potentiellement être échantillonnée. L'autre avantage est qu'elle ne porte pas atteinte à la fourmilière et n'est pas invasive pour celle-ci (Jurt, 2006). De même, le fait que ce type de piège n'attire que peu ou pas d'insectes autres que la myrméco-faune est avantageux : il nous permet de voir quelles espèces de fourmis sont présentes et donc quel sont les espèces compétitrices pour la fourmi-hôte.

La méthode utilisée m'a été conseillée par Anne Freitag, Jérôme Pellet et Antoine Gander lors d'une rencontre en février. De plus, elle est déjà utilisée dans la Grande Cariçaie pour le suivi des fourmis du genre *Myrmica* pour la métapopulation de Champmartin. Elle a également été utilisée pour de nombreux travaux, en Suisse comme à l'étranger comme par Jurt (2006), Elmes et *al*. (1989) ainsi que Dierks et Fischer (2009).

La méthode en soi consiste en un tube Eppendorf (contenance de 2 ml, diamètre de 10 mm) rempli à moitié de ouate imbibée d'une solution sucrée constituée de miel et d'eau. Les fourmis viennent alors se nourrir dans le tube. Les pièges sont laissés en place entre 60 et 75 minutes, puis les fourmis présentes sont récoltées et misent dans des tubes en verre rempli d'alcool à 70% muni d'une étiquette indiquant le numéro et le nom de la station, l'identifiant du point de piégeage et du piège ainsi que la date de récolte (fig. 10).

3.1.2 Nombre et emplacement des pièges

Le but étant de déterminer la densité relative de la fourmi *Myrmica rubra*, le nombre de pièges sur chaque site étant proportionnel à la taille de celui-ci (fig. 10). Anne Freitag ayant conseillé de mettre 5 points d'échantillonnage sur une surface de 200 m^2, nous avons alors mis 5 points sur la plus petite surface faisant 190 m^2. Dans les différentes stations, il existe deux types de distribution de la sanguisorbe :

- Linéaire : sites situés le long d'un chemin pédestre/cycliste ou d'une route
- Surfacique : sites situés dans des prairies

Figure 10 : *Myrmica* en plein nourrissage dans un tube d'échantillonnage sur la station de la Rochette. En bas à droite, un exemple des étiquettes d'identification.

Pour chaque point d'échantillonnage, 5 pièges sont placés. 1 au centre, qui correspond à la coordonnée GPS, ainsi que 4 autres placés à 1 m du premier et placés selon les 4 points cardinaux : nord, est, ouest et sud (fig. 13). Cette disposition permet d'échantillonner une surface d'environ 28 m^2 en partant du principe d'Elmes et *al.* (1998) que les espèces du genre *Myrmica* fourrage à une distance de 2 m autour du nid.

Figure 11 : À gauche, un piquet indiquant un point de piégeage ainsi que un double-mètre afin de mesurer les distances de 1 m depuis le point central. À droite, les panneaux d'informations posés afin d'informer le public.

La première étape a été de choisir aléatoirement les points d'échantillonnage à partir du SIG ArcGis. La surface occupée par les sanguisorbes étant cartographiée chaque année par le Bex, nous avons délimité le contour de chaque site en suivant celui des sanguisorbes officinales. Une grille a été créée afin de réaliser le choix aléatoire au moyen du plug-in « Sampling Design Tool » (Pellet, com. per., 2013).

La seconde étape a été d'aller marquer chaque point d'échantillonnage à l'aide d'un piquet sur le terrain. Les piquets ont été placés à l'aide d'un GPS. Cela permet un échantillonnage plus rapide sur le terrain mais aussi de minimiser les différences potentielles de résultats dûes à la météo. Comme certaines stations se trouvent dans des endroits fréquentés, un panneau informatif a également été posé afin d'expliquer la présence des piquets (fig. 11). Ce travail a été réalisé sur une journée le 3 juin 2013 avec l'aide d'un civiliste du BEx. Lors de cette journée, les stations n°400 Corbière ainsi que n°700 Grèves de la Motte était inondées. La première avait une hauteur de 20 à 50 cm d'eau et la deuxième entre 10 et 20 cm. À Corbière, nous avons pu observer des « radeaux » de fourmis du genre *Myrmica* flottant accrochés à la vegetation (fig. 12).

En tout, sur 121 point d'échantillonnages, 610 pièges ont été posés en 4 jours de terrains ayant eux lieux en fonction de la météo : le 19, 25 et 26 juin ainsi que le 1 juillet 2013. Une fiche d'échantillonnage (annexe 2), une carte de chaque station (annexe 3) ainsi qu'une check-list du matériel (annexe 4) a été réalisée afin de ne rien oublier.

Figure 12 : "Radeaux" de fourmis du genre *Myrmica* sur la station de Corbière.

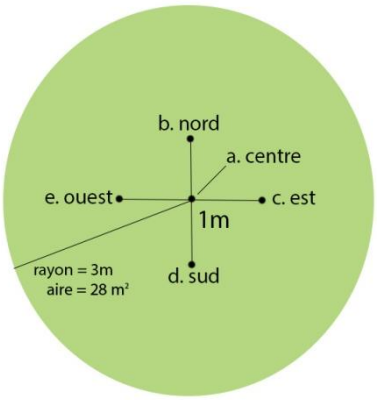


Figure 13 : Schéma représentant la méthode d'échantillonnage. Les points représentent les pièges et la surface verte la zone d'influence des pièges. 1m est la distance entre deux pièges et 2m est la distance de fourragement que parcours *Myrmica* sp. (Just, 2006)

3.1.3 La détermination des fourmis

Ayant déjà des connaissances sur les fourmis, la détermination jusqu'au genre s'est faite à l'œil nu de manière rapide, excepté pour un genre de très petite taille. Pour le reste des identifications, une loupe binoculaire à été utilisée. Les fourmis du genre *Myrmica* ont été déterminées jusqu'à l'espèce, ainsi que certains autres genres récoltés présents en petit nombre. Pour les autres, l'identification s'est arrêtée au genre.

Différents ouvrages et supports ont été utilisés pour la détermination :

- DELLA SANTA E. (1994), Guide pour l'identification des principales espèces de fourmis de Suisse. Micellanea faunistica helveticae. Centre Suisse de cartographie de la faune (CSCF), Neuchâtel, 124 p.
- WARDLAW J.C., ELMES G.W. & THOMAS J.A (1998), Techniques for studying *Maculinea* butterflies : II. Identification guide to *Myrmica* ants found on *Maculinea* sites in Europe. Journal of Insect Conservation, 2 : p. 119-127
- SEIFERT B. (1996), Ameisen beobarchten und bestimmen. Naturbuch-Verlag Ausburg, 352 p.
- KUTTER (1977), Insecta Helvetica 6. Hymenoptera : Formicidae. Fororotar AG, Zurich, 298 p.
- La clé d'identification dichotomique en ligne des fourmis de France créé par Claude Lebas : http://cle.fourmis.free.fr/

3.2 Les paramètres stationnels

Diverses autres données écologiques ont été récoltées sur le terrain ou étaient déjà existante dans les bases de données du BEx. Ainsi, 6 types de données ont été enregistrés pour chaque station (annexe 5):

3.2.1 La hauteur de la végétation

Cette mesure a été réalisée sur le terrain le 18 juillet 2013 en cm. En relation avec le caractère variable de ce paramètre, il est à prendre avec précaution, mais permet d'avoir une idée de la taille moyenne de la végétation. Les hauteurs relevées lors du terrain sont disponibles en annexe 6.

3.2.2 Le type de végétation

Le BEx possède une cartographie de la végétation précise réalisée par Christian Clerc, botaniste du BEx. La dernière date de 2010-2011. Leur cartographie est plus précise que la typologie suisse de Delarze et Gonseth (2008), subdivisant celle-ci en plusieurs unités de végétation. Les deux typologies sont indiquées pour garder le maximum d'informations. Les données ont donc été reprises sur le SIG du BEx pour chaque point d'échantillonnage (annexe 7 et 8).

3.2.3 Le type de sol

Les fourmis nidifiant le plus souvent dans le sol, il nous a paru indispensable de réaliser un sondage rapide à la tarière afin de déterminer la nature du sol. Une journée (18 juillet 2013) a été nécessaire afin de parcourir les stations avec Antoine Gander et de réaliser les sondages. Ceux-ci nous ont permis d'examiner le sol en prenant compte différents aspects : l'humus, la matière organique, la texture de la terre fine, la limite des horizons, la couleur, les tâches ainsi que les autres remarques potentielles (annexe 9).

La détermination des sols s'est faite à d'aide des documents suivants :

- GOBAT J-M., ARAGNO M. & MATTHEY W. (2003), Le Sol vivant : base de pédologie, biologie des sols. 2ème édition. Presse polytechnique et universitaires romandes. Lausanne, 568 p.
- BUTTLER A. (1987), Étude écosystèmique des marais non biosés de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse) : Phytosociologie, pédologie, hydrodynamique et hydrochimie, production végétale, cycles biogéographiques et influence du fauchage sur la végétation. Thèse réalisée en vue de l'obtention du grade de Docteur Ès Sciences, Université de Neuchâtel. 284 p.
- PIÉGAY H., PAUTOU G. & RUFFINONI C. (2003), Les forêts alluviales des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion. Institut pour Le Développement Forestier. Paris, 464 p.
- Les profils de sols du site http://www.geographie-entdecken.de

3.2.4 L'influence de la nappe

Lors de l'observation du sol à la tarière, nous avons pu nous rendre compte de l'influence de la nappe au dessus de -20 cm grâce à la présence ou l'absence de taches d'oxydation dans le sondage (annexe 9).

3.2.5 La présence d'éléments ligneux

La présence d'arbres, arbustes ou d'embroussaillement sur le site a été enregistrée en pourcentage de recouvrement (annexe 10).

3.2.6 Décompte des pieds de sanguisorbe

Elle correspond à la densité de sanguisorbe officinale par m^2. Au vu du manque de temps, les données sont celles récoltées lors de l'année 2012 (annexe 11).

3.3 Sites d'étude

3.3.1 Choix des sites

Les sites d'échantillonnage de fourmis ont été choisis avec l'aide d'Antoine Gander et sont répartis sur l'ensemble des 40 km de rives (tab. 4 ; fig. 15). Il a été choisi d'échantillonner 9 stations avec des dynamiques de populations différentes. Nous avons donc 3 stations de chaque dynamique qui sont : de grandes populations stables, de petites populations fragiles ou encore des populations éteintes (annexe 1).

Tableau 4 : Données de base des différents sites.

N°	Nom du site	Dynamique	Coordonnées		Surface [m^2]	Altitude [m.s.m]	Point d'échantillonnage
			X	Y			
100	Châble-Perron	Grande	543373	183131	327.86	431-432	9
200	La Rochette	Éteinte	549600	184970	615.45	430-431	16
300	Font	Éteinte	552274	187557	438.55	430-432	12
400	Corbière	Petite	556447	190739	1719.19	429-430	45
500	Ostende	Petite	560734	194396	383.41	430-431	10
600	Portalban	Éteinte	563809	197149	323.79	430-431	9
700	Grèves de la Motte	Petite	564745	198200	341.82	429-430	9
800	Champmartin 1	Grande	565714	198923	245.34	430-431	7
900	Champmartin 2	Grande	566124	199279	190.45	430-431	5

3.3.2 Populations grandes et stables

3.3.2.1 Châble-Perron

Situé dans la réserve des Grèves de Cheseaux, ce site abrite une grande population stable d'azurés des paluds. Il est constitué par la bande herbeuse longeant la route cantonale Yverdon-les-bains/Yvonand, entre un passage à batracien et la forêt (fig. 14). Un fossé se trouve également sur la banquette routière. La végétation est une mégaphorbiaie marécageuse (*Filipendulion*) dense et haute. La sanguisorbe est répartie 4 zones de forte densité, donnant au total une densité de 3.81 pied/m^2. C'est la meilleure densité de toutes les stations.

Le sol en place est un remblai mis en place lors de la création de la route cantonal. La nappe n'a pas d'influence sur la station, en partie à cause du fossé qui la longe. L'embroussaillement est quasi inexistant.

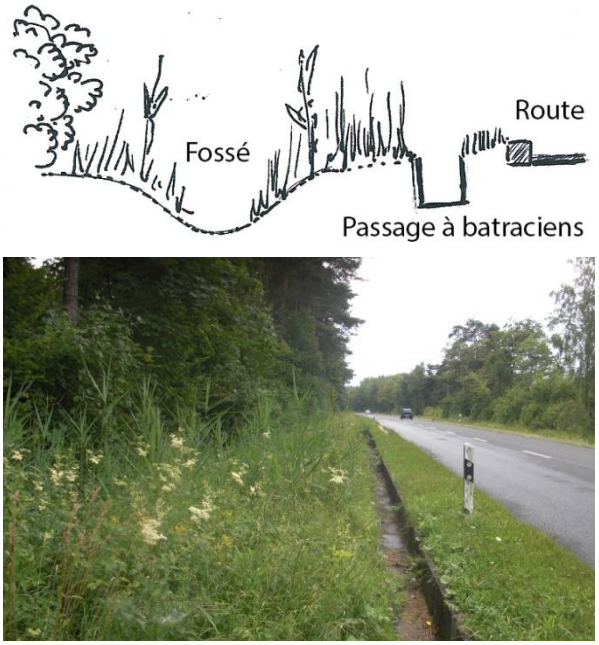


Figure 14 : En haut, shcéma de la structure de la station. En bas photo de Châble-Perron.

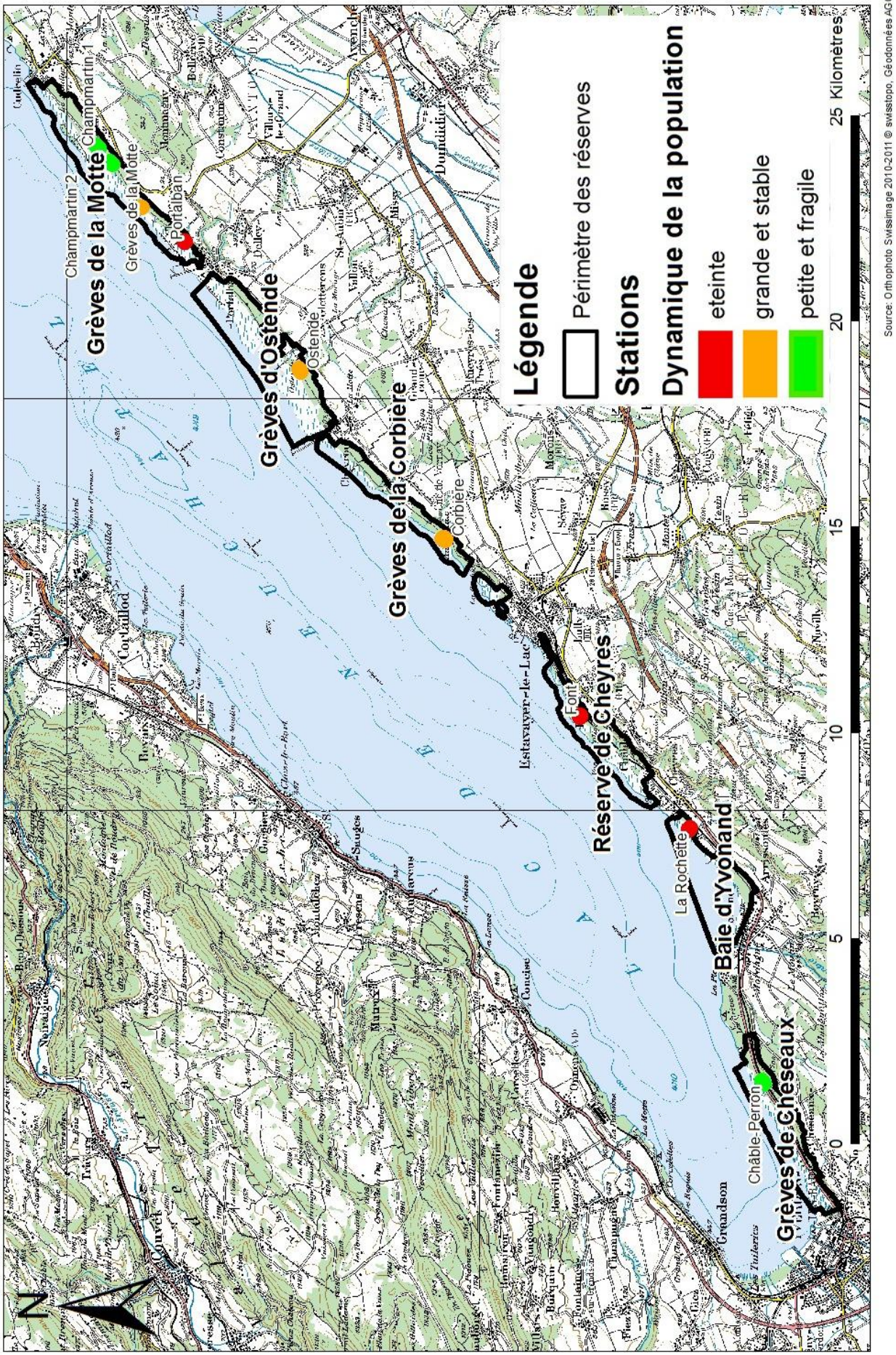


Figure 15 : Carte de situation

3.3.2.2 CHAMPMARTIN

Les 2 sites de Champmartin se trouvent sur la baquette herbeuse le long du chemin traversant la réserve des Grèves de la Motte (fig. 16). Cette grande métapopulation suivie depuis de nombreuses années fait l'objet d'un suivi des fourmis rouges *Myrmica rubra* depuis 2009.

La végétation des deux sites est similaire, formée d'une prairie à molinie (*Molinion*) à variante humide très dense. Après la banquette se trouve un fossé suivi, pour le site 1 de magnocariçaie (*Magnocaricion*) ainsi que d'une formation à marisque (*Cladietum*) et pour le site 2 d'une prairie à molinie (*Molinion*).

La sanguisorbe est pour le site 1 constituée de 2 tâches de bonne densité, avec un total de 1.24 pied/m^2. Pour le site 2, la sanguisorbe est répartie en 4 tâches de densité moyenne à élevée, pour un total de 0.84 pied/m^2.

Le sol est, pour les sites eux-mêmes, le remblai mis en place pour la création du chemin traversant la grève. Pour le site 1, le sol qui est dans le fossé d'à côté est un pseudogley primaire à anmoor-hydromull (rédoxisol). Pour le site 2, la surface se trouvant au-delà de la route ayant subi un broyage, le sol est indéterminable, tous les horizons étant perturbés.

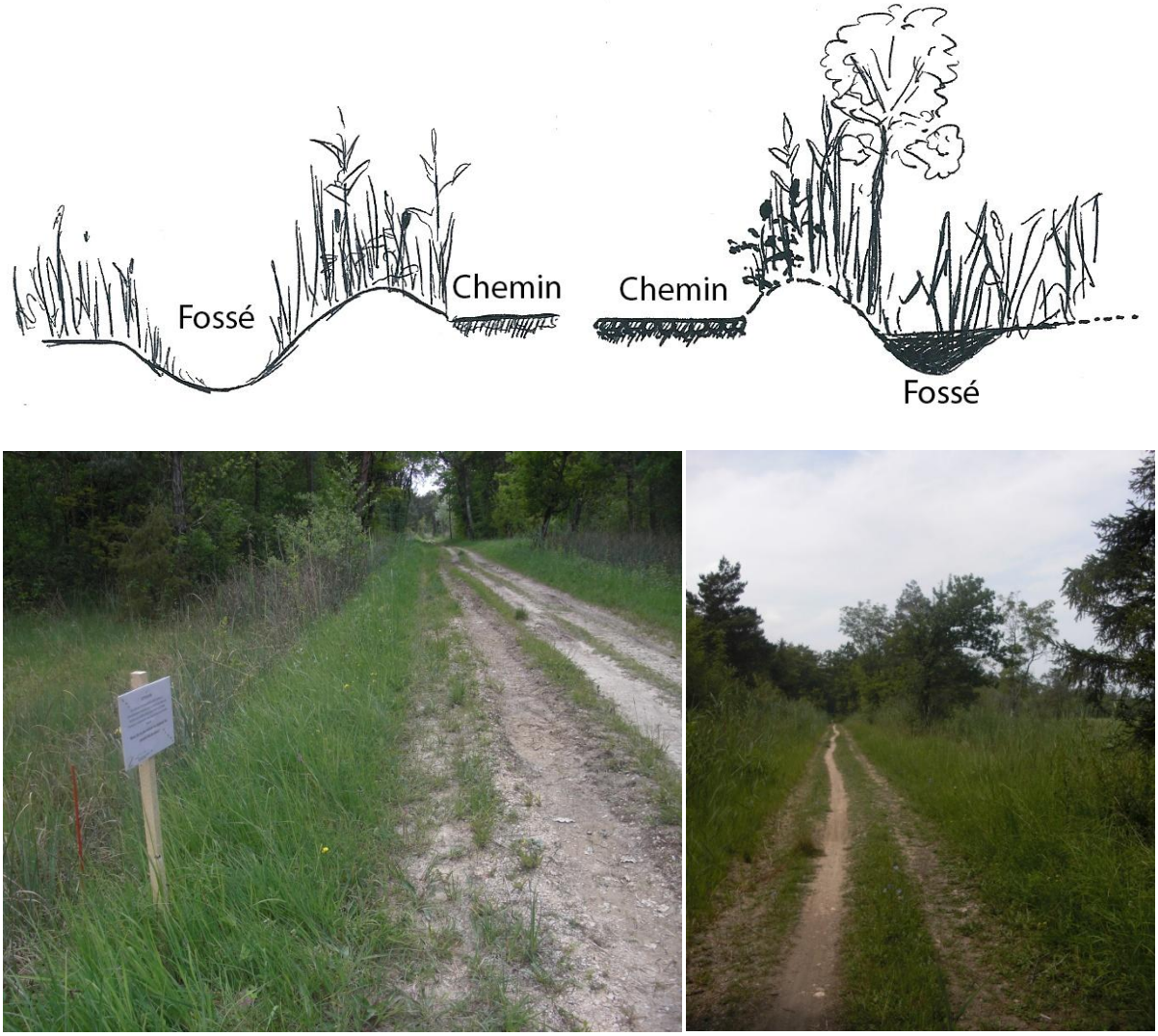


Figure 16 : En haut, les structures des deux sites. En bas les photos de Champmartin. Les images à droite corresponde au site n°1 et à droite au n°2

3.3.3 Populations petites et fragiles

3.3.3.1 Corbière

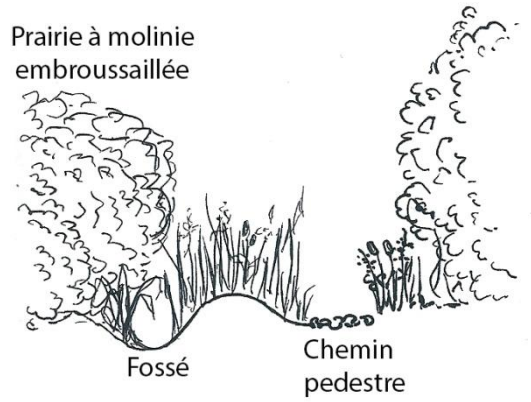
Figure 17 : La station de Corbière

La prairie accueillant la population relictuelle (1 ind. en 2012) de la réserve des Grèves de la Corbière se trouve le long d'une lisière forestière (fig. 17). Elle est composée d'une mosaïque de prairies à molinie (*Molinion*) de variante sèche et de parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) dominée par le choin noirâtre (*Schoenus nigricans*). Quelques buissons xérothermophiles sur sol neutre à alcalin (*Berberidion*) sont également disséminés dans la zone d'étude.

La sanguisorbe est répartie sur une seule grande zone à la densité très faible de 0.08 pied/m^2.

Le sol est un gley peu humifère (réductisols) dans les parties élevées de la station et un gley réduit dans les parties basses (réductisols).

Les inondations de cette prairie s'effectuent de deux manières. La première est dûe à la nappe et aux apports météoriques. La seconde cause d'inondations est la crue par le lac. A partir d'un niveau de 429.50 m d'altitude, le lac déborde par-dessus la dune littorale et envahit les marais, tel que cela a été le cas cette année entre le mois d'avril et de juin. Nous avons d'ailleurs pu observer cette prairie inondée lors de la pose des piquets le 3 juin 2013 avec un niveau de 10 à 50 cm au-dessus de celui du sol. C'est un phénomène fréquent qui intervient de façon pluri-décennales.



3.3.3.2 Ostende

C'est dans la réserve des Grèves d'Ostende et de Chevroux, qui est la plus grande de la rive sud, que se trouve la plus grande zone témoin de la Grande Cariçaie. Le site d'étude se trouve d'ailleurs en grande partie dans ce périmètre, le long d'un chemin pédestre passant entre la forêt et une prairie à molinie embroussaillée. La station est donc composée d'une bande herbeuse agrémentée d'un fosse . La prairie à molinie qui s'y trouve est une variante sèche, formant une étroite bande longiligne en lisière de la prairie embroussaillée (fig. 18), comme c'est souvent le cas pour cette unité (Clerc, 2002).

La sanguisorbe est répartie de manière régulière tout le long de la station. Sa densité est la plus faible de toute avec 0.03 pied/m^2.

Figure 18 : Structure de la station et vue du site d'Ostende.

Des sondages pédologiques ont déjà effectués sur cette zone en 2010 lors d'une thèse de bachelor de l'hepia réalisée à côté de notre site. Le sol de la prairie à molinie embroussaillée correspond à un redoxisol (Fleischner, 2010). Cela a été confirmé par nos observations. Notre site se situe sur une petite butte longeant un fossé, correspondant sûrement au déblai de la création de ce dernier. Il n'y a donc pas d'influence de la nappe.

3.3.3.3 Grèves de la Motte

Figure 19 : La station des Grèves de la Motte.

Située dans la réserve du même nom, le site des Grèves de la Motte accueil une petite population d'azurés des paluds. La prairie qui l'abrite se situe en lisière de forêt (fig. 19). Elle est composée d'une mosaïque de parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) dominée par le choin noirâtre (*Schoenus nigricans*) et de prairie à molinie (*Molinion*) de taille peu élevée. La surface est actuellement colonisée par de nombreux aulnes blancs (*Alnus incana*) et de la bourdaine (*Frangula alnus*).

Les sanguisorbes se trouvent sur une zone d'une densité de 0.39 pied/m^2.

Le sol est un gley oxidé humifère (réductisols). Cette prairie subit les inondations par la nappe mais également par crue du lac tel que c'est le cas à Corbière. Cette station a également été observée inondée lors de la pose des piquets.

3.3.4 Populations éteintes

3.3.4.1 La Rochette

Cette partie de la réserve de la Baie d'Yvonand, située en lisière de forêt, abritait jusqu'à 2011 une petite population d'azurés des paluds. Il ne reste maintenant plus que la prairie à molinie (*Molinion*) qui les accueillait. Celle-ci a une végétation haute et dense qui correspond à une variante humide (fig. 20), ayant une biodiversité plus faible et des espèces hygrophiles comme le roseau commun (*Phragmites australis*), le cirse des marais (*Cirsium palustre*) et l'eupatoire (*Eupatorium cannabinum*) (Clerc, 2002). Elle est entourée par une formation à marisque (*Cladietum*), de la parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) et de la roselière terrestre (*Phalaridion*).

Figure 20 : Le site de La Rochette

La sanguisorbe est répartie en 2 zones de faible densité donnant une densité totale de 0.22 pied/m^2.

Le sol s'apparente à un gley réduit, aussi appelé réductisols. La station est relativement haute sur la rive. Elle est de ce fait peu influencée par la variation de la nappe, et n'est pas touchée par les crues du lac. Deux arbres sont présents au beau milieu de la station, amenant de l'ombre sur celle-ci.

3.3.4.2 FONT

La population de la réserve de Cheyres – éteinte depuis 2008 – se trouvait dans une prairie à molinie en lisière forestière. Celle-ci est une variante sèche disposée en mosaïque avec de la parvocariçaie neutro-basophile (*Caricion davallianae*) dominée par le choin noirâtre (*Schoenus nigricans*), ainsi que la magnocariçaie (*Magnocaricion*). La végétation est basse. Un fort embroussaillement d'aulne blanc (*Alnus incana*) colonise actuellement la station (fig. 21).

Figure 21 : La station de Font. L'emrbousaillement est ici bien visible.

La sanguisorbe est répartie en 3 zones, 2 à la densité moyenne et 1 de faible densité pour une densité totale de 0.47 pied/m^2 sur la station.

Le sol est un gley peu humifère (réductisols), présentant des signes très visibles de variation du niveau de la nappe.

3.3.4.3 PORTALBAN

Figure 22 : Le site de Portalban

Cette station, située en lisière forestière (fig. 22), se trouve dans la réserve des Grèves de la Motte. La prairie qui accueillait la population jusqu'à sa disparition en 2008 est composée de molinie (*Molinion*), mais également d'une formation à marisque (*Cladietum*). La végétation y est très basse (< 30 cm) comparée aux autres stations.

La sanguisorbe s'y trouve en deux zones de faible densité pour une densité total de 0.16 pied/m^2.

Le sol est de type gley peu humifère (réductisols). Il est influencé par la nappe, mais ne subit peu ou pas d'inondation au vu de sa hauteur sur la rive. Néanmoins, de petites dépressions humides sont présentes.

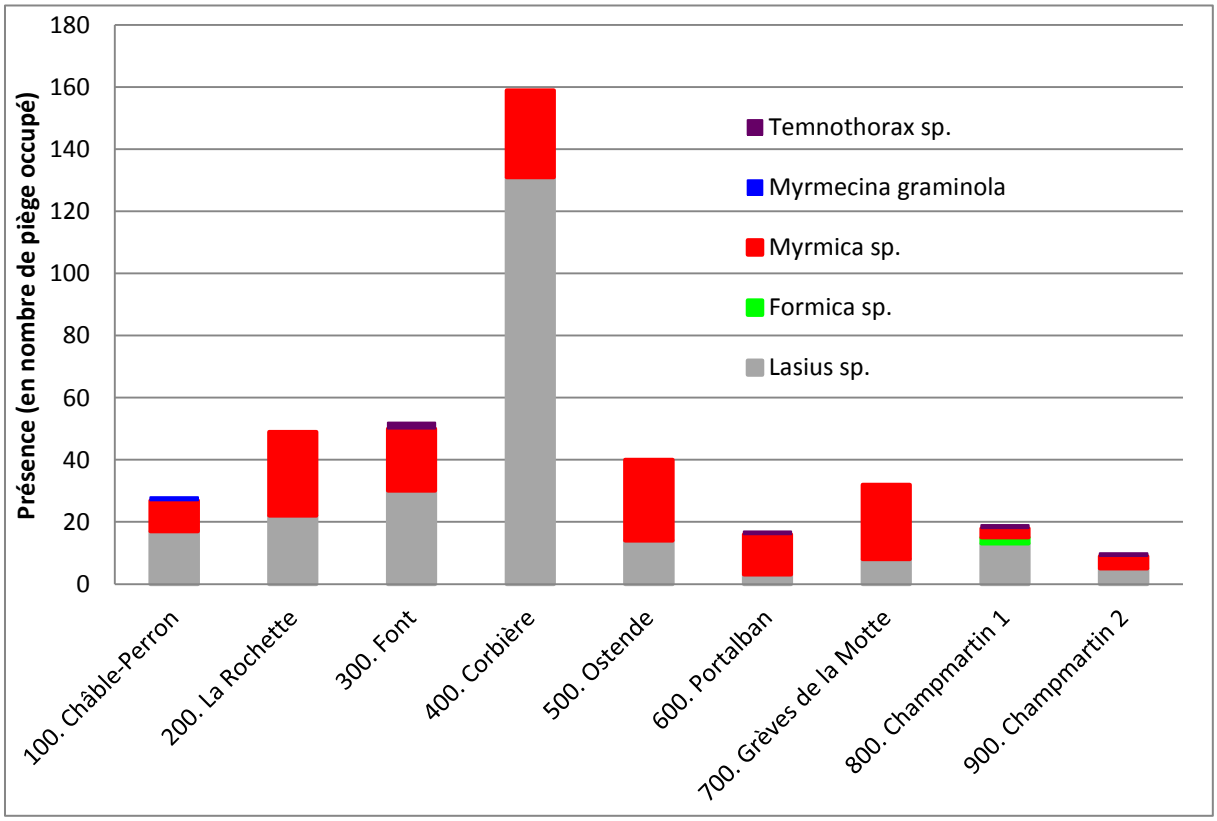
4 Résultats

4.1 L'échantillonnage de fourmis

En tout, 5043 fourmis appartenant aux genres *Myrmica*, *Lasius, Formica, Myrmecina* et *Temnothorax* (graph. 1) ont été échantillonnées (annexe 12 ; annexe 13 ; annexe 14). Les genres les plus présents sont *Lasius* et *Myrmica,* alors que la présence des 3 autres est anecdotique.

Généralement, les pièges ne contenaient qu'une espèce, à l'exception de 14 sur les 121 occupés. Dans presque tous les cas, soit la deuxième espèce était de petite taille (*Myrmecina* et *Temnothorax*), soit la première espèce dans le piège s'était engluée et noyée dans le liquide attractif. Une observation intéressante a été faite sur un piège de la station d'Ostende, où une espèce du genre *Myrmica*, occupant le piège, se faisait littéralement sortir du tube par les fourmis du genre *Lasius*.

Dans 4 stations, La Rochette, Ostende, Portalban et Grèves de la Motte, la présence du genre *Myrmica* est dominante par rapport à la présence du genre *Lasius* (annexe 15). Alors que dans les 5 autres stations, le genre *Lasius* domine.



Graphique 1 : Histogramme de la présence des différentes espèces

Le taux d'occupation moyen des pièges, toutes stations confondues, est de 62 %. Le taux d'occupation des pièges le plus élevé est de 85 % à Font et le plus bas de 38 % à Portalban. Le taux d'occupation bas de la station de Champmartin 1 peut s'expliquer par le fait que les pièges b. nord et et e. ouest se trouvait régulièrement dans le fossé longeant le chemin et donc, dans l'eau. Nous arrivons à un taux d'occupation, toutes stations confondues, pour *Myrmica rubra* de 14 %. C'est peu, sachant que le taux obtenu lors du suivi annuel réalisé depuis 2009 dans la réserve des Grèves de la Motte avoisine les 40% (Gander, com. per., 2013).

Au total 3 espèces du genre *Myrmica* ont été échantillonnées : *Myrmica rubra, Myrmica ruginodis* et *Myrmica scabrinodis*. Seule *Myrmica rubra* est présente dans toutes les stations. La présence de *Myrmica ruginodis* reste anecdotique par rapport à celle des deux autres.

4.2 La densité relative

Tableau 5 : Synthèse de différentes données relatives à l'échantillonnage.

								Nombre de pièges occupés par										Densité [pièges occupés / m²]		
Station	**Taille station [m²]**	**Nombre de quadrats**	**Nombre de quadrats échantillonnés**	**Surface quadrats [m²]**	**Surface échantillonnés [m²]**	**Nombre de piège**	**Nombre de pièges occupés**	*Lasius* sp.	*Formica* sp.	*Myrmica scabrinodis*	*Myrmica ruginodis*	*Myrmica rubra*	*Myrmecina graminola*	*Temnothorax* sp.	**% de piège occupé**	**% occupé par *Myrmica rubra***	**% occupé par *Lasius* sp.**	*Myrmica rubra*	*Lasius* sp.	*Myrmica scabrinodis*
100. Châble-Perron	327.86	17	9	612	252	45	27	17		1		9	1		60.00	20	37.78	0.20	0.38	0.02
200. La Rochette	615.45	31	16	1116	448	80	49	22		17		10			61.25	12.50	27.5	0.13	0.28	0.21
300. Font	438.56	19	12	684	336	60	51	30		4	3	13		2	85.00	21.67	50	0.22	0.50	0.07
400. Corbière	1719.2	75	45	2700	1260	225	159	131		12	7	9			70.67	4	58.22	0.04	0.58	0.05
500. Ostende	383.42	17	10	612	280	50	40	14		8		18			80.00	36	28	0.36	0.28	0.16
600. Portalban	323.8	16	9	576	252	45	17	3		4	3	6		1	37.78	13.33	6.67	0.13	0.07	0.09
700. Grèves de la Motte	341.82	14	9	504	252	45	31	8		18	4	2			68.89	4.44	17.78	0.04	0.18	0.40
800. Champmartin 1	245.34	18	7	648	196	35	19	13	2			3		1	54.29	8.57	37.14	0.09	0.37	0.00
900. Champmartin 2	190.45	17	5	612	140	25	10	5		1		3		1	40.00	12	20	0.12	0.20	0.04

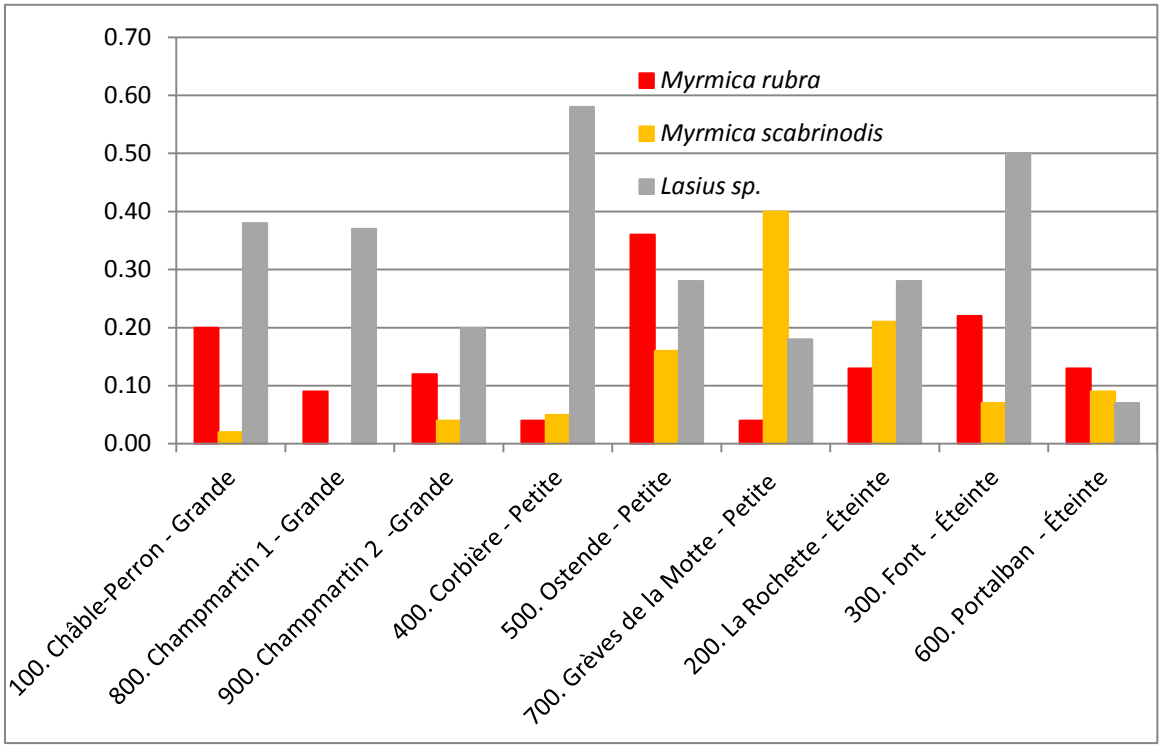
La surface échantillonnée pour chaque point de piégeage est de 28 m² (fig. 13). Comme il y a 5 pièges par point, chaque piège échantillonne en théorie 5.8 m².

Afin de calculer la densité relative de chaque station pour une espèce donnée, nous prenons donc le nombre de piège occupé par l'espèce choisie sur toute la station (tab. 5). Mais nous avons également besoin de la surface échantillonnée au total– à ne pas confondre avec la surface de la station – qui correspond à la surface occupée par tous les points de piégeage de la station.

$$Surface\ échantillonnée = \text{nombre de points de piègeage x } 28\ \text{m}^2$$

Le calcul de la densité relative peut alors être réalisé de la manière suivante :

$$Densité\ relative = \frac{\text{Nombre de pièges occupées par l'espèce A x } 5.8\ \text{m}^2}{\text{Surface échantillonnée}}$$



Graphique 2 : Représentation de la densité relative pour les 3 espèces principales. Les stations sont classeée par dynamique de population.

La densité relative est calculée en nombre de pièges occupés/m^2. Elle n'a été calculée que pour les espèces dont la présence est notable, tel que *Lasius* sp., *Myrmica scabrinodis* et *Myrmica rubra*. Dans 6 stations, la densité de *Lasius* sp. dépasse celle des *Myrmica* sp. . *Myrmica rubra* a une densité relative plus élevée que *myrmica scabinodis* dans 6 cas sur 9 (graph. 2).

La densité moyenne, toutes stations confondues est pour *Lasius* sp. de 0.32 par m^2, pour les *Myrmica scabrinodis* de 0.12 par m^2 et de 0.15 par m^2 pour *Myrmica rubra.* La densité la plus basse est de 0.02 et concerne *Myrmica scabrinodis*. La plus haute est de 0.58 et concerne *Lasius* sp. .

La densité de *Myrmica rubra* est plus élevée que sa moyenne dans 3 cas. Les stations ayant les plus faibles densités sont celle de Corbière et des Grèves de la Motte, avec une densité très faible de 0.04 ainsi que Champmartin 1, dont la donnée est à prendre avec précaution à cause du biais créée par le fossé en eau lors de l'échantillonnage et des pièges s'y trouvant. La station ayant la densité la plus élevée est Ostende, avec un résultat bien au-dessus de la moyenne avec une densité de 0.36.

La densité de *Myrmica scabrinodis* est plus élevée que sa moyenne dans 2 cas. Les stations ayant les densités les plus faibles sont Champmartin 1 avec aucune capture, Châble-Perron, ainsi que Champmartin 2 avec une densité très faible de moins de 0.05. La station Corbière suit de près avec 0.05.

La densité de *Lasius* sp. est supérieure à sa moyenne dans 4 cas. Les stations ayant les plus petites densités sont Portalban, avec une densité en-dessous de 0.10. Viennent ensuite la station des Grèves de la Motte et de Champmartin 2, avec des valeurs située entre 0.18 et 0.20. La station ayant la plus forte densité est Corbière avec 0.58 suivie de près par Font avec 0.50.

5 Discussion et interprétation

ID	Stations	Dynamique	Forme de la station	Densités [Pièges occupé/m²]			Hauteur moyenne de la végétation [cm]	Type de sol	Influence de la nappe en surface	Végétation ligneuse : Recouvrement	Densité de sanguisorbe [pied/m2]	végétation dominante sur les points de piégeage	Type et fréquence d'entretien
				Myrmica rubra	*Myrmica scabrinodis*	*Lasius* sp.							
100	Châble-Perron	Grande	linéaire	0.20	0.02	0.38	91.33	Remblais	nulle	1%	3.81	*Filipendulion*	1 fauche après le 15 septembre
800	Champmartin 1	Grande	linéaire	0.1	0	0.37	79.44	Remblais	nulle	80%	1.24	*Molinion* (variante humide)	
900	Champmartin 2	Grande	linéaire	0.1	0.04	0.20	88.50	Remblais	nulle	5%	0.84	*Molinion* (variante humide)	
400	Corbière	Petite	surfacique	0	0.05	0.58	38.78	Réductisols - gley peu humifère	grande	15%	0.08	*Molinion* (variante sèche)	
500	Ostende	Petite	linéaire	0.4	0.16	0.28	70.11	Réductisols - gley réduit	nulle	80%	0.03	*Molinion* (variante sèche)	
700	Grèves de la Motte	Petite	surfacique	0	0.40	0.18	32.50	Réductisols - gley peu humifère	grande	10%	0.39	*Molinion* (variante sèche)	
200	La Rochette	Éteinte	surfacique	0.1	0.21	0.28	114.11	Réductisols - gley réduit	moyenne	4%	0.22	*Molinion* (variante humide)	
300	Font	Éteinte	surfacique	0.2	0.07	0.50	60.56	Réductisols - gley peu humifère	moyenne	40-50%	0.47	*Molinion* (variante sèche)	
600	Portalban	Éteinte	surfacique	0.1	0.09	0.07	28.67	Réductisols	moyenne	5%	0.16	*Molinion* (variante sèche)	

Tableau 6 : Synthèse des différents paramètres stationnels et des densités par dynamique de population.

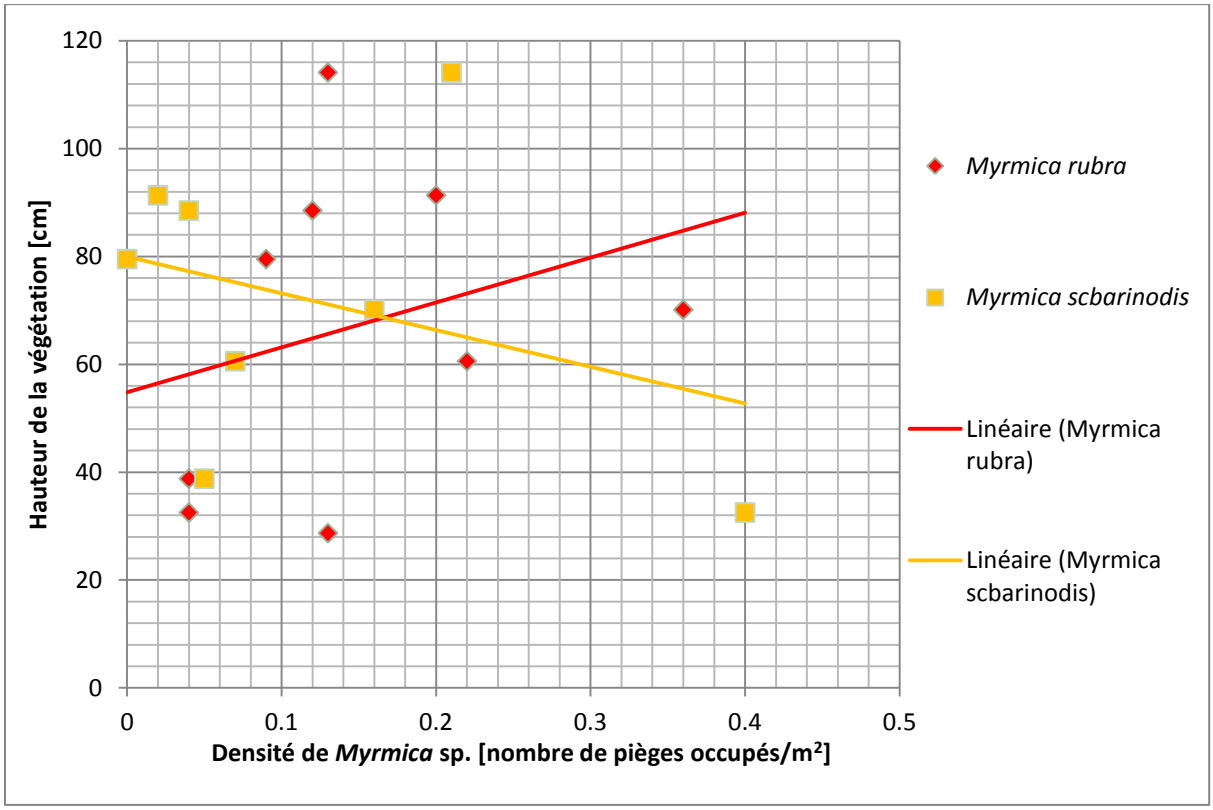
5.1 Conditions aux maintiens d'une population

Selon Elmes et Thomas (1987a), 4 conditions principales sont nécessaires à la prospérité d'une population de *Maculinea* :

- La présence assez abondante de la plante-hôte, ainsi que des fleurs lors de la période de ponte.
- Un nombre suffisant de fourmilières de *Myrmica rubra* à proximité des plantes. Celles-ci doivent se trouver dans l'aire de fourragement des fourmis pour que les chenilles aient plus de chance d'être trouvées.
- Les sanguisorbes doivent être assez dispersées ; si elles sont trop concentrées, les chenilles sont recueillies dans un nombre trop faible de fourmilières, épuisant le couvain de celles-ci.
- Les fourmilières doivent avoir un assez grand nombre d'ouvrières, car une chenille dévore environ 600 larves de fourmis.

Pour avoir un nombre suffisant de fourmilières dans l'habitat, ce dernier doit correspondre à certains critères. En fonction des facteurs d'insolation, de température ou d'hydrologie, l'espèce favorisée sera différente (Rozier, 1999). Les sous-chapitres suivant sont dédiés à l'analyse et l'interprétation des différents paramètres stationnelss ainsi que d'autres critères considérés comme importants.

5.2 Hauteur de la végétation



Graphique 3 : Corrélation de la hauteur de la végétation et de la densité de *Myrmica* sp.

En ce qui concerne la hauteur de la vegetation , pour *Myrmica rubra*, deux des trois densités les plus faibles se trouvent sur des stations ayant une végétation de moins de 50 cm (graph. 3) : ce sont les stations des Grèves de la Motte et de Corbière. Les meilleures densités se trouvent là où la végétation est d'une taille moyenne de 60 à 70 cm, aux stations de Font et de Ostende. La végétation plus haute semble permettre le maintien d'une population d'une densité moyenne de *Myrmica rubra* de 0.10 à 0.20.

La hauteur de la végétation paraît également être un critère déterminant pour *Myrmica scabrinodis*. Les sites de Champmartin (1 et 2), ainsi que Châble-Perron à la végétation haute et dense comportent les densités les plus basses. Dans ces stations à la végétation importante, la densité de *Myrmica rubra* est toujours supérieure à celle de *Myrmica scabrinodis*. La station de La Rochette semble montrer le contraire, mais si nous regardons la répartition dans l'espace (annexe 13) des pièges ayant attiré les fourmis de cette espèce, tout en connaissant la structure de la végétation, nous nous sommes rendu compte qu'elle se situait principalement dans une zone à la végétation plus basse. L'espèce cherche donc les situations exposées et évite les zones à végétation dense et haute, où la température au sol sera moindre. Ces observations sont en accord avec celles des auteurs ayant étudié l'écologie de cette espèce et lui donnant une préférence pour les stations plus ouvertes et donc une insolation plus importante au sol (Jurt, 2006 ; Elmes et Thomas, 1992). La station d'Ostende tend, quant à elle, à prouvé le contraire, car elle accueille une des meilleures densités de *Myrmica scabrinodis* malgré sa végétation dense et son exposition faible due à sa présence entre la forêt et une prairie à molinie fortement embroussaillée.

Ces deux observations concernant les deux espèces de *Myrmica* ont également été faites par Jurt (2006) dans les marais de l'Ouest Suisse, où le profil écologique de *Myrmica rubra* correspond à une végétation haute, contrairement à *Myrmica scabrinodis* qui semble privilégier une végétation basse.

Les sites ayant une dynamique de population stable ont une végétation haute, supérieure à 75 cm (tab. 6). Pour les stations ayant une dynamique de population faible et celle éteinte, la végétation est inférieure à 75 cm, sauf dans le cas de La Rochette.

5.3 Type de végétation

Exceptée la station de Châble-Perron où la végétation correspond à une mégaphorbiaie marécageuse (*Filipendulion*), tous les sites sont des prairies à molinie (*Molinion*) (tab. 6). Comme vu précédemment dans le chapitre concernant les milieux, le *Molinion* est différencié en deux types dans la cartographie de la végétation de la Grande Cariçaie, une variante sèche et une variante humide. Bien entendu, type de végétation ainsi que humidité et hauteur de végétation sont intimement liés, il est donc normal qu'il y ait une corrélation semblable entre ces derniers éléments. Ainsi les variantes humides sont supérieures à 70 cm avec une végétation dense et accueille des densités de *Myrmica rubra* correcte de 0.09 à 0.2 pièges occupés/m^2. Les variantes sèches ont une hauteur de moins de 70 cm. Les plus petites densités de *Myrmica rubra* (Corbière et Grèves de la Motte) se trouvent dans cette variante, où les hauteurs de végétation sont les plus basses (moins de 40 cm), mais la station Portalban fait exception à cette règle. Cette observation confirme celle de Richard (1997) au Val-de-Ruz dont les analyses indiquent une corrélation entre la hauteur moyenne de la végétation et l'humidité. L'humidité favorise une végétation haute et dense ayant une richesse spécifique peu élevée.

Certains pièges se trouvent en zone de transition avec l'association voisine du *Molinion*, voir même

au sein de cette dernière. Cela ne semble pas avoir d'effet particulier, hormis dans la station de la Rochette où les *Myrmica rubra* se trouvent dans toutes les associations présentes – *Molinion, Caricion davallianae, Phalaridion* – excepté le *Cladietum*. Nous avons également remarqué que le genre *Temnothorax* se trouvait toujours en lisière de forêt ou de bosquet.

Les sites ayant une dynamique de population stable sont représentés par des variantes humides de prairie à molinie ainsi que par une mégaphorbiaie marécageuse. Pour les stations ayant une dynamique de population faible, toutes les stations sont composées de prairie à molinie de variante sèche. Pour les stations éteintes, nous retrouvons les deux cas avec une dominance de prairie à molinie à variante sèche.

5.4 Type de sol

Nous pouvons remarquer que toutes les stations stables sont situées sur remblai (tab. 6). Les densités de fourmis, *Myrmica* sp. et *Lasius* sp. confondues, ne semblent pas être influencées par le type de sol. Les résultats de Richard (1997), qui réalisa des analyses des paramètres édaphiques bien plus précises, ne montre qu'aucun facteur ne semble suffisamment varié pour engendrer des différences dans la présence ou l'absence de fourmis.

5.5 Influence de la nappe

Ce paramètre sort du lot concernant la densité de *Myrmica rubra* (tab. 6). Les stations dont la densité est la plus faible sont également celles où l'influence de la nappe – mais également les inondations par le lac – sont les plus contraignantes. Ainsi, les stations ayant été observées inondées en début de ce travail – Corbière et Grèves de la Motte – sont celles ayant la densité la plus faible. Cela confirme les affirmations de Elmes et *al.*(1998) selon lesquels *Myrmica rubra* évite les zones inondables. Néanmoins, ces inondations par le lac gardent un caractère événementiel, la dernière datant de 2007 (Gander, com. per., 2013 ; Baumann, 2007). Elles peuvent tout de même avoir modifié la distribution des fourmilières sur la zone (Elmes et *al.*,1998) avant la réalisation de l'échantillonnage. Cette hypothèse est corroborée par l'observation des « radeaux » de *Myrmica* sp. flottants accrochés à la végétation.

En ce qui concerne *Myrmica scabrinodis* l'influence de la nappe semble aussi déterminante. Les densités plus faibles se trouvant où l'influence de celle-ci est nulle. La densité la plus élevée se trouve au Grèves de la Motte où l'influence de la nappe est très importante.

Pour une influence moyenne et nulle de la nappe, les résultats sont plus flous pour les deux espèces. Cependant, la plus forte densité de *Myrmica rubra*, à Ostende, et la troisième, à Champmartin 2 ne subissent aucune variation de la nappe de par leur situation sur une butte à côté d'un fossé. Les stations de La Rochette, Font et Portalban ne subissant pas d'inondation par le lac et ayant une influence de la nappe moyenne ont, quant à elles, une densité proche de la moyenne, de 0.13 et 0.22. Le fait que les stations les plus denses soient celles qui ne subissent aucune modification de la hauteur de la nappe est surprenant aux vues des résultats de Jurt (2006) qui montre que *Myrmica rubra* et *Myrmica scabrinodis* préfèrent les lieux humides et imbibés, mais évitent les endroits secs.

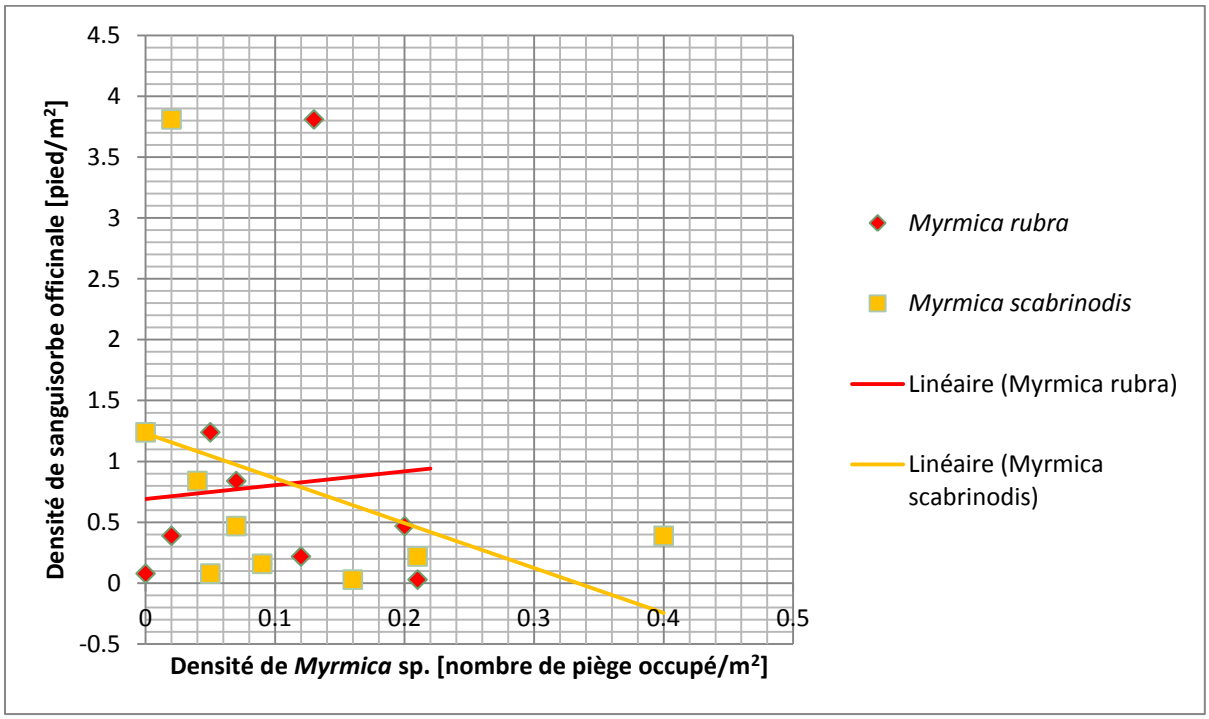
De plus, l'influence de la nappe sur la hauteur de la végétation est ici singulière. Richard (1997) affirme que là où l'humidité est importante, la végétation est haute. Dans notre cas l'influence de la nappe n'a été observée que dans les 20 premiers centimètres de sol. Nous pourrions donc conclure que les stations où cette dernière est jugée nulle ne l'est qu'en surface, dans les premiers horizons, mais que la présence des fossés accolés aux stations Châble-Perron, Champmartin (1 et 2) ainsi Ostende provoque de grandes consequences sur la végétation.

En résumé, les stations à la population stable ne subissent pas d'influence de la nappe – du moins dans les horizons de surface. Les stations éteintes se trouvent toutes dans les sites où la variation de la nappe est moyenne. Quant aux stations en danger, elles se trouvent dans deux cas où l'influence de la nappe – et les risques d'inondations par le lac – sont les plus grandes et dans un cas où elles sont nulles.

5.6 Présence d'éléments ligneux

Le type de végétation ligneuse – soit une station embroussaillée, contenant des bosquets, des arbres ou des arbustes – ainsi que le taux de recouvrement de la station que nous avons obtenus (tab. 6) ne permettent pas de déterminer s'ils ont un effet sur les populations de *Myrmica*. Cela est tout de même surprenant sachant que Elmes et Thomas (1992) et Elmes et *al.* (1998) donnent pour préférence à *Myrmica rubra* les milieux ouverts s'embroussaillant, une corrélation dans ce sens était de ce fait attendue.

5.7 Densité de sanguisorbe



Graphique 4 : Corrélation entre la densité de sanguisorbe officinale et la densité de *Myrmica* sp.

Les meilleurs densités de *Sanguisorba officinalis* se trouvent toutes en stations de forme linéaires, où l'influence de la nappe est nulle, et où la végétation est située entre 60 et 90 cm. Elles abritent toutes les populations les plus grandes et les plus stables de *Maculinea nausithous*, c'est-à-dire Châble-Perron et les deux sites de Champmartin (tab. 6).

Les densités moyennes de pieds de sanguisorbe par m^2 dans les 9 stations étudiée se situent entre 0.03 et 3.81 pied/m^2. Le tableau ci-dessous correspond à une situation favorable où la densité se situe entre 0.1 et 4 pieds/m^2 (Baumann, 2007). Nous pouvons considérer toutes nos densités se trouvant au dessous de la moyenne de 0.8 pied/m^2 (annexe 11) comme faible. C'est le cas pour les stations de la Rochette, Font, Corbière, Ostende, Portalban et Grèves de la Motte.

		Densité fourmilières-hôtes		
		faible	intermédiaire	forte
Densité *Sanguisorba officinalis*	faible	+	++	+++
	intermédiaire	++	+++	++++
	forte	+	++	+++

Figure 23 : Succès de récupération des chenilles par les fourmis en fonction de la densité des hôtes. Les densités "extrèmes" sont exclues. (Rozier, 1999)

Les stations ayant une valeur située entre 0.8 et 1.5 pied/m^2 sont considérées comme ayant une densité intermédiaire ; cela concerne alors que les deux stations de Champmartin. Les valeurs supérieures à 1.5 pied/m^2 correspondraient alors à une forte densité ; cela ne concerne ici que la station de Châble-Perron qui atteint 3.81 pied/m^2. De ce fait, si nous considérons que nos densités de *Myrmica rubra*, toute situées entre 0.04 et 0.36 pièges occupés/m^2, les chances de succès de récupération des chenilles (fig. 23) de *Maculinea nausithous* par les fourmis sont faibles dans tous les cas, exceptés pour les sites de Champmartin (tab. 7).

Tableau 7 : Succès de récuppération des chenilles par les fourmis en fonction de la densité des hôte, adapté aux stations de la Grande Cariçaie.

ID	Stations	Dynamique	Densité de *Myrmica rubra*	Densité de sanguisorbe [pied/m^2]	Succès de récupération des chenilles par les fourmis
100	Châble-Perron	Grande/stable	faible	Forte	+
200	La Rochette	éteinte	faible	Faible	+
300	Font	éteinte	faible	faible	+
400	Corbière	petite/faible	faible	faible	+
500	Ostende	petite/faible	faible	faible	+
600	Portalban	éteinte	faible	faible	+
700	Grèves de la Motte	petite/faible	faible	faible	+
800	Champmartin 1	Grande/stable	faible	intermédiaire	++
900	Champmartin 2	Grande/stable	faible	intermédiaire	++

La phénologie des sanguisorbes est aussi très différente d'une station à l'autre. La station de Châble-Perron avait déjà de très nombreuses inflorescences en date du 18 juillet 2013, alors sur les stations de Corbière et des Grèves de la Motte (toutes deux ayant subi les inondations du lac), les sanguisorbes ne mesuraient pas plus de 20cm. Or si un hôte devient trop rare ou absent durant seulement une ou deux saisons, les populations du genre *Maculinea* peuvent disparaître d'un site (Thomasm 1980 *in* Rozier, 1999). De ce fait, si la sanguisorbe a trop de retard sur ces stations et qu'elle ne fleurit pas, ceci pourrait causer une grave atteinte à la population en place, car les papillons n'auraient pas d'inflorescences sur lesquelles pondre.

Il est également surprenant de voir que les stations dont la végétation se compose d'une prairie à molinie de variante humide ont les densités les plus élevées dans 3 cas sur 4. Nous pourrions en effet penser, comme Richard (1997), que les sanguisorbes doivent souffrir de la concurrence de celles-ci, mais il semble ici que cela ne soit pas le cas.

Pour synthétiser, les stations stables qui ont les meilleures densités sont également celles ayant les meilleures densités de sanguisorbe officinale. Bien que souvent considéré comme n'étant pas un facteur limitant – dans le sens que un petit nombre de sanguisorbe peut assurer la survie d'une population – ce paramètre semble ici atteindre une grande importance pour le maintien des populations, à moins que cela soit lié à la répartition spatiale des patchs de sanguisorbes et non à leur densité.

5.8 Forme de la station

La forme linéaire semble favorable tant aux populations de sanguisorbe que d'azuré des paluds (tab. 6). Elle pourrait permettre une meilleure dispersion du papillon en créant des couloirs de sanguisorbe lorsque la répartition est régulière. D'après Wynhoff et *al*. (1996), les espèces du genre *Maculinea* suivent préférentiellement les corridors constitués d'une végétation favorable, où se trouve leur plante-hôte. Il a été prouvé par Richard (2007) que les canaux favorisaient le déplacement des *Maculinea nausithous*. En effet, le déplacement des individus le long des canaux se faisant à 63% sur de plus de 50 m contre 20% pour les stations en prairies. Selon Rozier (1999), l'azuré des paluds utilise déjà les routes comme corridors, ainsi que les canaux et les bordures de forêts et il n'est pas impossible qu'il utilise également les haies. Ces dernières peuvent cependant aussi jouer un rôle de barrière à la dispersion.

La forme de la station est donc un facteur essentiel au vu de nos observations, mais également à celles de Rozier (1999).

5.9 Connectivité et isolement

L'azuré des paluds est connu pour être un papillon très sédentaire (Nowicki et *al.*, 2005), dont le secteur d'activité est souvent réduit à la zone d'émergence (Rozier, 1999). Les stations de La Rochette, de Font et de Portalban – correspondant à des populations éteintes – sont toutes isolées. Les stations de Corbière et Ostende – correspondant à des petites populations faibles – sont également isolées. La station Grèves de la Motte est située à moins de 100 m d'une autre population dont elle se retrouve isolée par une forêt. Toutes ces stations, de par leur caractère isolé, sont en péril. Ceci notamment à cause de la grande fluctuation naturelle qui touche les populations d'insectes, mais aussi par le manque d'immigration qui peut être nécessaire à la survie de population aussi petite. De plus, l'isolement et l'absence de connexions baissent la mobilité des individus puisque les individus les plus mobiles ont tendance à s'égarer, tandis que les plus sédentaires ont plus de chance de survivre (Rozier, 1999). Mais la réduction du nombre des populations et le manque d'échanges peuvent aussi sérieusement réduire la variabilité génétique et diminuer les capacités d'adaptations aux changements climatiques et environnementaux (WYNHOFF et *al.*, 1996).

Nous remarquons que les sites choisis accueillant de grandes populations stables ne sont pas isolés. Le site de Châble-Perron est proche de plusieurs patchs d'azuré des paluds disséminés le long de la route cantonale et dans les prairies qui la borde (annexe 16). Les plus proches se trouvent à moins de 100 m et la plus éloignée à environ 1 km. La réserve des Grèves de la Motte a un réseau dense de patchs de sanguisorbe le long des chemins, favorisant le déplacement des *Maculinea nausithous*, et donc rendant les échanges entre populations plus aisés (annexe 16). Les sites de Champmartin sont d'ailleurs distants d'environ 25 m, et de nombreux patchs de sanguisorbe se trouvent entre eux, ainsi que de petites populations d'azurés. Le site Champmartin 2 se trouve également à environ 320 m de la population de Trouville, localisée au nord de celle-ci. Elles se trouvent cependant séparées par une petite forêt.
La dispersion des Maculinea ne dépasse généralement pas les 100 à 230 m (Nowicki et *al.*, 2005 ; Richard, 1997). Elle est plus aisée dans ces sites linéaires où la végétation favorable forme de longue bande. Sachant que les populations distantes de plus de 2 km n'ont que très peu d'échange par dispersion des adultes (Wynhoff, 1996), les populations isolées éteintes n'ont actuellement aucune chance de recolonisation. Pour les populations de petites tailles étant isolées, les chances d'immigrations sont également quasi nulles. Seule la station des Grèves de la Motte a des chances d'immigrations, malgré la forêt la séparant des autres patchs. Les papillons persistant rarement longtemps lorsque leurs habitats sont isolés (Thomas et *al.*, 1992), ces populations ont une probabilité élevée d'extinction dans les prochaines années.

5.10 Compétition

La compétition se joue principalement dans notre cas entre 3 espèces : *Myrmica rubra, Myrmica scabrinodis* et *Lasius* sp. (tab. 6). Les stratégies de concurence entre les différentes espèces de fourmis sont très complexes (Rozier, 1999).

Dans le cas d'espèces appartenant toutes deux au genre *Myrmica*, ces dernières peuvent vivre dans un même biotope ainsi que sur des aires d'affouragement se chevauchant fréquemment. De ce fait, nous pouvons trouver des colonies *Myrmica* d'espèces différentes nichant presque côte à côte (Rozier, 1999). Le milieu peut de ce fait être prospecté par les différentes espèces du genre. Même si *Myrmica scabrinodis* a été désignée en tant qu'hôte secondaire dans certains pays, la prise en charge de chenille par cette espèce ne permet pas la survie d'une population. Chacune de nos deux espèces peut tomber sur une larve de *Maculinea nausithous* qui ne sera de ce fait pas forcément adoptée par la fourmi adéquate pouvant provoquer une augmentation de la mortalité des papillons.

Ce type de compétition est une piste qui pourrait expliquer le déclin de la population d'Ostende. Il s'agit de la station accueillant la meilleure densité de *Myrmica rubra* mais également un des sites avec la meilleure densité de *Myrmica scabrinodis*.

De même, ce facteur pourrait ajouter une pression supplémentaire aux stations fragiles telles que celles des Grèves de la Motte – où la densité de *Myrmica scabrinodis* est 10 fois plus importante que celle de *Myrmica rubra* – et celle de La Rochette – où la densité de *Myrmica scabrinodis est* 1.6 fois plus élevée que pour la fourmi-hôte.

Le deuxième type de compétition présent sur nos stations est interspécifique, entre notre hôte et *Lasius* sp. . Les fourmis du genre *Lasius* étudiées – qui sont probablement de l'espèce *niger* – semble être une espèce pionnière supportant bien les pressions anthropiques. *Myrmica rubra* lorsqu'elle côtoie cette espèce, semble plus compétitive à long terme. Cependant les fourmis du genre *Lasius* ne tolèrent pas la présence des nids de *Myrmica* sp. dans leur territoire.

Très présentes dans tous les échantillonnages, *Lasius* sp. se trouve mosaïquement bien répartie d'un point de vue spatial avec les autres espèces dans les stations de La Rochette et de Font. Elle atteint de fortes densités partout – comparée à celle des *Myrmica* –mais se démarque dans la station de Corbière. Sur ce site, les densités des deux espèces de *Myrmica* sont les plus faible. La densité du genre *Lasius* est 12 à 14 fois plus importante que ces dernières.

6 Perspectives

1.1 Petites populations

Au vu de la très faible densité de *Myrmica rubra* pour les stations aux populations de petites tailles de Corbière et des Grèves de la Motte (dûe aux conditions stationnelles non favorables à la fourmi-hôte, ainsi que du très faible nombre d'azuré des paluds observé ces dernières années – une observation en 2008 pour Corbière et une en 2012), nous pensons que ces populations relictuelles doivent être laissées à leur dynamique naturelle, quitte à s'éteindre.

En ce qui concerne la station d'Ostende, il pourrait être intéressant de réaliser un suivi plus complet des *Myrmica rubra* et des sanguisorbes. Cette station accueillait encore, il y a une quinzaine d'années, une population forte d'une cinquantaine d'individus. Ce chiffre a brusquement chuté à 3 individus en 2002 jusqu'à remonter à une dizaine ces 3 dernières années. Les densités de *Myrmica rubra* de cette zone étant les meilleurs échantillonnés par nos soins, il semblerait que la cause de la diminution soit ailleurs. Un chevauchement pas assez important des surfaces abritant les deux hôtes est plausible, la station d'Ostende ayant la densité la plus faible de sanguisorbe. Cependant, il est important de surveiller la prairie à molinie entretenue se situant à l'extrémité sud-est de la station. En effet, Fleischner y dénombrait une quinzaine de sanguisorbe en 2010, ce site pourrait devenir favorable à l'installation des azurés des palus.

1.2 Grandes populations

La gestion d'une population locale ne peut assurer une persistance à long terme (Rozier, 1999). Pour cela, les nombreuses populations des réserves des Grèves de Cheseaux et des Grèves de la Motte doivent être étudiées d'une manière plus approfondie. La conservation des espèces, si elle passe par le maintien de leurs exigences spécifiques dans leurs habitats, doit également s'occuper du maintien du réseau de connexions entre chaque patch (Thomas et *al.,* 1992). Il est important de bien connaître la structure d'une population, c'est à dire de savoir si les individus font partie d'une seule population ou de plusieurs populations interagissant entre elles, donc de métapopulations (Rozier, 1999).

Pour cela, une méthode de capture-marquage-recapture semble la plus adaptées. Elle permettrait d'identifier les populations réservoirs, et d'axer la préservation des *Maculinea* sur celles-ci.

Cette méthode fournit de nombreuses informations sur les populations étudiées, telles que : la taille de la population totale du site, la taille de la population lors de chaque session, la probabilité de capture de l'espèce, les distances parcourues entre deux captures et la probabilité de survie de l'espèce (Pellet et Gander, 2009). Cependant celle-ci est très gourmande en temps et en main-d'œuvre, mais est également très intrusive pour les populations – les individus devant être manipulés avec le risque d'être blessés. La capture-marquage-recapture serait réalisée une fois, puis les comptages habituels reprendraient.

Une attention particulière doit donc être apportée à la continuité des patchs de sanguisorbes, car la recolonisation naturelle d'un patch vide n'est possible que si une population dense existe à proximité (Rozier, 1999). Il faut donc limiter la fragmentation des sites favorables en maintenant le réseau des connexions.

7 Conclusion

Le but de ce travail était de déterminer quel rôle avait *Myrmica rubra* dans le déclin des populations d'azuré des paluds de la Grande Cariçaie, mais également ses préférences aux niveaux de certains paramètres stationnels.

Bien que les densités de *Myrmica rubra* ne varient pas de manière drastique entre les différentes dynamiques, le déclin de deux populations – Corbière et Grèves de la Motte – peut s'expliquer par les faibles densités de *Myrmica rubra*. La troisième population qui s'étiole – Ostende – n'est pas liée à la densité, celle-ci étant la meilleure valeur obtenue. Les denstiés des populations stables et éteintes sont semblables.

Les résultats obtenus ont fait ressortir plusieurs constatations concernant l'écologie des deux espèces du genre *Myrmica* les plus présentes. Les fourmis *Myrmica rubra* affectionnent une végétation dense et haute – telles que les prairies à molinie de variante humide – supérieure à 60 - 70 cm. Elles évitent les zones où l'influence de la nappe en surface est grande, mais également les secteurs inondés périodiquement.

Concernant les fourmis *Myrmica scabrinodis*, elles affectionnent une végétation basse de moins de 70 cm – telles que les prairies à molinie de variante sèche – qui leurs permettent d'avoir une situation plus exposée et donc une température au sol plus élevée. Cette espèce semble éviter les lieux où l'influence de la nappe en surface est nulle, mais pas les zones inondables. Les paramètres stationnels de sol et de présence de ligneux ne semblent pas influencer la répartition de ces deux espèces.

La compétition entre les deux genres peut poser problème lorsque l'adoption des chenilles se fait par la mauvaise espèce. Suite à une forte pression qu'exerce le genre *Lasius* sur certaines stations qui peut également être une cause de déclin, bien qu'elle soit toujours corrélée à d'autres paramètres.

Nous avons également pu remarquer que les grandes populations stables se situent toutes sur des stations de forme linéaire, où l'influence de la nappe en surface est nulle, la végétation située entre 60 et 90 cm et dont la densité de sanguisorbe officinale est la plus élevée parmi celles relevées pour cette étude. Ce sont également toutes des populations non-isolées, dont les échanges sont fortement possibles avec les populations voisines grâce à la répartition régulière des patchs de sanguisorbe entre ceux-ci, mais aussi à la faible distance séparant les diverses populations.

Les populations de petite taille et éteinte sont quant à elles toutes isolées. Nous pensons donc que le facteur d'isolation d'une population, corrélé aux autres paramètres stationnels, aux variations saisonnières et aux événements régulant naturellement les populations, deviennent très vite determinant pour les petites populations de la Grande Cariçaie.

Nous pouvons élaborer plusieurs suppositions quant aux causes de l'extinction ou de la diminution de certaines populations de la Grande Cariçaie. À la vue des sites où le papillon s'est éteint nous constatons que les stations de La Rochette et de Font sont favorables à la fourmi-hôte. Les origines de la disparition de l'azuré peuvent être liée à une superposition importante entre les patchs de sanguisorbes et les colonies de *Myrmica rubra*. De

même, la présence des autres espèces peut jouer un role important quant à la récupération des chenilles. Concernant le site de Portalban, la faible densité de sanguisorbes est le seul paramètre marquant, *Myrmica rubra* étant l'espèce dominante. Finalement, toutes les populations sont isolées, annihilant les chances de recolonisations.

Les causes de l'étiolement de certaines populations sont flagrantes. Les stations de Corbière et des Grèves de la Motte subissent des inondations par les crues du lac – bien que cela soit événementiel – qui défavorisent la fourmi-hôte et y induit des densités très faible. Ces mêmes inondations causent un retard dans la phénologie des sanguisorbes, cassant le cycle de reproduction. Les densités de la plante-hôte y sont faibles. De plus, la végétation n'est pas favorable à *Myrmica rubra* vu qu'elle est inférieure à 40 cm.

Les colonies de *Myrmica rubra* subissent sur la station de Corbière une compétition très importante des fourmis du genre *Lasius*, contrairement au Grèves de la Motte où elle est tout simplement remplacée par *Myrmica scabrinodis* aux vues des paramètres stationnels.

Le site d'Ostende ne suit pas le même schéma que les autres stations quant à la forme, la végétation et autres paramètres semblable. Deux causes semblent plausibles à l'étiolement de cette population. Aux vues des densités élevées, tant de *Myrmica rubra* que de *Myrmica scabrinodis*, la récupération des chenilles par la mauvaise espèce est une hypothèse. La densité de sanguisorbes, faible mais s'étendant sur une grande surface, peut induire une superposition insuffisante entre l'aire d'affouragement des colonies de la fourmi-hôte et la plante-hôte. Nous pensons que cette station doit être suivie de manière plus approfondie au vu de son caractère favorable afin de déterminer la cause précise de sa faible population.

8 Bibliographie

ANTON C., MUSCHE M., HULA V. & SETTELE J. (2008), *Myrmica* hos-ants limit the denstiy of the ant-predatory large blue *Maculinea nausithous*. Journal of insect conservation 12 : p. 511 – 517

BAUMANN L. (2007), L'azuré des paluds *Maculinea nausithous* (Bergts.) dans le «Grand Marais (BE/FR)» : Inventaire des potentialités et proposition de mesures en vue d'une recolonisation. Thèse de bachelor, eil, 41 p.

BUTTLER A. (1987), Étude écosystèmique des marais non boisés de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse) : Phytosociologie, pédologie, hydrodynamique et hydrochimie, production végétale, cycles biogéographiques et influence du fauchage sur la végétation. Thèse réalisée en vue de l'obtention du grade de Docteur Ès Sciences, Université de Neuchâtel. 284 p.

CLERC C. (2002), Typologie et cartographie de la végétation de la rive sud du lac de Neuchâtel, d'Yverdon à Cudrefin. Grande Cariçaie, Groupe d'étude et de gestion, Yverdon-les-Bains. 61 p.

DELARZE. R & GONSETH Y. (2008), Guide des milieux naturels de Suisse. Rossolis, Bussigny, 424 p.

DELLA SANTA E. (1994), Guide pour l'identification des principales espèces de fourmis de Suisse. Micellanea faunistica helveticae. Centre Suisse de cartographie de la faune (CSCF), Neuchâtel, 124 p.

DIERKS A. & FISCHER K. (2009), Habitat requirements and niche selection of *Maculinea nausithous* and *Maculinea teleius* (Lepidoptera : Lycaenidae) within a large sympatric metapopulation. Biodiversity and Conservation, 18 : p. 3663 - 3676

ELMES G. W. & THOMAS J. A. (1987a), Le genre *Maculinea*. *In* LSPN. Les papillons de jour et leurs biotopes : Espèces, dangers qui les menaces, protection. Ligue Suisse pour la Protection de la Nature, Bâle, pp. 354 - 368

ELMES G. W. & THOMAS J. A. (1987b), Biologie et écologie des fourmis du genre *Myrmica*. *In* LSPN. Les papillons de jour et leurs biotopes : Espèces, dangers qui les menaces, protection. Ligue Suisse pour la Protection de la Nature, Bâle, pp. 404 – 410

ELMES G.W. & THOMAS J.A. (1992), Complexity os species conservation in managed habitats : interaction between *Maculinea* butterflies and their ant hosts, Biodiversity ans Conservation, 1 : p. 155 - 169

ELMES G.W., THOMAS J.A. & WARDLAW J.C. (1991), Larvae of Maculinea rebeli, a large-blue butterfly, and their Myrmica host ants: wild adoption and behaviour in ant-nests. Journal of Zoologie, 223 : p. 447- 460

ELMES G.W., THOMAS J.A., WARDLAW J.C., HOCHBERG M.E., CLARKE R.T. & SIMCOX D.J. (1998), The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. Journal of insect conservation 2 : p. 67 - 78

ELMES G.W., THOMAS J.A., WARDLAW J.C. & WOYCIECHOWSKI M. (1989), Host specificity among *Maculinea* butterflies in *Myrmica* ant nests. Oecologie, 79 : p. 452 - 457

FIEDLER K. (1990), New information on the biology of *Maculinea nausithous* and *M. teleius* (Lepidoptera : Lycaenidae). Nota lepidopterologica, 12 : p. 246 - 256

FIEDLER K. (1998), Lycaenid-ant interactions of the *Maculinea* type : tracing their historical roots in a comparative framework. Journal of Insect Conservation, 2 : p. 3 – 14

FLEISCHNER J. (2010), Efficacité du débroussaillage de prairies à molinie pour la conservation du Grand Nègre des bois (*Minois dryas* (Scopoli, 1763)). Thèse de bachelor, hepia, Genève, 71 p.

GOBAT J-M., ARAGNO M. & MATTHEY W. (2003), Le Sol vivant : base de pédologie, biologie des sols. 2ème édition. Presse polytechnique et universitaires romandes. Lausanne, 568 p.

GONSETH Y. (1987), Atlas de distribution des papillons diurnes de Suisse : (Lepidoptera Rhopalocera) : (avec liste rouge). Documenta faunistica Helveticae 5. Centre Suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel

GONSETH Y. (1992), Relations observées entre lépidoptères diurnes adultes (Lepidoptera, Rhopalocera) et plantes nectarifères dans le Jura occidental. Nota Lepidoperologica 15 : p. 106 – 122

GONSETH Y. (1993), Les lépidoptères diurnes (Rhopalocera) des milieux humides du canton de Neuchâtel. I, les milieux à *Maculinea nausithous* (Bergstr.), Lep. Lycaenidae. Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles, 116 : p. 25 – 38

GUERIN C. & DARINOT F. (2005), Les prairies humides à gentinane des marais et Maculinea. Conservatoire Rhône-aples des Espaces Naturels (CREN), Vourles, 20 p.

IMBODEN, C. (1976), Eaux vivantes : Initiation à la biologie des zones humides. Ligue Suisse pour la Protection de la Nature (LSPN), Bâle, 240 p.

JURT D. (2006), The importance of *Myrmica* species for the conservation of *Maculinea* ssp. In fens of western Switzerland. Thèse de master, Unil, 51 p.

KUTTER (1977), Insecta Helvetica 6. Hymenoptera : Formicidae. Fororotar AG, Zurich, 298 p.

LAUBER K. & WAGNER G. (2007), Flora Helvetica : Flore illustrée de Suisse (3ème éd.). Haupt, Berne, 1631 p.

LOPEZ-PINOT D. (2010), Les tourbières alcalines à liparis de Loesel. Conservatoire Rhône-aples des Espaces Naturels (CREN), Vourles, 20 p.

LSPN (Ligue Suisse pour la Protection de la Nature), 1987. Les papillons de jour et leurs biotopes : Espèces, dangers qui les menaces, protection. Vol. 1. Ligue Suisse pour la Protection de la Nature, Bâle, 512 p.

NEUMEYER R. & SEIFFERT B. (2005), Kommentierte Liste der frei lebenden Ameisen (Hymenoptera : Formicidae) in Schweiz. Bulletin de la Société Entomologique Suisse, 78 : p. 1 – 17

NOWICKI P., WITEK M., SKÓRKA P., SETTELE J. & WOYCIECHOWSKI M. (2005), Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *Maculinea nausithous* and the implication for conservation. Population Ecology, 47 : p. 193 – 202

OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage) (1994), Liste rouge des espèces animales menacées de Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Bern, 79 p.

OFEV (Office fédéral de l'environnement) (2011). Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010. L'environnement pratique n° 1103. Office fédéral de l'environnement, Berne, 132 p.

PELLET J. & GANDER A. (2009), Comparaison de méthodes pour l'estimation de l'abondance des populations de papillons de jour : établissement d'un protocole de suivi du Grand Nègre des bois *Minois dryas* sur la rive sud du lac de Neuchâtel. Entomo Helvetica, 2 : p. 201 – 216

PERROT J. (2004), Le grand marais *in* LA SALAMANDRE (2004), Bons baisers de la Grande Cariçaie (n°162). Neuchâtel : Editions de « La salamandre » Sàrl, juin et juillet 2004, 58 p.

PIÉGAY H., PAUTOU G. & RUFFINONI C. (2003), Les forêts alluviales des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion. Institut pour Le Développement Forestier. Paris, 464 p.

PIERCE N.E., BRABY M.F., HEATH A., LOHMAN D.J., MATHEW J., RAND D.B. & TRAVASSOS M.A. (2002), The ecology and evolution of ant association in Lycaenidae (Lepidoptera). Annual Review of Entomology, 47 : p. 733 – 771

PRIMACK R., SARRAZIN F. & LECOMPTE J. (2012), Biologie de la conservation. Dunod, Paris, 384 p.

RICHARD A. (1997), Population, déplacements, écologie de la fourmi-hôte, et conservation de l'azuré des paluds *Maculinea nausithous* (Bergstr.) au Val-de-Ruz (Lep. Lycanidae). Travail de diplôme, Laboratoire d'Ecologie animal et d'Entomologie, Université de Neuchâtel, 57 p.

ROZIER Y. (1999), Contribution à l'étude de la Biologie de la Conservation de *Maculinea* sp. (LEPIDOPTERA : LYCAENIDAE) dans les zones humides de la vallée du Haut-Rhône. Diplôme de doctorat, Université Claude Bernard – Lyon 1, 242 p.

SEIFERT B. (1996), Ameisen beobarchten und bestimmen. Naturbuch-Verlag Ausburg, 352 p.

STREHLER PERRIN C., ANTONIAZZA M., CLERC C., GANDER A. & LE NÉDIC C., (2004) La Grande Cariçaie : Réserves naturelles de la rive sud du lac de Neuchâtel. Grande Cariçaie : 38 p.

THOMAS C.D., THOMAS J.A. & WARREN M.S. (1992). Distibution of occupied and vacant habitats in fragmented landscapes. Oecologia, 92 : 563-567.

THOMAS J.A., MUNGUIRA M.L., MARTIN J. & EMLES G.W. (1991), Basal hatching by *Maculinea* butterfly eggs : a consequence of advanced myrmecophily ? Biological Journal of the Linnean Society, 44 : p. 175 – 184

THOMAS J.A. & WARDLAW J.C. (1992), The capacity of a *Myrmica* ant nest to support a predacious species of *Maculinea* butterfly. Oecologia, 85 : p. 452 – 457

TOLDMAN T. & LEWGINTON R. (2009), Guide des papillons d'Europe et d'Afrique du Nord. Les guides du naturaliste. Delachaux et niestlé, Paris, 384 p.

WARDLAW J.C., ELMES G.W. & THOMAS J.A (1998), Techniques for studying *Maculinea* butterflies : II. Identification guide to *Myrmica* ants found on *Maculinea* sites in Europe. Journal of Insect Conservation, 2 : p. 119 – 127

WITEK M., SLIWINSKA E., SKÓRKA P., NOWICKI P., VRABEC V., SETTELE J. & WOYCIECHOWSKI M. (2008), Host ant specificity of large blue butterflies, *Phengaris* (*Maculinea*) (Lepidoptera : Lycaenidae) inhabiting humid grasslands in East-central Europe. European journal of entomology, 105 : p. 871 – 877

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE (1996). *Phengaris nausithous*. *In* IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 April 2013.

WYNHOFF I. (1996), International *Maculinea* Workshop. Dutch butterfly Conservation, De Vlinderstichting. 71 p.

WYNHOFF I. (1998), The recent distribution of the European *Maculinea* spieces. Journal of Insect Conservation, 2 : p. 15-17

8.1 Autres sources d'informations

8.1.1 Webographie

Association de la Grande Cariçaie
http://www.grande-caricaie.ch (consulté le 6 avril 2013)

Caractéristique du sol, profil pédologique
http://www.geographie-entdecken.de (consulté le 24 et 25 juillet 2013)

Centre national de données et d'information sur la flore de Suisse : Noms, cartes, etc
www.infolora.ch (consulté à de nombreuses reprises entre juin et juillet 2013)

Clé d'identification dichotomique des fourmis de France, crée par Claude LEBAS
http://cle.fourmis.free.fr/ (consulté le 1 et le 14 juillet 2013)

Convention de Bern
http://conventions.coe.int/Treaty/FR/Treaties/Html/104-2.htm (consulté le 28 mars 2013)

Directive habitats
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1992:206:0007:0050:FR:PDF (consulté le 28 mars 2013)

Myrmica rubra, espèce invasive
http://www.antark.net/ant-species/red-stinging-ant-myrmcia-rubra.html#.UWkWkrXwboI (consulté le 30 mars 2013)

Systématique des espèces animales
www.faunaeur.org (consulté le 30 mars 2013)

8.1.2 Bases légales

Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN) du 1er juillet 1966 (Etat le 1er janvier 2012). RS 451

Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN) du 16 janvier 1991 (Etat le 1er mars 2011). RS 451.1

8.1.3 Communications personnelles

FREITAG A. (2013), Conservatrice des invertébrés, Groupe de recherche fourmis des bois, au Musée cantonal de zoologie. Place de la Riponne 6, 1014 Lausanne (VD)

GANDER A. (2013), Collaborateur scientifique (biologiste) au Bureau Exécutif de l'Association de la Grande Cariçaie (BEx). Chemin de la Cariçaie 3, 1400 Cheseaux-Noréaz (VD)

PELLET J. (2013), Directeur, biologiste et Dr èsSciences. n+p. Avenue ramuz 94, 1009 Pully (VD)

Annexes

1. **Suivi des populations de la Grande Cariçaie**
2. **Fiche d'échantillonnage**
3. **Cartes des points de piégeage**
4. **Check-list du matériel**
5. **Fiche de relevé des stations**
6. **Hauteur de la végétation**
7. **Cartes de végétation**
8. **Type de végétation**
9. **Description des sols**
10. **Présence d'éléments ligneux**
11. **Relevés des sanguisorbes**
12. **Données de l'échantillonnage des fourmis**
13. **Carte de la répartition spatiale de fourmis capturées**
14. **Données récoltées lors de l'échantillonnage**
15. **Diagramme représentant la proportion des différentes espèces dans chaque stations**
16. **Cartes des populations non-isolées**

Annexe 1

Suivi des populations de la Grande Cariçaie

		Monitoring	Inventaire																
Noms station thèse	Stations Grande Cariçaie	1990 - 1996	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Grèves de la Motte	Chabrey	Présence	– Données indisponibles –																
Champmartin 1 et 2	Champmartin	présence	8	10	18	12	32	51	65	94	50	124	35	30	31	66	63	36	**72**
	Cheseaux 1	présence		4	14	12	32	5	9	10		10	183	31	27	90	93	19	82
	Cheseaux 2	présence		25	8	38	40	19	13	16		27	188	13	10	27	26	13	54
Châble-Perron	Cheseaux 3	présence										17	81	9	15	11	32	2	**35**
	Chevroux 1	présence											0		0		0	0	0
	Chevroux 2	présence						0					0	1	0	0	0		0
La Rochette	Cheyres	présence		0	0			0		2	7		0	1	6	1	3	4	**0**
	Corbière 1	présence										4	1	1	0	0	0	0	0
Corbière	Corbière 2	présence		54	57	60	77	14	32	18	17	27	14	4	1	0	0	0	**1**
	Cudrefin	présence								1			0	4	0	1	0		0
	Estavayer	présence		0	0		0	0					0		0	0	0	0	0
Font	Font 1	présence	20	3	9	12	12	0					0	1	0	0	0	0	**0**
	Font 2	présence					0	0				2	2		0		0	0	0
	Forel	présence											0	2	0	0	0	0	0
	Gletterens	présence											0		0	0	0	0	0
	La_Sauge	présence			0		0	0					0		0	0	0		0
Ostende	Ostende	présence		36	51	52	114	57	3	4	4	5	5	10	8	1	16	4	**12**
	Portalban	présence						0		2			0	3	0	0	0		1
Portalban	Delley	présence		2									0	2	0	0	0	0	**0**
	Total général		**45**	**167**	**192**	**276**	**420**	**186**	**151**	**168**	**101**	**248**	**533**	**144**	**138**	**243**	**266**	**106**	**339**

Population éteinte Population petite et fragile Population grande et stable

Annexe 2

Fiche d'échantillonnage

FICHE ÉCHANTILLONNAGE STATION N°

Date : ……

Heure (début/fin pose et récolte) :……

Météo : ……

Température (air) :……

……

……

Auteur(s) de l'échantillonnage : ……

Lieu-dit, commune (canton) : ……

Ensoleillement : ……

Température au sol : ……

……

……

Remarques : ……

……

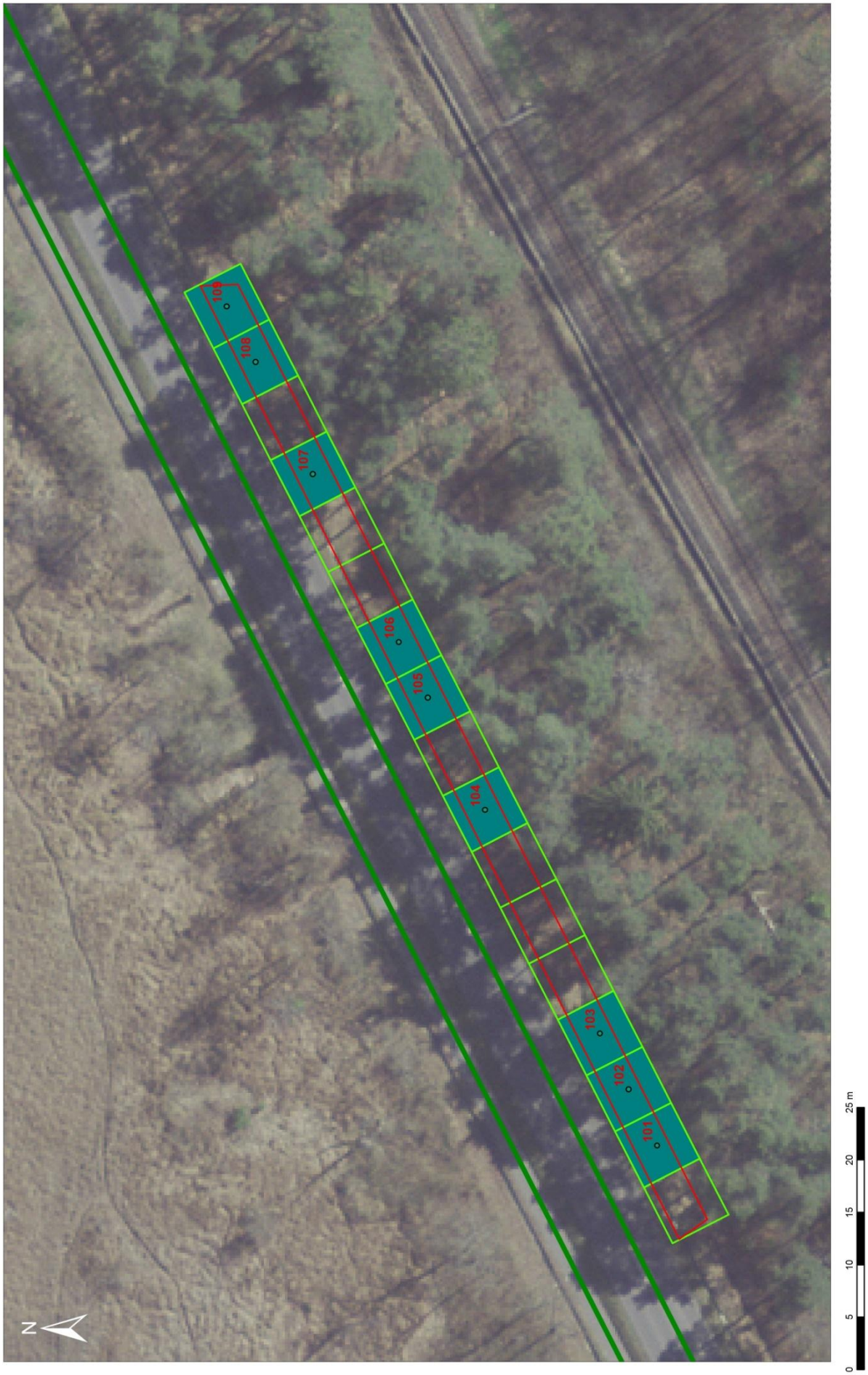
……

ID	Remarques

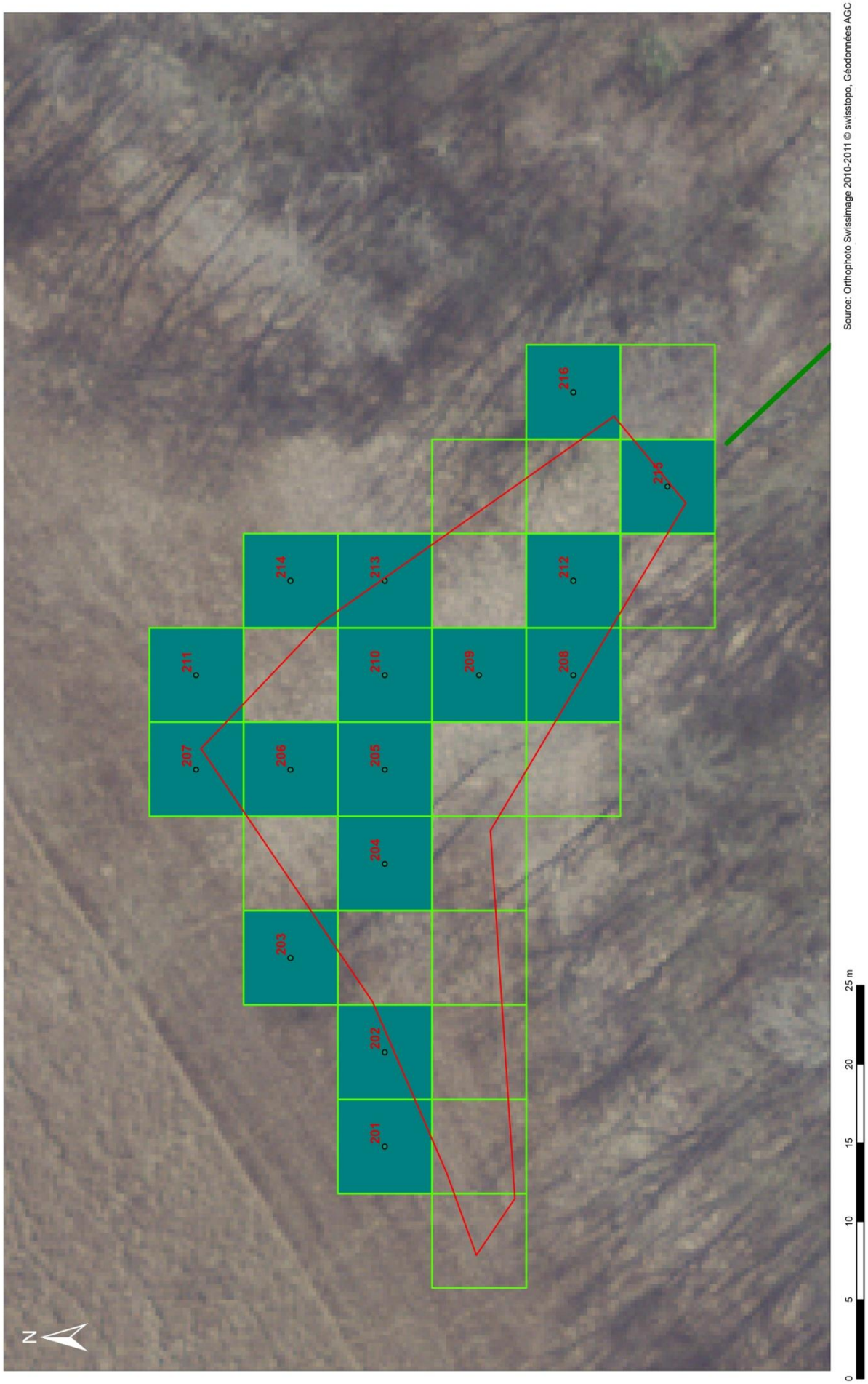
Annexe 3

Cartes des points de piégeage

100. CHÂBLE-PERRON



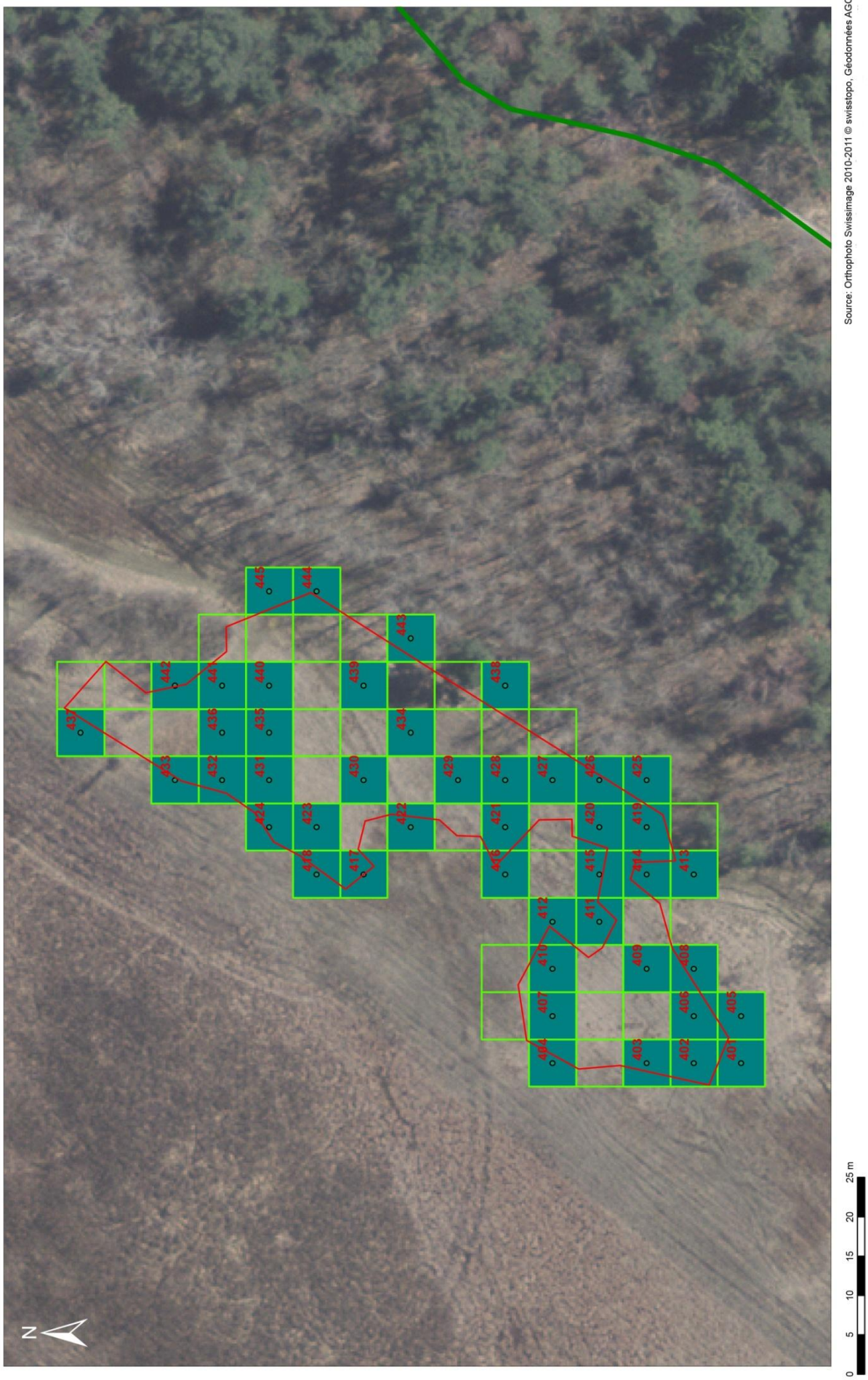
200. LA ROCHETTE



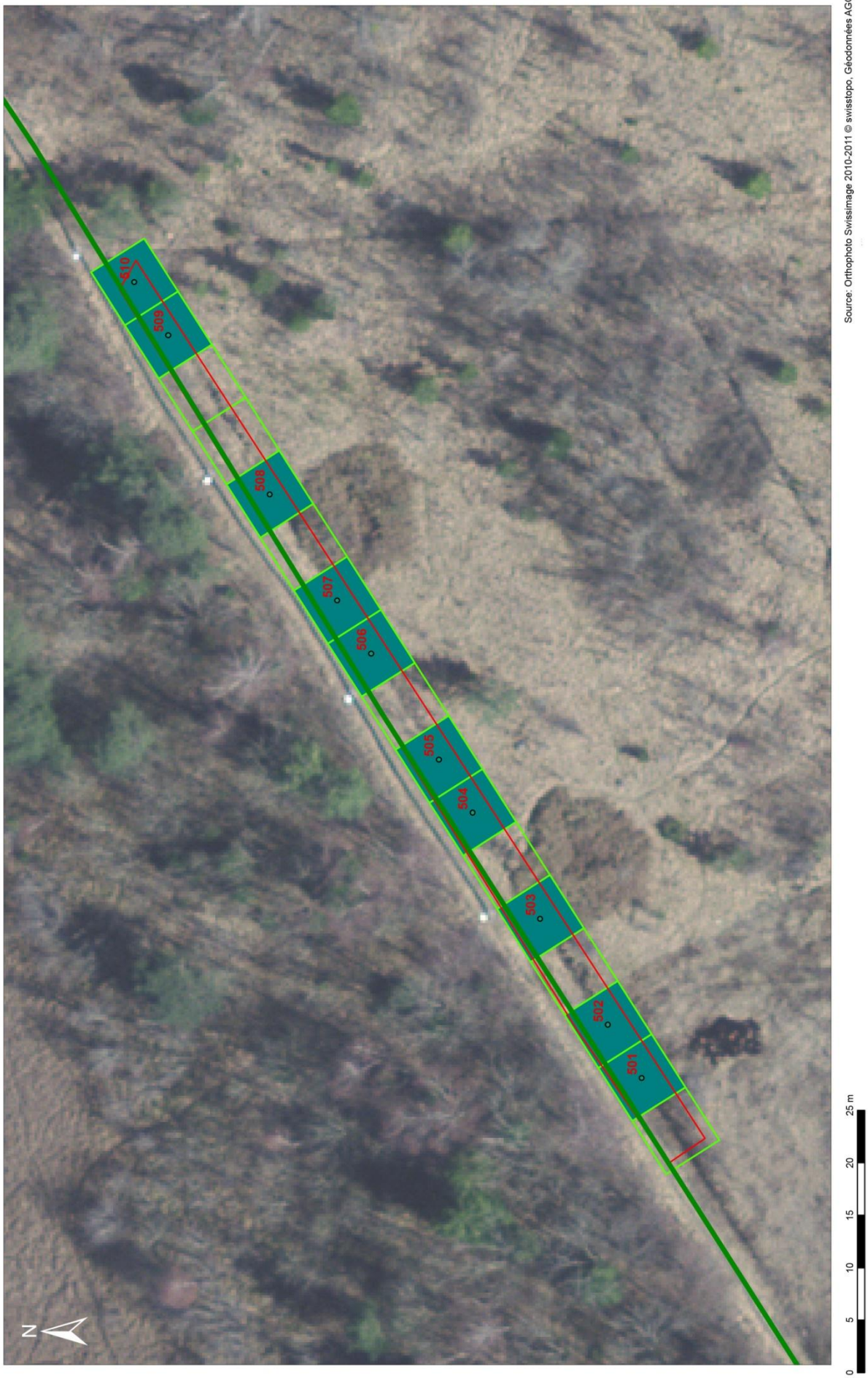
300. FONT

N
304
303
302
301
309
308
307
306
305
310
311
312
0
5
10
15
20
25 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

400. CORBIÈRE



500. OSTENDE

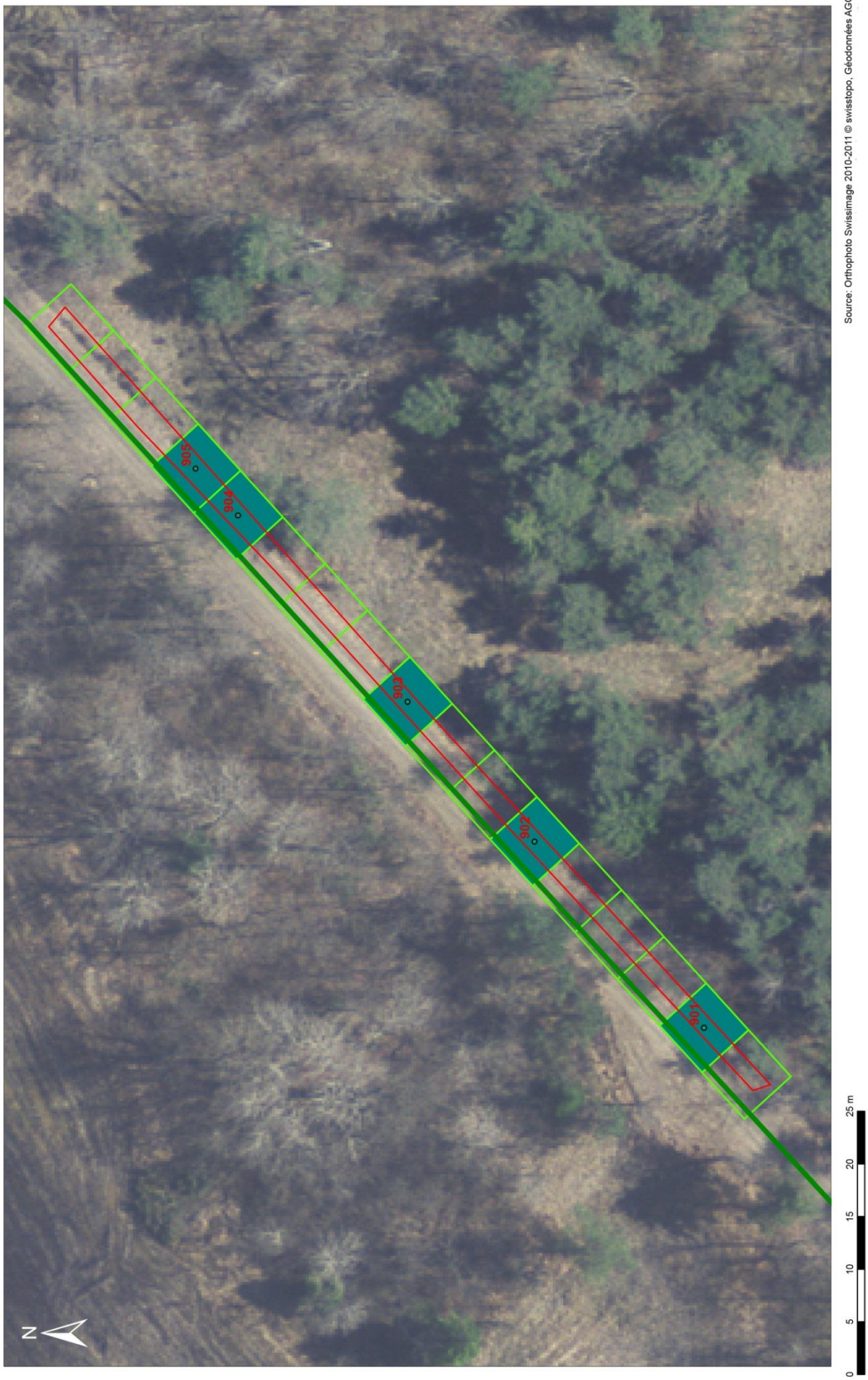

N
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
0
5
10
15
20
25 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

600. PORTALBAN

700. GRÈVES DE LA MOTTE

800. CHAMPMARTIN 1

900. CHAMPMARTIN 2



Annexe 4

Check-list du matériel

- ❑ Paire(s) de brucelles
- ❑ Étiquettes
- ❑ Tubes Eppendorf avec ouate
- ❑ Solution « Eau/Miel »
- ❑ Double mètre
- ❑ Boussole
- ❑ Fiches stations
- ❑ Fiches échantillonnages
- ❑ Tubes récoltes
- ❑ Alcool 70%
- ❑ Loupe de poche 10x
- ❑ Pipette verseuse (pour solution sucrée)
- ❑ Appareil photo
- ❑ Thermomètre
- ❑ Calepin/stylo
- ❑ Crayon gris
- ❑ Cartes
- ❑ Ciseaux

Annexe 5

Fiche de relevé des stations

FICHE STATION N°

Date : ..... **PHOTO** ☐
Conditions météo du jour : .....
Conditions météo préalables : .....
....
Auteur(s) de l'inventaire : .....

EMPLACEMENT

Coordonnées (X et Y) : ..... Altitude : .....
Lieu-dit, commune (canton) : .....

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Surface (m^2) : ..... Pente : .....
Exposition : .....
Description : .....
Affectation : .....

CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES

TYPE DE SOL

Humus			
Milieu aéré	Mull	Moder	Mor
Milieu humide : frange d'ascension capillaire d'une nappe	Hydromull	Hydromoder	Hydromor
Milieu temporairement saturé d'eau	-	Anmorr	Hydromor
Milieu saturé d'eau en permanence	-	-	Histosol (tourbe)

Matière organique

.....
.....
.....
.....

Texture de la terre fine

.....
.....
.....
.....

Limite des horizons

.....
.....
.....
.....

Couleur

.....
.....
.....
.....

Tâches

.....

.....

.....

.....

TYPE DE SOL : .....

DECOMPTE DES PIEDS DE SANGUISORBES

Densité de sanguisorbe (pied/m^2) : .....

PRESENCE D'ELEMENTS LIGNEUX

présence	absence

Type : .....

Nombre : .....

Autre(s) : .....

COUVERTURE DU SOL

Unité carte de végétation : .....

Unité selon Delarze : .....

HAUTEUR DE LA VEGETATION

N°	Hauteur	N°	Hauteur	N°	Hauteur	N°	Hauteur

AUTRES : .....

.....

.....

.....

.....

.....

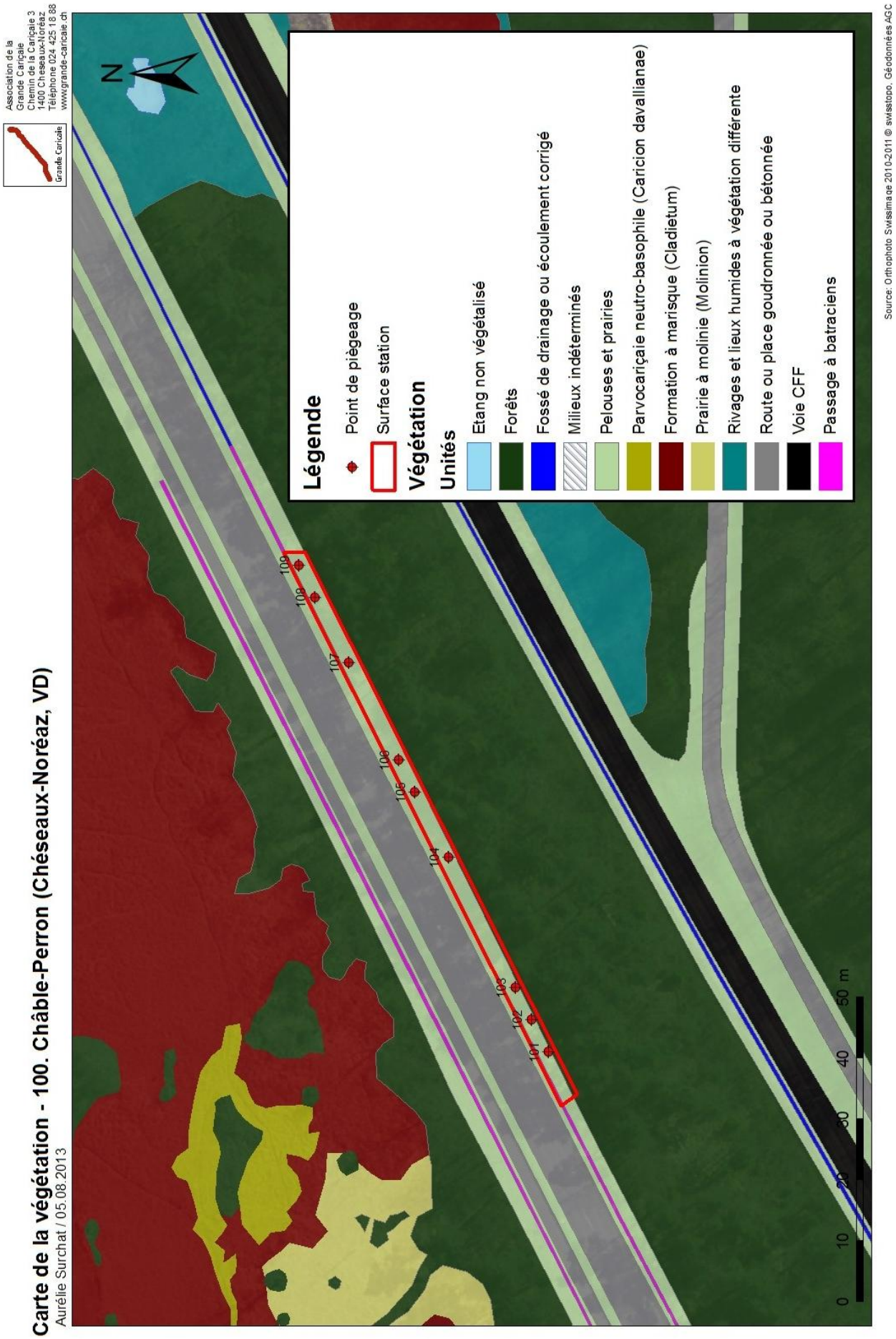
Annexe 6

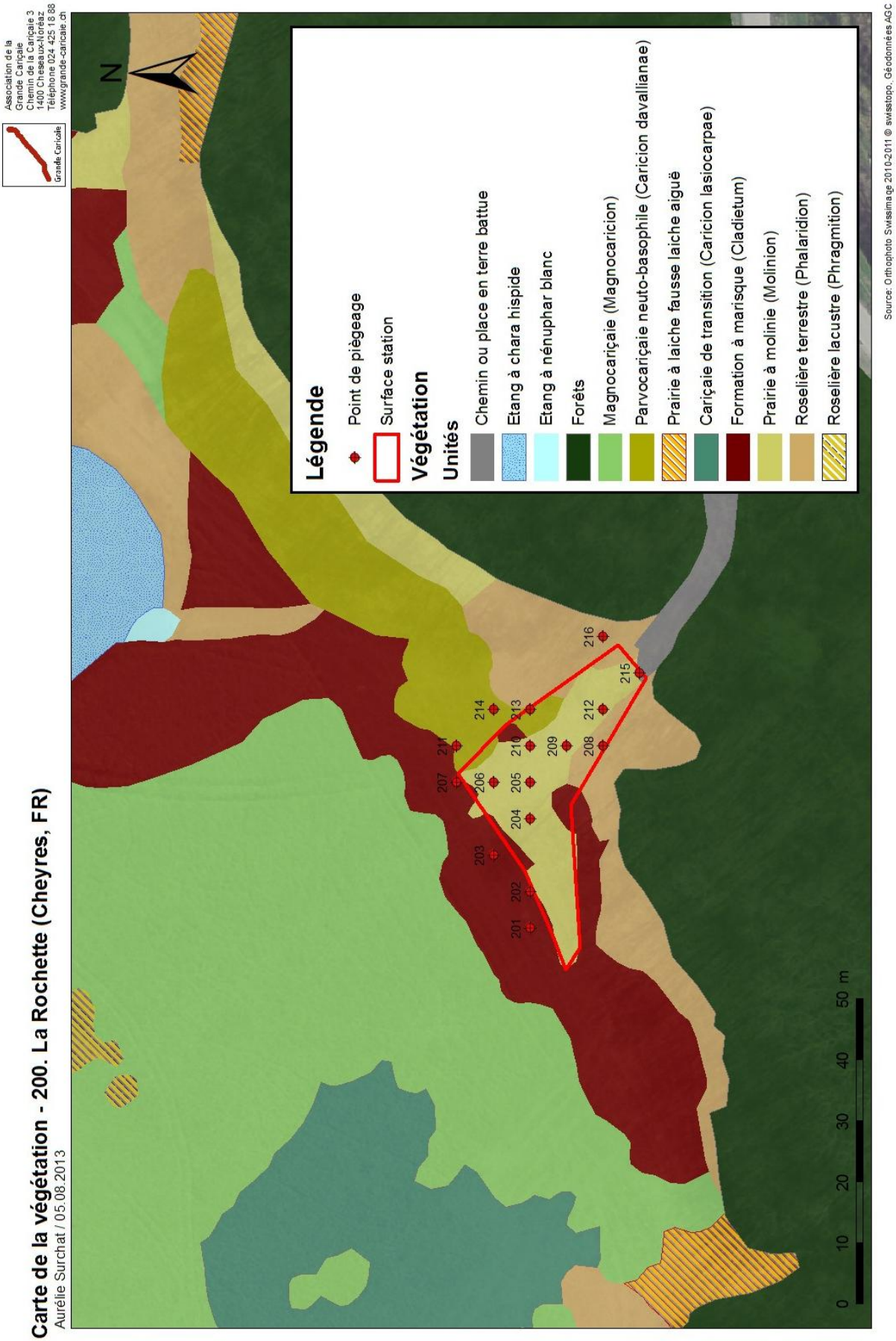
Hauteur de la végétation

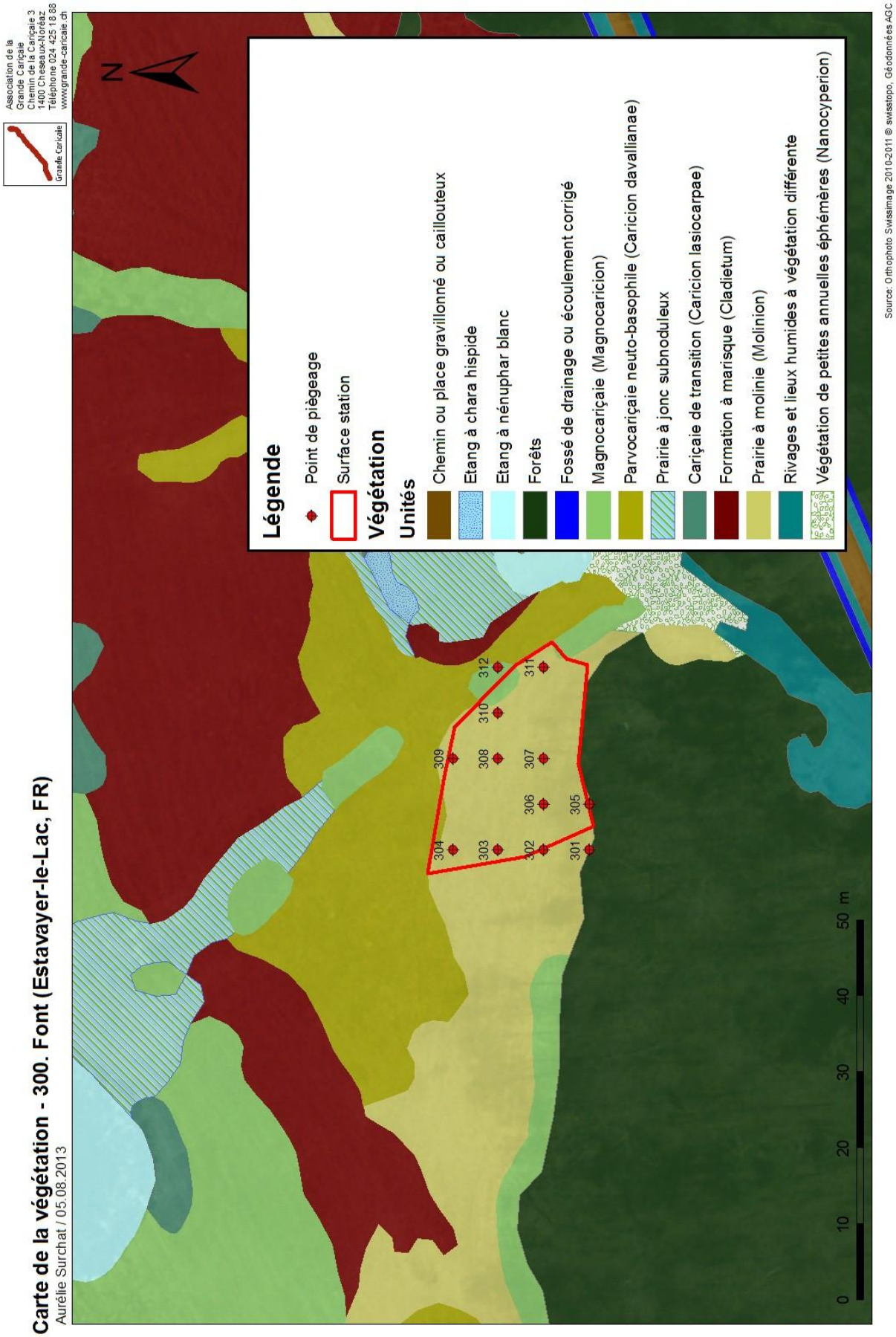
	Stations								
	100	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**
Date	18.07.2013								
Hauteurs n°1	140	100	50	40	60	20	30	80	95
Hauteurs n°2	120	120	60	35	70	30	35	70	95
Hauteurs n°3	60	80	70	40	80	35	32	90	90
Hauteurs n°4	45	90	55	45	66	36	27	140	80
Hauteurs n°5	100	180	72	33	74	28	37	60	85
Hauteurs n°6	70	89	68	42	75	35	35	70	92
Hauteurs n°7	95	135	55	45	63	31	29	80	87
Hauteurs n°8	98	122	63	37	73	21	33	60	79
Hauteurs n°9	94	111	52	32	70	22	36	65	94
Moyenne	**91.33**	**114.11**	**60.56**	**38.78**	**70.11**	**28.67**	**32.50**	**79.44**	**88.56**

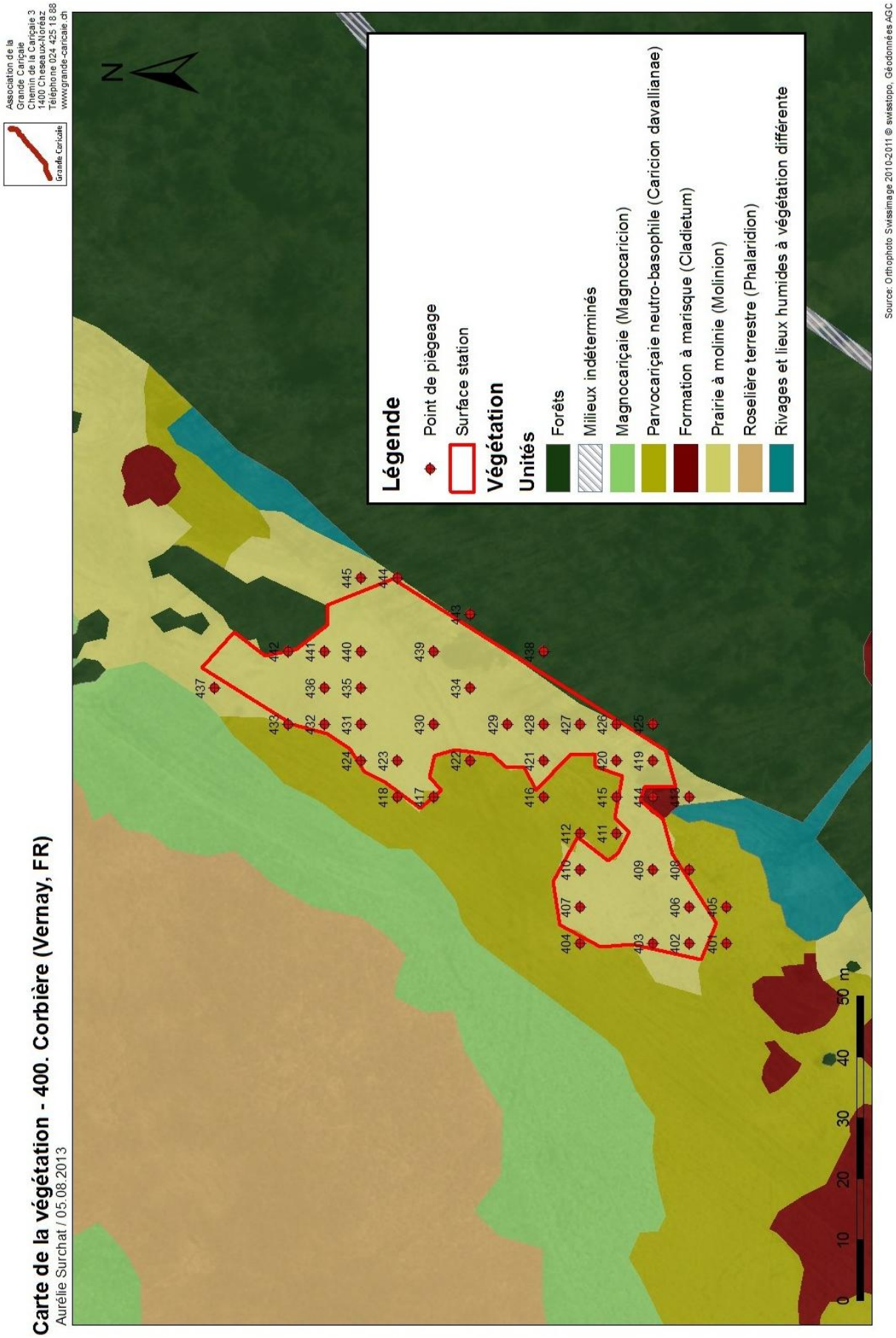
Annexe 7

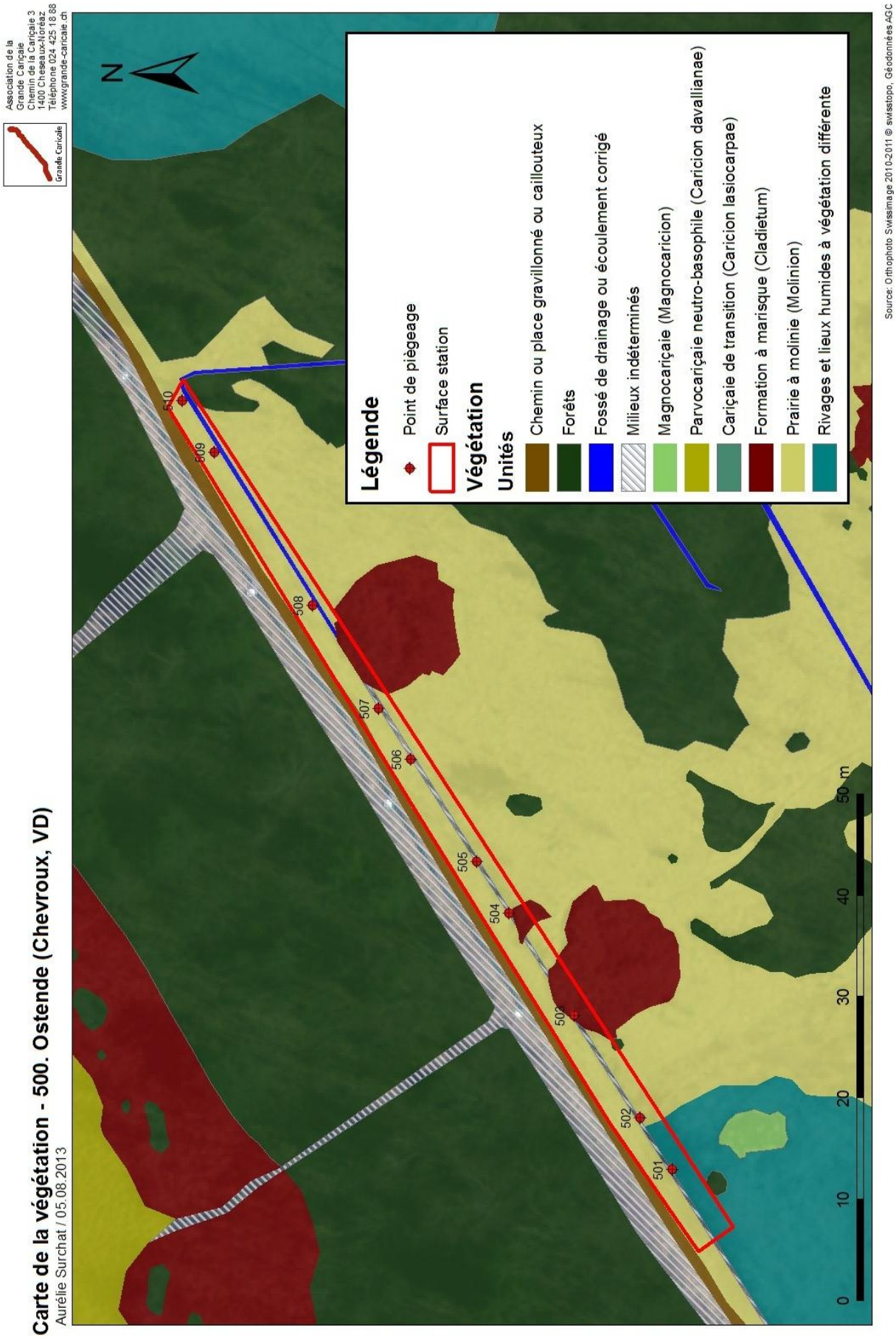
Cartes de végétation

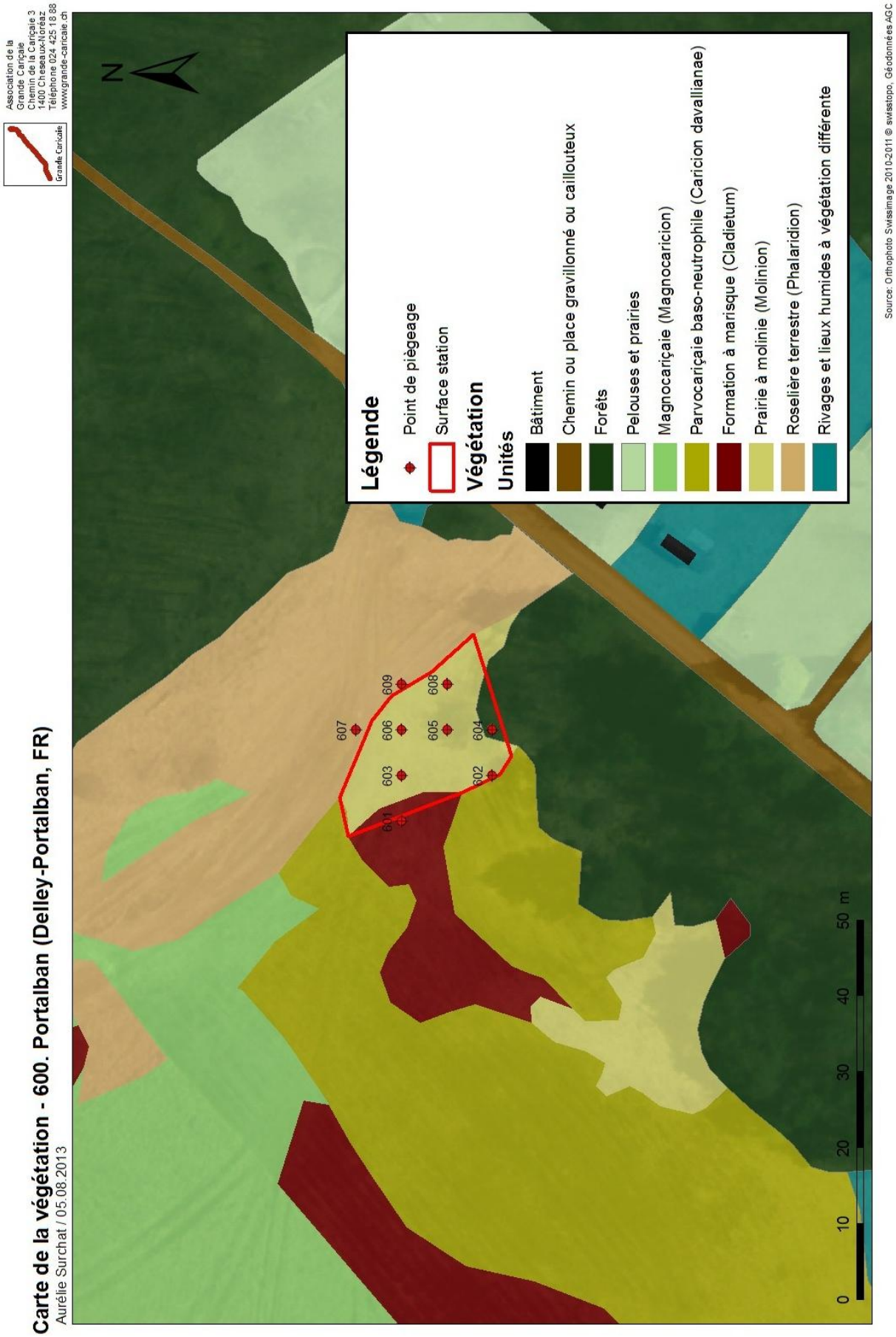

Carte de la végétation - 100. Châble-Perron (Chéseaux-Noréaz, VD)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Caricaie
Chemin de la Caricaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Etang non végétalisé
Forêts
Fossé de drainage ou écoulement corrigé
Milieux indéterminés
Pelouses et prairies
Parvocariçaie neutro-basophile (Caricion davallianae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
Route ou place goudronnée ou bétonnée
Voie CFF
Passage à batraciens
101
102
103
104
105
106
107
108
109
0 10 20 30 40 50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

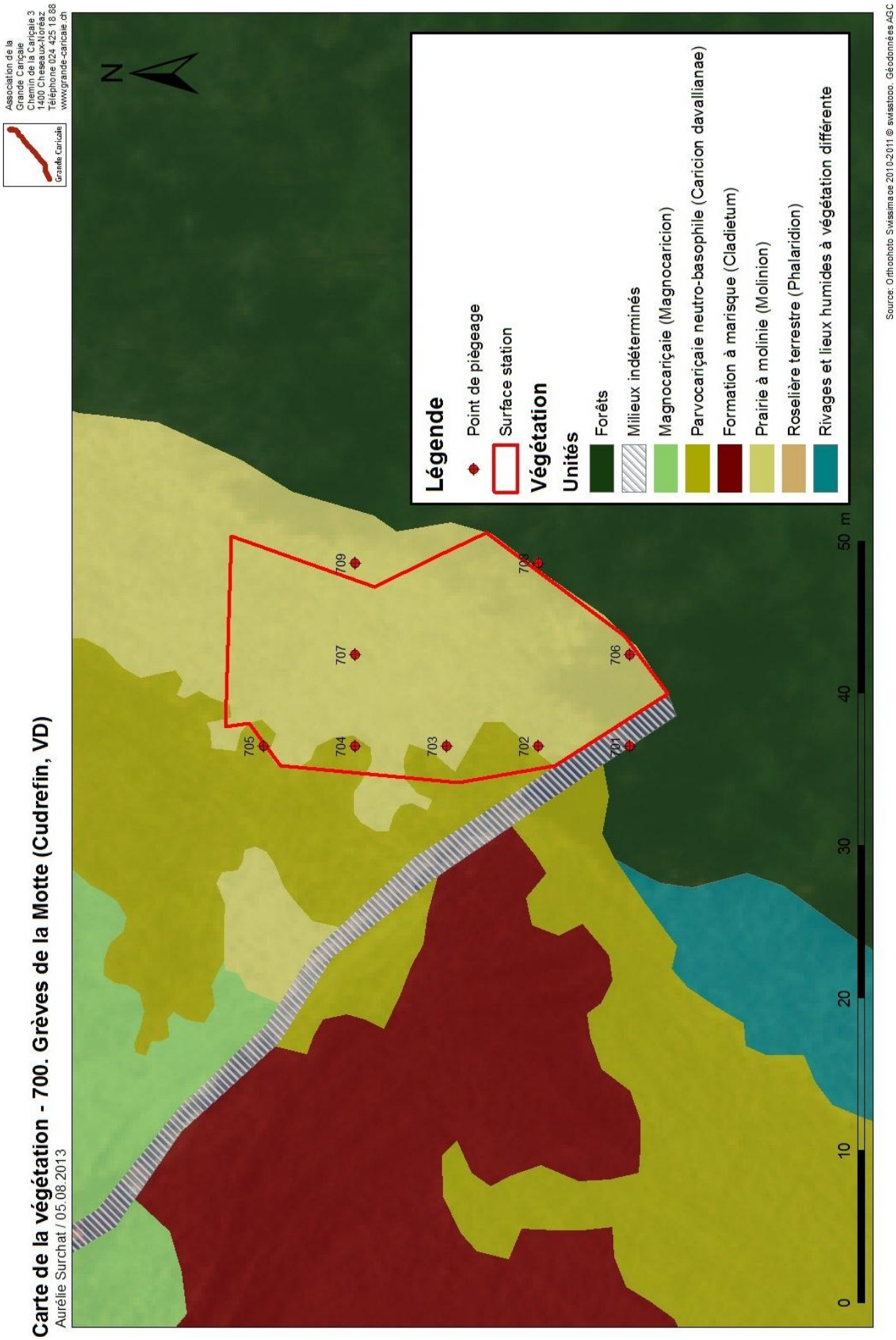

Carte de la végétation - 200. La Rochette (Cheyres, FR)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Chessaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Chemin ou place en terre battue
Etang à chara hispide
Etang à nénuphar blanc
Forêts
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neuto-basophile (Caricion davallianae)
Prairie à laiche fausse laiche aiguë
Cariçaie de transition (Caricion lasiocarpae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Roselière terrestre (Phalaridion)
Roselière lacustre (Phragmition)
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
0
10
20
30
40
50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

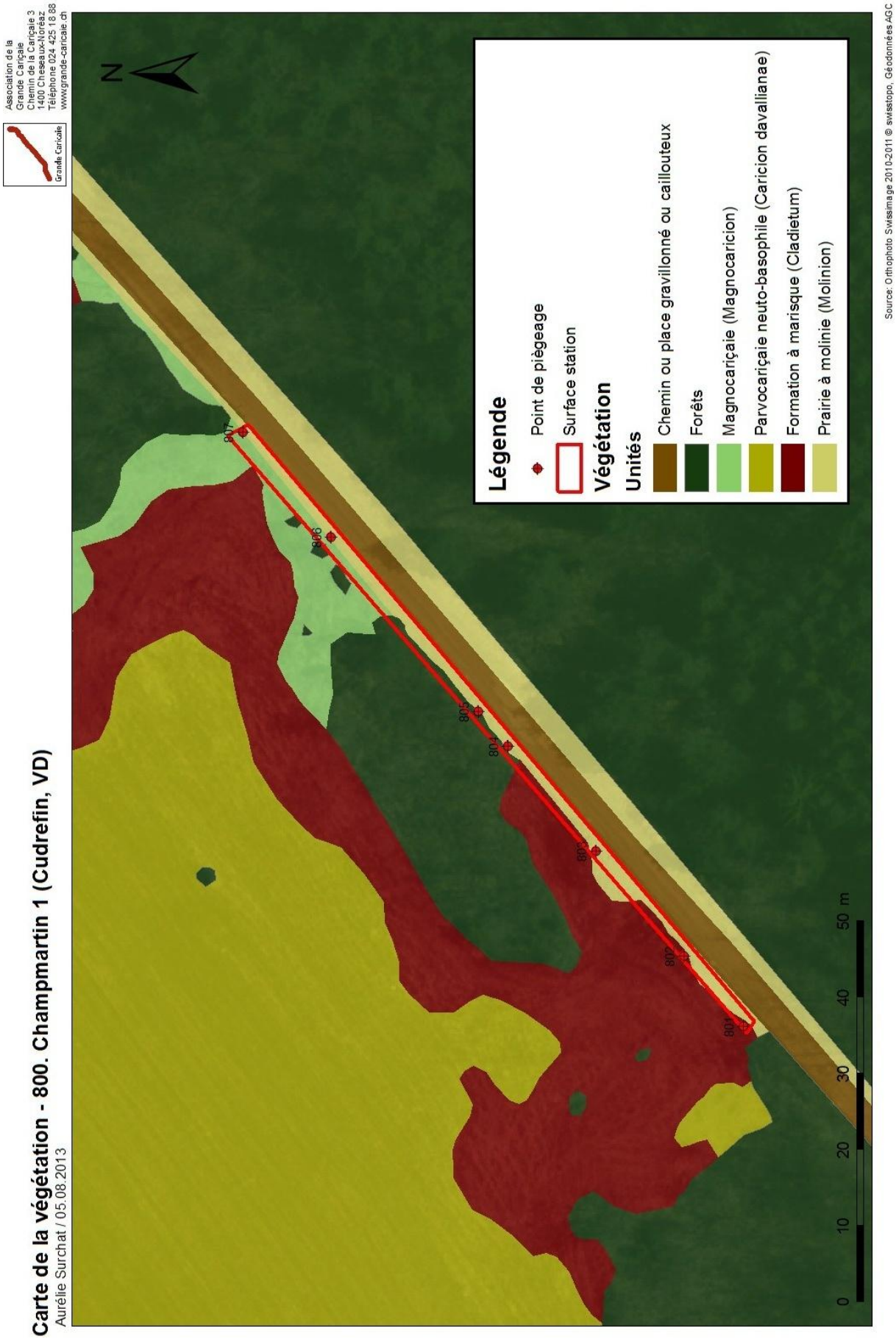

Carte de la végétation - 300. Font (Estavayer-le-Lac, FR)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Cariçaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Chemin ou place gravillonné ou caillouteux
Etang à chara hispide
Etang à nénuphar blanc
Forêts
Fossé de drainage ou écoulement corrigé
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neuto-basophile (Caricion davallianae)
Prairie à jonc subnoduleux
Cariçaie de transition (Caricion lasiocarpae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
Végétation de petites annuelles éphémères (Nanocyperion)
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
0
10
20
30
40
50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

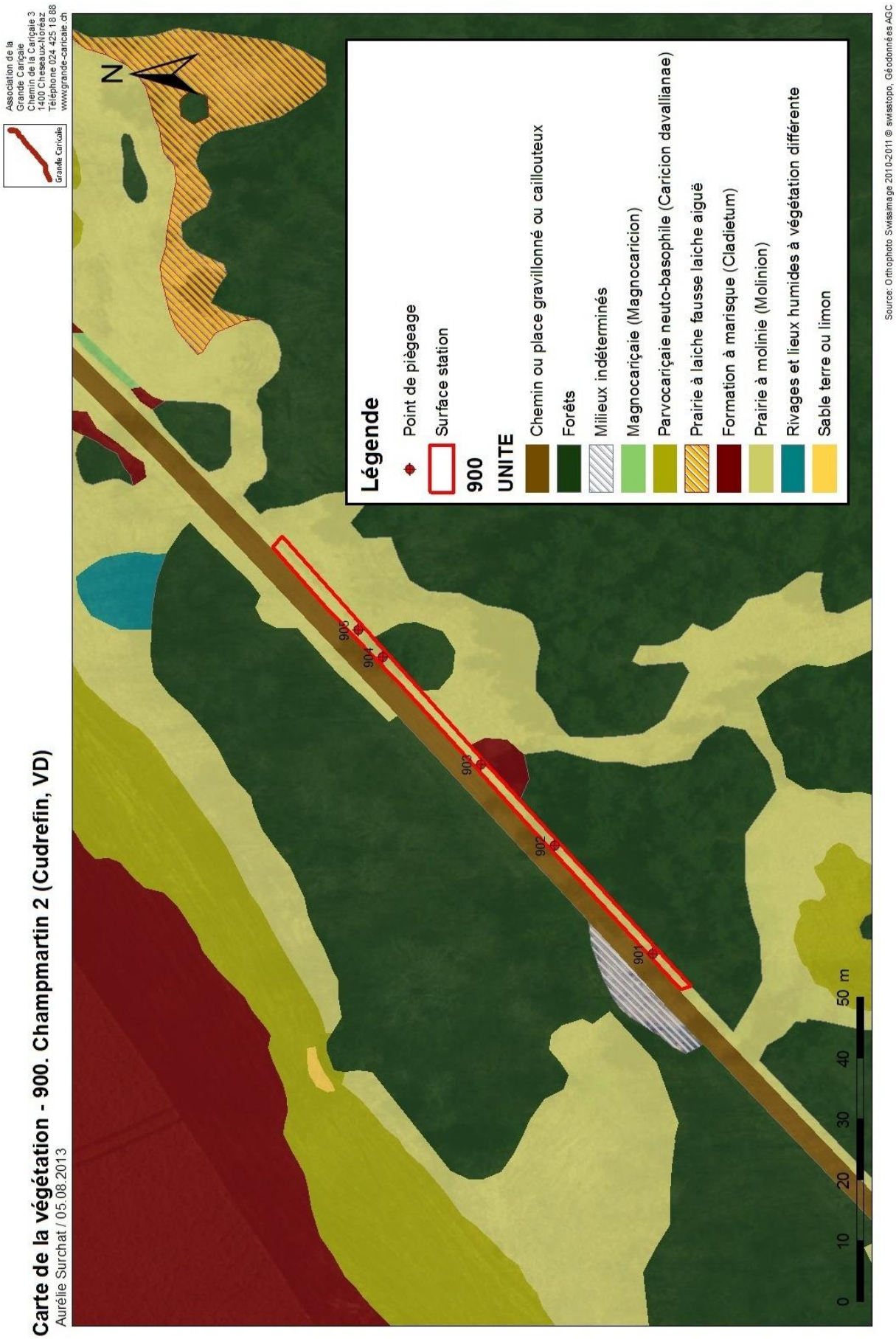

Carte de la végétation - 400. Corbière (Vernay, FR)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Caricaie
Chemin de la Caricaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Forêts
Milieux indéterminés
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neutro-basophile (Caricion davallianae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Roselière terrestre (Phalaridion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
0 10 20 30 40 50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


Carte de la végétation - 500. Ostende (Chevroux, VD)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Chemin ou place gravillonné ou caillouteux
Forêts
Fossé de drainage ou écoulement corrigé
Milieux indéterminés
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neutro-basophile (Caricion davallianae)
Cariçaie de transition (Caricion lasiocarpae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
0
10
20
30
40
50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


Carte de la végétation - 600. Portalban (Delley-Portalban, FR)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Cariçaie
N
601
602
603
604
605
606
607
608
609
0 10 20 30 40 50 m
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Bâtiment
Chemin ou place gravillonné ou caillouteux
Forêts
Pelouses et prairies
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie baso-neutrophile (Caricion davallianae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Roselière terrestre (Phalaridion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


Carte de la végétation - 700. Grèves de la Motte (Cudrefin, VD)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Forêts
Milieux indéterminés
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neutro-basophile (Caricion davallianae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Roselière terrestre (Phalaridion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
701
702
703
704
705
706
707
708
709
0
10
20
30
40
50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


Carte de la végétation - 800. Champmartin 1 (Cudrefin, VD)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Caricaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
Végétation
Unités
Chemin ou place gravillonné ou caillouteux
Forêts
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neuto-basophile (Caricion davallianae)
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
807
806
805
804
803
802
801
0 10 20 30 40 50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


Carte de la végétation - 900. Champmartin 2 (Cudrefin, VD)
Aurélie Surchat / 05.08.2013
Association de la Grande Cariçaie
Chemin de la Cariçaie 3
1400 Cheseaux-Noréaz
Téléphone 024 425 18 88
www.grande-caricaie.ch
Grande Cariçaie
N
Légende
Point de piègeage
Surface station
900
UNITE
Chemin ou place gravillonné ou caillouteux
Forêts
Milieux indéterminés
Magnocariçaie (Magnocaricion)
Parvocariçaie neuto-basophile (Caricion davallianae)
Prairie à laiche fausse laiche aiguë
Formation à marisque (Cladietum)
Prairie à molinie (Molinion)
Rivages et lieux humides à végétation différente
Sable terre ou limon
901
902
903
904
905
0 10 20 30 40 50 m
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

Annexe 8

Type de végétation

Stations	Points de piégeage	Typologie Suisse (Delarze et Gonseth, 2008)	Typologie Grande Cariçaie (Clerc, 2002)
100. Châble-Perron	101	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	102	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	103	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	104	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	105	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	106	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	107	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	108	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
	109	2.3.3 Mégaphorbiaie marécageuse - *Filipendulion*	Pelouses et prairies
200. La Rochette	201	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	202	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	203	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	204	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	205	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	206	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	207	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	208	2.1.2.2 Roselière terrestre - *Phalaridion*	Pseudoroselière
	209	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	210	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	211	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	212	2.3.1 Prairie à molinie - Molinion	Prairie à Molinie (variante humide)
	213	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	214	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	215	Chemin ou place en terre battue	Chemin ou place en terre battue
	216	2.1.2.2 Roselière terrestre - *Phalaridion*	Pseudoroselière
300. Font	301	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	302	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	303	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)

Stations	Points de piégeage	Typologie Suisse (Delarze et Gonseth, 2008)	Typologie Grande Cariçaie (Clerc, 2002)
300. Font	304	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	305	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	306	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	307	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	308	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	309	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	310	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	311	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	312	2.2.1.1 Magnocariçaie - *Magnocaricion*	Prairie à laiche faux panic et laiche élevée
400. Corbière	401	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à laiche faux-panic
	402	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	403	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	404	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à laiche faux-panic
	405	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à laiche faux-panic
	406	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	407	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	408	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à laiche faux-panic
	409	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	410	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	411	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	412	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	413	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	414	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	415	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	416	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	417	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	418	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à laiche faux-panic
	419	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	420	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	421	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	422	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)

Stations	Points de piégeage	Typologie Suisse (Delarze et Gonseth, 2008)	Typologie Grande Cariçaie (Clerc, 2002)
400. Corbière	423	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	424	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	425	Forêts	Forêts
	426	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	427	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	428	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	429	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	430	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	431	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	432	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	433	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	434	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	435	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	436	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	437	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	438	Forêts	Forêts
	439	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	440	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	441	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	442	Forêts	Forêts
	443	Forêts	Forêts
	444	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	445	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
500. Ostende	501	-	Rivages et lieux humides à végétation différente
	502	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	503	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	504	Milieux indétérminés (=fossés)	Milieux indétérminés (=fossés)
	505	Milieux indétérminés (=fossés)	Milieux indétérminés (=fossés)
	506	Milieux indétérminés (=fossés)	Milieux indétérminés (=fossés)
	507	Milieux indétérminés (=fossés)	Milieux indétérminés (=fossés)
	508	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	509	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	510	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
600. Portalban	601	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à marisque et laiche faux-panic
	602	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	603	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	604	Forêts	Forêts
	605	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)

Stations	Points de piégeage	Typologie Suisse (Delarze et Gonseth, 2008)	Typologie Grande Cariçaie (Clerc, 2002)
600. Portalban	606	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	607	2.1.2.2 Roselière terrestre - *Phalaridion*	Végétation pionnière à plantain d'eau
	608	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante sèche)
	609	2.1.2.2 Roselière terrestre - *Phalaridion*	Végétation pionnière à plantain d'eau
700. Grèves de la Motte	701	forêts	forêts
	702	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
	703	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
	704	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
	705	2.2.3 Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*	Prairie à choin (variante sèche)
	706	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
	707	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
	708	forêts	forêts
	709	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à molinie (variante sèche)
800. Champmartin 1	801	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	802	2.2.1.2 Formation à marisque - *Cladietum*	Prairie à Marisque
	803	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	804	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	805	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	806	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	807	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
900. Champmartin 2	901	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	902	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	903	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	904	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)
	905	2.3.1 Prairie à molinie - *Molinion*	Prairie à Molinie (variante humide)

Annexe 9

Description des sols

100. Châble-Perron

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 100. Châble-Perron
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Mégaphorbiaie marécageuse
Humus		Mull
Matière organique		horizon humique foncé, grumeleux et plein de racine
Texture de la terre fine	horizon A	grumeleux et très caillouteux
	horizon B	sableux avec des limons
Limite des horizons		peu nette, floue. Dégradé progressif d'un horizon à l'autre, également en terme de couleur.
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Beige/gris
Tâches		-
Influence de la nappe		Nul
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Remblais, indéterminable
	référentiel pédologique 1995	Remblais, indéterminable

200. LA ROCHETTE

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 200. La Rochette
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie dense riche en roseaux
Humus		Mull
Matière organique		Racines
Texture de la terre fine	horizon A	Grumeleux
	horizon B	Limoneux
Limite des horizons		Nette
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Brun/beige
Tâches		Très peu de tâches d'oxydation, et de petites tailles
Influence de la nappe		Moyenne
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley réduit
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

300. FONT

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 300. Font
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie et à choin
Humus		Mull
Matière organique		Bien décomposé, assez pâteux. Pleins de petites racines.
Texture de la terre fine	horizon A	Pâteux, humide. Peu épais
	horizon B	Sableux légèrement limoneux
Limite des horizons		Nette
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Gris/beige avec tâches
Tâches		Tâches bien visible de fer réduit
Influence de la nappe		Moyenne
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley peu humifère
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

400. CORBIÈRE

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 400. Corbière
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie et à choin
Humus		Beau mull
Matière organique		Premier horizon très organique avec radicelles
Texture de la terre fine	horizon A	Légèrement grumeleux, limoneux
	horizon B	Sableux
Limite des horizons		Nette
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Beige ferreux
Tâches		Zone de réduction, belles tâches
Influence de la nappe		Grande
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley peu humifère
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

400. CORBIÈRE

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 400. Corbière
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Parvocariçaie, prairie à choin
Humus		Mull
Matière organique		Très organique
Texture de la terre fine	horizon A	Très organique avec nombreuses radicelles mais gorgé d'eau
	horizon B	Limoneux
Limite des horizons		Nette
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Gris/beige
Tâches		Tâches d'oxydoréduction
Influence de la nappe		Grande
Autres		Nous sommes au niveau de la nappe, plus bas que le carottage précédent. La zone était encore en eau lors de l'échantillonnage des fourmis.
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley réduit
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

500. OSTENDE

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 500. Ostende
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Molinion, très homogène
Humus		Mull très peu épais
Matière organique		Beaucoup de racines de taille moyenne
Texture de la terre fine	horizon A	-
	horizon B	Sableux
Limite des horizons		Comme 3 horizons, 2 A ainsi qu'un horizon B
Couleur	horizon A	Brun/gris
	horizon B	Beige
Tâches		-
Influence de la nappe		Nul
Autres		Pas d'influence de la nappe. La station se trouve sur une butte à côté d'un fossé. Racines s'enfonce profondément
TYPE DE SOL	référence CPCS	?
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

600. PORTALBAN

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 600. Portalban
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		**Prairie à molinie et à choin**
Humus		Quasi absent
Matière organique		Minéralisé, sauf radicelles
Texture de la terre fine	horizon A	Limono-sableux
	horizon B	Gravelo-limoneux avec de la molasse délitée
Limite des horizons		Horizon A va jusqu'à env. 20cm
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Beige/orange
Tâches		Tâches d'oxydation
Influence de la nappe		Moyenne
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley peu humifère
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

700. GRÈVES DE LA MOTTE

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 700. Grèves de la Motte
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie et à choin
Humus		Mull
Matière organique		Petites racines et radicelles. Matière organique bien décomposée
Texture de la terre fine	horizon A	Limoneux
	horizon B	Sableux
Limite des horizons		Transition peu nette
Couleur	horizon A	Brun/gris, plus brun
	horizon B	Beige
Tâches		Tâches d'oxydoréduction dans le B
Influence de la nappe		Grande
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Gley oxydé humifère
	référentiel pédologique 1995	Réductisols

800. CHAMPMARTIN 1

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 800. Champmartin 1
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie
Humus		Mull
Matière organique		Mull déjà très minéralisé. Humus de <1cm
Texture de la terre fine	horizon A	Assez grumeleux, homogène avec peu de cailloux
	horizon B	
Limite des horizons		Transition peu nette entre A et B
Couleur	horizon A	Brun
	horizon B	Gris/beige
Tâches		Pas de tâches
Influence de la nappe		Nul
Autres		-
TYPE DE SOL	référence CPCS	Remblais – indéterminable
	référentiel pédologique 1995	Remblais – indéterminable

800. CHAMPMARTIN 1

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 800. Champmartin 1
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Cariçaie avec *Carex acutiformis*/Formation à marisque
Humus		Hydromull/Anmoor
Matière organique		Racines, Feuilles, etc non minéralisé
Texture de la terre fine	horizon A	Fondant, limoneux
	horizon B	Argileux
Limite des horizons		Transition nette ! Mais sorte de A , A2 puis B
Couleur	horizon A	Brun foncé tirant sur le noir, avec A2 un peu plus brun/gris
	horizon B	Beige/gris
Tâches		Tâches d'oxydoréduction
Influence de la nappe		Grande
Autres		à côté de la route, dans le marais, presque dans le fossé
TYPE DE SOL	référence CPCS	Pseudogley primaire à anmoor-hydromull
	référentiel pédologique 1995	Rédoxisols

900. CHAMPMARTIN 2

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 900. Champmartin 2
- **ritères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à molinie
Humus		Mull
Matière organique		Presque complètement minéralisé
Texture de la terre fine	horizon A	Grumeleux
	horizon B	Grumeleux, présence de cailloux en petite quantité
Limite des horizons		Peu nette
Couleur	horizon A	Brun/beige
	horizon B	Gris/beige
Tâches		-
Influence de la nappe		Nul
Autres		Semblable au sol de la prairie à molinie de la station Champmartin 1
TYPE DE SOL	référence CPCS	Remblais – indéterminable
	référentiel pédologique 1995	Remblais - indéterminable

900. CHAMPMARTIN 2

- **Date :** 18 juillet 2013
- **Station :** 900. Champmartin 2
- **Critères pédologiques :**

Type de végétation		Prairie à petite laiche, *Caricetum paniceae*
Humus		Anmoor
Matière organique		Grosse racines, copeaux de bois
Texture de la terre fine	horizon A	Argilo-limoneux
	horizon B	
Limite des horizons		Horizon perturbés. Tour parait inversé car l'horizon OH est distribué sur toute la profondeur. Presque un anmoor avec de la matière organique figurée qui se décompose mal.
Couleur	horizon A	Brun/noir
	horizon B	
Tâches		-
Influence de la nappe		Grande
Autres		à côté de la route, dans le marais côté falaise
TYPE DE SOL	référence CPCS	Sol perturbé - broyage
	référentiel pédologique 1995	Sol perturbé - broyage

Annexe 10

Présence d'éléments ligneux

		Stations									
		100	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**		**900**
Date		18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013	18.07.2013		18.07.2013
Présence / Absence		Présence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence		Présence
Type	**Embroussaillement**	X		X			X	X			
	Arbres		X						X		
	Arbustes					X				X	X
	Bosquets				X						
Recouvrement		< 1 %	4%	40 - 50 %	15%	80%	< 5 %	10%	50%	30%	5%
Autres			2 arbres	Espèce : *Alnus incana*	3 bosquets	Station en lisière de zone témoin embrousaillée	Espèce : *Alnus incana*	Espèces : *Alnus incana*, *Frangula alnus*	5 arbres	Surtout sur le Caricetum	Regrouper dans une partie de la station

Annexe 11

Relevé des sanguisorbes

ID	Station	Nombre de pied	Surface	Densité [nb/m2]
100	Châble-Perron	118	36.94	**3.19**
100	Châble-Perron	131	32.16	**4.07**
100	Châble-Perron	103	17.53	**5.88**
100	Châble-Perron	188	55.14	**3.41**
200	La Rochette	8	47.37	**0.17**
200	La Rochette	7	20.83	**0.34**
300	Font	26	22.84	**1.14**
300	Font	35	26.1	**1.34**
300	Font	127	349.3	**0.36**
400	Corbière	218	2613.9	**0.08**
500	Ostende	52	2059.76	**0.03**
600	Portalban	51	130.6	**0.39**
600	Portalban	28	370.67	**0.08**
700	Grèves de la Motte	134	345.43	**0.39**
800	Champmartin 1	98	87.57	**1.12**
800	Champmartin 1	219	168.37	**1.30**
900	Champmartin 2	42	29.71	**1.41**
900	Champmartin 2	27	34.1	**0.79**
900	Champmartin 2	35	67.12	**0.52**
900	Champmartin 2	35	34.94	**1.00**

ID	Station	Surface total	Total nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Densité
100	Châble-Perron	141.77	540	135	103	188	**3.81**
200	La Rochette	68.2	15	7.5	7	8	**0.22**
300	Font	398.24	188	62.67	26	127	**0.47**
400	Corbière	2613.9	218	218	218	218	**0.08**
500	Ostende	2059.76	52	52	52	52	**0.03**
600	Portalban	501.27	79	39.5	28	51	**0.16**
700	Grèves de la Motte	345.43	134	134	134	134	**0.39**
800	Champmartin 2	255.94	317	168.37	98	219	**1.24**
900	Champmartin 2	165.87	139	34.75	27	42	**0.84**

La densité moyenne toutes stations confondues est de 1.35 pied/m^2 si nous prenons en compte tout les « tâches » de sanguisorbe (tableau1) et de 0.8 pied/m^2 si nous prenons les moyennes de densités pour chaque stations.

Annexe 12

Données d'échantillonnages des fourmis

Lieu-dit	ID	Coordonnées		a. CENTRE		b. NORD		c. EST		d. SUD		e. OUEST	
		X	Y	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance
100. Châble-Perron	101	543341	183100	*Lasius* sp.	16	*Lasius* sp.	34	*Lasius* sp.	1	*Myrmica rubra*	1	*Lasius* sp.	37
100. Châble-Perron	102	543347	183103	*Lasius* sp.	15	*Lasius* sp.	17	*Lasius* sp.	11	*Lasius* sp.	5	*Lasius* sp.	32
100. Châble-Perron	103	543352	183105			*Lasius* sp.	1			*Lasius* sp.	1		
100. Châble-Perron	104	543373	183116	*Myrmecina graminola*	4								
100. Châble-Perron	104	543373	183116	*Myrmica rubra*	4	*Lasius* sp.	1			*Myrmica rubra*	8	*Myrmica scabrinodis*	24
100. Châble-Perron	105	543384	183122	*Myrmica rubra*	3	*Lasius* sp.	13	*Lasius* sp.	2	*Myrmica rubra*	1	*Myrmica rubra*	10
100. Châble-Perron	106	543389	183125			*Lasius* sp.	4						
100. Châble-Perron	107	543405	183133	*Lasius* sp.	17					*Lasius* sp.	5		
100. Châble-Perron	108	543416	183138			*Myrmica rubra*	2						
100. Châble-Perron	109	543421	183141	*Myrmica rubra*	1			*Myrmica rubra*	1				
200. Eternit (Cheyres)	201	549516	184914							*Myrmica scabrinodis*	4	*Myrmica scabrinodis*	13
200. Eternit (Cheyres)	202	549522	184914									*Lasius* sp.	1
200. Eternit (Cheyres)	202	549522	184914									*Myrmica scabrinodis*	5
200. Eternit (Cheyres)	203	549528	184920	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	2		
200. Eternit (Cheyres)	204	549534	184914	*Myrmica scabrinodis*	9	*Myrmica scabrinodis*	2	*Lasius* sp.	1	*Myrmica scabrinodis*	6	*Lasius* sp.	6
200. Eternit (Cheyres)	205	549540	184914	*Myrmica scabrinodis*	9	*Myrmica scabrinodis*	1	*Myrmica scabrinodis*	2	*Myrmica scabrinodis*	1	*Myrmica scabrinodis*	8
200. Eternit (Cheyres)	206	549540	184920										
200. Eternit (Cheyres)	207	549540	184926			*Lasius* sp.	1					*Laisus* sp.	2
200. Eternit (Cheyres)	208	549546	184902	*Myrmica rubra*	13	*Lasius* sp.	24	*Myrmica rubra*	28	*Lasius* sp.	4	*Laisus* sp.	3
200. Eternit (Cheyres)	209	549546	184908	*Lasius* sp.	29	*Myrmica rubra*	41	*Lasius* sp.	13	*Myrmica rubra*	27		
200. Eternit (Cheyres)	210	549546	184914	*Myrmica scabrinodis*	19	*Lasius* sp.	1			*Myrmica scabrinodis*	7	*Lasius* sp.	6
200. Eternit (Cheyres)	211	549546	184926	*Myrmica rubra*	2								
200. Eternit (Cheyres)	211	549546	184926	*Myrmica scabrinodis*	6	*Lasius* sp.	10	*Myrmica scabrinodis*	4	*Lasius* sp.	3		
200. Eternit (Cheyres)	212	549552	184902	*Myrmica rubra*	2					*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	18
200. Eternit (Cheyres)	213	549552	184914	*Myrmica scabrinodis*	5	*Lasius* sp.	1			*Myrmica scabrinodis*	6	*Myrmica rubra*	12
200. Eternit (Cheyres)	214	549552	184920			*Lasius* sp.	1			*Myrmica rubra*	14	*Lasius* sp.	1
200. Eternit (Cheyres)	215	549558	184896	*Myrmica rubra*	10					*Myrmica rubra*	10	*Myrmica rubra*	12
200. Eternit (Cheyres)	216	549564	184902										
300. Font	301	552260	187550					*Temnothorax sp.*	2				
300. Font	301	552260	187550	*Lasius* sp.	31	*Myrmica rubra*	3	*Myrmica rubra*	3	*Myrmica ruginodis*	7	*Lasius* sp.	23
300. Font	302	552260	187556	*Lasius* sp.	10	*Lasius* sp.	14	*Myrmica rubra*	14	*Lasius* sp.	15	*Lasius* sp.	25
300. Font	303	552260	187562	*Myrmica rubra*	2			*Myrmica rubra*	18			*Myrmica rubra*	29
300. Font	304	552260	187568			*Myrmica ruginodis*	3	*Myrmica rubra*	5			*Myrmica rubra*	11
300. Font	305	552266	187550	*Myrmica rubra*	30	*Myrmica rubra*	13	*Myrmica ruginodis*	1	*Lasius* sp.	20	*Temnothorax* sp.	2
300. Font	305	552266	187550					*Temnothorax* sp.	2				
300. Font	306	552266	187556	*Lasius* sp.	7	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	7	*Myrmica rubra*	15	*Lasius* sp.	2

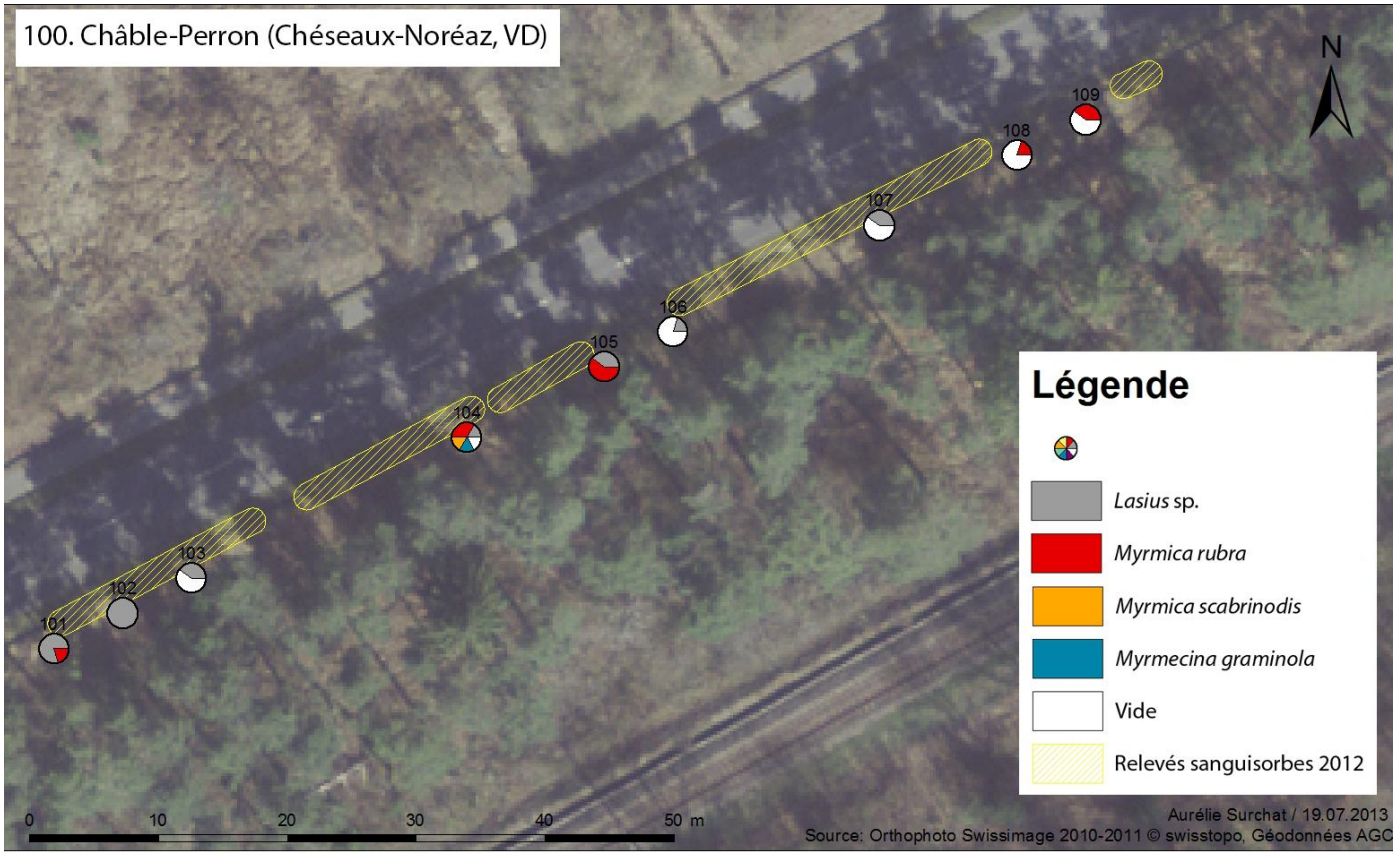
Lieu-dit	ID	Coordonnées		a. CENTRE		b. NORD		c. EST		d. SUD		e. OUEST	
		X	Y	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance
300. Font	307	552272	187556	*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	7				
300. Font	308	552272	187562	*Lasius* sp.	1	*Myrmica rubra*	3	*Myrmica rubra*	30			*Lasius* sp.	2
300. Font	309	552272	187568			*Myrmica scabrinodis*	24	*Lasius fuliginosus*	7	*Myrmica scabrinodis*	34	*Myrmica scabrinodis*	17
300. Font	310	552278	187562	*Lasius* sp.	30	*Lasius* sp.	28	*Lasius* sp.	41	*Lasius* sp.	36	*Lasius* sp.	20
300. Font	311	552284	187556	*Lasius*sp.	5	*Lasius* sp.	2	*Myrmica scabrinodis*	46	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	5
300. Font	312	552284	187562	*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	26			*Lasius* sp.	2
400. Corbière	401	556556	190819		11	*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	19				
400. Corbière	402	556556	190825			*Lasius* sp.	23	*Myrmica scabrinodis*	16	*Lasius* sp.	2		
400. Corbière	403	556556	190831	*Lasius* sp.	29	*Lasius* sp.	25	*Lasius* sp.	16	*Lasius* sp.	23	*Lasius* sp.	26
400. Corbière	404	556556	190843	*Myrmica ruginodis*	6	*Lasius* sp.	6			*Lasius* sp.	11		
400. Corbière	405	556562	190819	*Myrmica scabrinodis*	9	*Lasius* sp.	10	*Lasius* sp.	17	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	3
400. Corbière	406	556562	190825	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	20	*Myrmica scabrinodis*	32	*Lasius* sp.	4		
400. Corbière	407	556562	190843	*Lasius* sp.	5	*Lasius* sp.	20	*Lasius* sp.	15	*Lasius* sp.	2	*Myrmica scabrinodis*	1
400. Corbière	408	556568	190825	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	10						
400. Corbière	409	556568	190831	*Lasius* sp.	2							*Lasius* sp.	6
400. Corbière	410	556568	190843			*Lasius* sp.	2			*Lasius* sp.	17	*Lasius* sp.	11
400. Corbière	411	556574	190837	*Lasius* sp.	20	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	10	*Lasius* sp.	7	*Lasius* sp.	3
400. Corbière	412	556574	190843	*Myrmica ruginodis*	2	*Myrmica ruginodis*	6	*Myrmica ruginodis*	5	*Myrmica ruginodis*	4	*Myrmica rubra*	8
400. Corbière	413	556580	190825	*Lasius* sp.	9	*Myrmica scabrinodis*	34	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	10	*Lasius* sp.	17
400. Corbière	414	556580	190831	*Myrmica rubra*	25	*Lasius* sp.	20	*Myrmica rubra*	21	*Myrmica rubra*	6	*Lasius* sp.	1
400. Corbière	415	556580	190837	*Lasius* sp.	19	*Lasius* sp.	5	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	11	*Lasius* sp.	18
400. Corbière	416	556580	190849	*Myrmica scabrinodis*	1			*Lasius* sp.	7				
400. Corbière	417	556580	190867	*Lasius* sp.	1			*Lasius* sp.	3				
400. Corbière	418	556580	190873			*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	14	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	4
400. Corbière	419	556586	190831	*Lasius* sp.	21	*Lasius* sp.	34	*Lasius* sp.	35	*Myrmica rubra*	8	*Lasius* sp.	29
400. Corbière	420	556586	190837	*Lasius* sp.	17	*Lasius* sp.	4			*Lasius* sp.	13	*Lasius* sp.	19
400. Corbière	421	556586	190849	*Lasius* sp.	3			*Lasius* sp.	2				
400. Corbière	422	556586	190861	*Lasius* sp.	1					*Lasius* sp.	3		
400. Corbière	423	556586	190873			*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	9
400. Corbière	424	556586	190879	*Lasius* sp.	3					*Lasius* sp.	8	*Lasius* sp.	9
400. Corbière	425	556592	190831	*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	8	*Lasius* sp.	23	*Lasius* sp.	4	*Myrmica rubra*	23
400. Corbière	426	556592	190837	*Lasius* sp.	50	*Lasius* sp.	36	*Lasius* sp.	28	*Lasius* sp.	32	*Lasius* sp.	18
400. Corbière	427	556592	190843	*Lasius* sp.	1			*Lasius* sp.	41	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	4
400. Corbière	428	556592	190849			*Lasius* sp.	6	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	1
400. Corbière	429	556592	190855					*Lasius* sp.	2			*Lasius* sp.	1

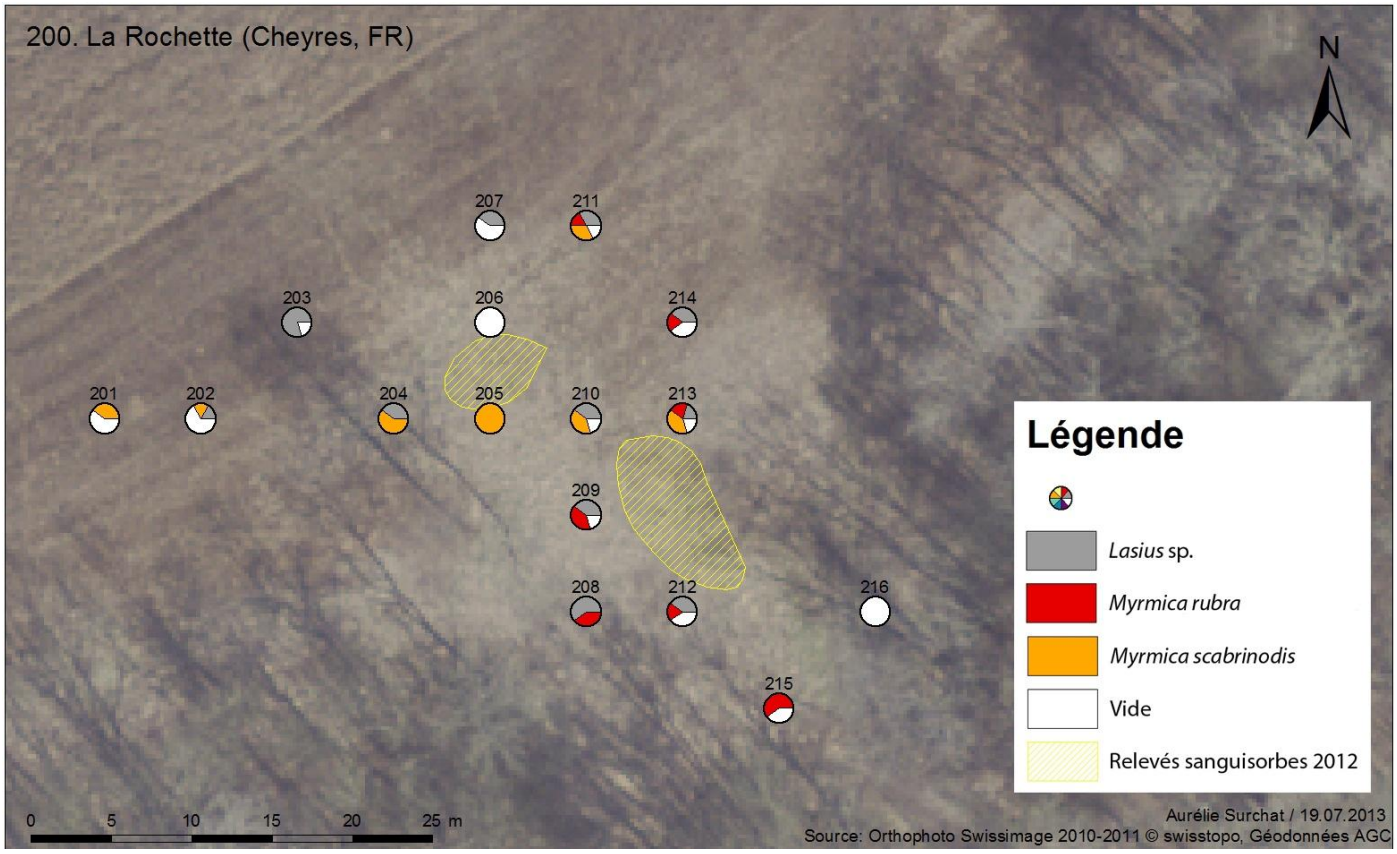
Lieu-dit	ID	Coordonnées		a. CENTRE		b. NORD		c. EST		d. SUD		e. OUEST	
		X	Y	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance
400. Corbière	430	556592	190867	*Myrmica scabrinodis*	27	*Lasius* sp.	21	*Lasius* sp.	17	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	20
400. Corbière	431	556592	190879			*Lasius* sp.	7	*Lasius* sp.	5	*Lasius* sp.	3		
400. Corbière	432	556592	190885							*Lasius* sp.	1		
400. Corbière	433	556592	190891			*Myrmica ruginodis*	10			*Myrmica scabrinodis*	1	*Myrmica ruginodis*	1
400. Corbière	434	556598	190861	*Lasius* sp.	16	*Lasius* sp.	25	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	24	*Lasius* sp.	9
400. Corbière	435	556598	190879	*Myrmica rubra*	2	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	1		
400. Corbière	436	556598	190885										
400. Corbière	437	556598	190903			*Myrmica rubra*	4	*Myrmica scabrinodis*	6	*Myrmica scabrinodis*	38		
400. Corbière	438	556604	190849	*Myrmica scabrinodis*	56	*Lasius* sp.	9	*Lasius* sp.	15			*Lasius* sp.	19
400. Corbière	439	556604	190867	*Lasius* sp.	2					*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	1
400. Corbière	440	556604	190879	*Lasius* sp.	1					*Myrmica rubra*	11	*Myrmica scabrinodis*	35
400. Corbière	441	556604	190885	*Lasius* sp.	13	*Lasius* sp.	11	*Lasius* sp.	12	*Lasius* sp.	4	*Lasius* sp.	1
400. Corbière	442	556604	190891	*Lasius* sp.	36	*Lasius* sp.	21			*Lasius* sp.	13	*Lasius* sp.	33
400. Corbière	443	556610	190861			*Lasius* sp.	22	*Lasius* sp.	11			*Lasius* sp.	37
400. Corbière	444	556616	190873	*Lasius* sp.	52	*Lasius* sp.	52	*Lasius* sp.	44	*Lasius* sp.	16		
400. Corbière	445	556616	190879			*Lasius* sp.	10						
500. Ostende (Glettrens)	501	560649	194340	*Lasius* sp.	14	*Lasius* sp.	34	*Lasius* sp.	40	*Myrmica rubra*	1	*Lasius* sp.	28
500. Ostende (Glettrens)	502	560654	194343							*Lasius* sp.	14		
500. Ostende (Glettrens)	502	560654	194343	*Myrmica rubra*	11	*Myrmica rubra*	31	*Lasius* sp.	42	*Myrmica rubra*	9	*Myrmica rubra*	23
500. Ostende (Glettrens)	503	560664	194349	*Lasius* sp.	5	*Myrmica rubra*	38	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	8	*Myrmica scabrinodis*	5
500. Ostende (Glettrens)	504	560674	194356			*Myrmica scabrinodis*	20	*Myrmica scabrinodis*	11				
500. Ostende (Glettrens)	505	560679	194359	*Myrmica rubra*	1	*Myrmica rubra*	33					*Myrmica rubra*	15
500. Ostende (Glettrens)	506	560689	194365	*Myrmica rubra*	27	*Myrmica scabrinodis*	12	*Myrmica rubra*	23			*Lasius* sp.	1
500. Ostende (Glettrens)	507	560694	194369	*Lasius* sp.	5	*Myrmica scabrinodis*	10			*Myrmica rubra*	35	*Lasius* sp.	2
500. Ostende (Glettrens)	508	560704	194375	*Lasius* sp.	38	*Myrmica scabrinodis*	37					*Myrmica scabrinodis*	23
500. Ostende (Glettrens)	509	560720	194385	*Myrmica rubra*	41	*Lasius* sp.	11	*Lasius* sp.	11	*Myrmica rubra*	36	*Myrmica scabrinodis*	24
500. Ostende (Glettrens)	510	560725	194388	*Myrmica rubra*	1	*Myrmica rubra*	21	*Myrmica rubra*	3	*Myrmica rubra*	1		
600. Portalban	601	563803	197153	*Myrmica rubra*	3	*Myrmica scabrinodis*	1	*Myrmica rubra*	1				
600. Portalban	602	563809	197141										
600. Portalban	603	563809	197153			*Myrmica rubra*	12			*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	2
600. Portalban	604	563815	197141			*Lasius* sp.	1			*Temnothorax* sp.	1		
600. Portalban	605	563815	197147			*Myrmica ruginodis*	7	*Myrmica rubra*	1	*Myrmica rubra*	8	*Myrmica ruginodis*	14
600. Portalban	606	563815	197153			*Myrmica scabrinodis*	2	*Myrmica rubra*	2	*Myrmica ruginodis*	6	*Myrmica scabrinodis*	7
600. Portalban	607	563815	197159										
600. Portalban	608	563821	197147									*Myrmica scabrinodis*	1

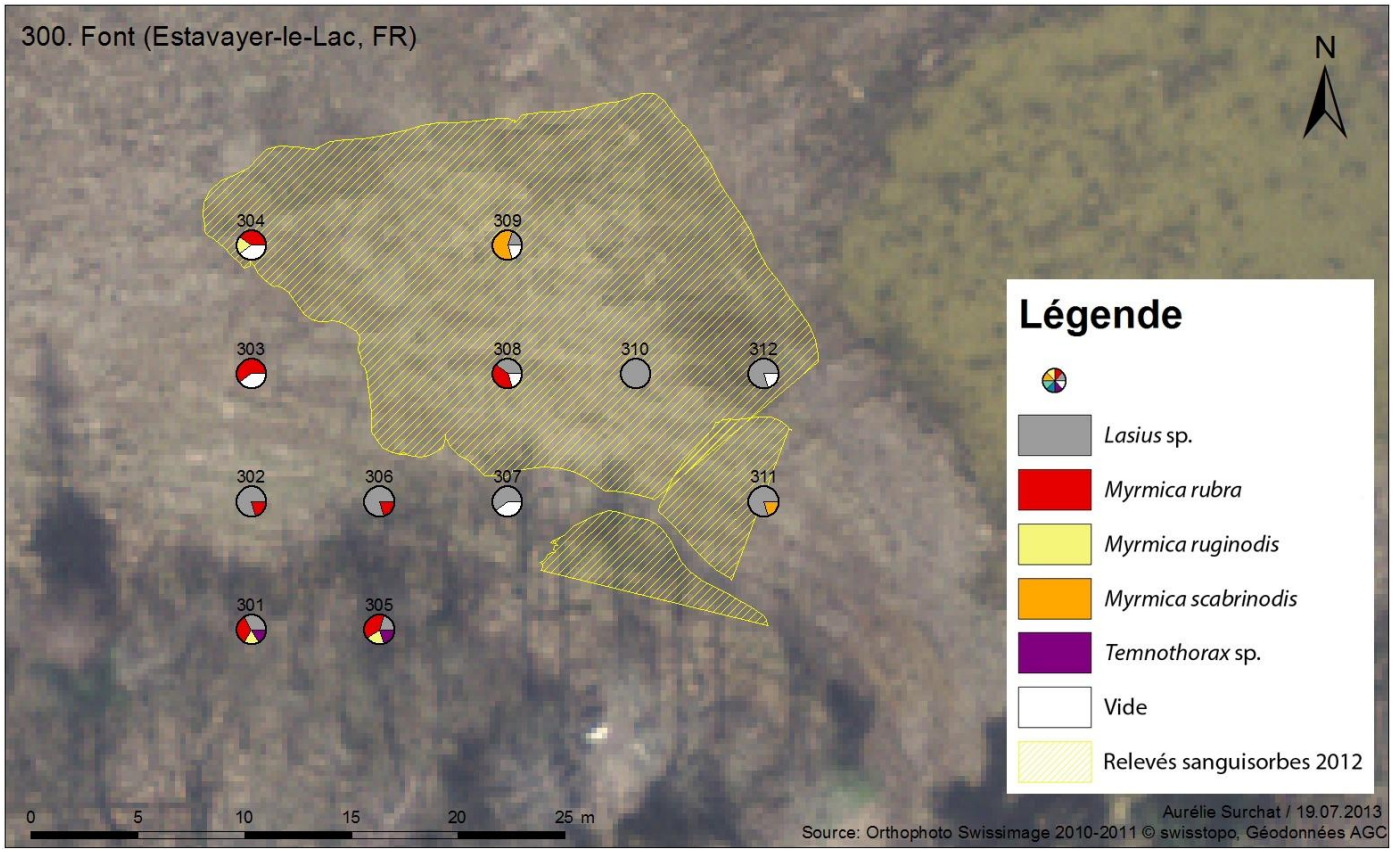
Lieu-dit	ID	Coordonnées		a. CENTRE		b. NORD		c. EST		d. SUD		e. OUEST	
		X	Y	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance	Espèces/genre	Abondance
600. Portalban	609	563821	197153										
700. Grèves de la Motte 1	701	564640	198199					*Lasius* sp.	1				
700. Grèves de la Motte 1	702	564640	198205										
700. Grèves de la Motte 1	703	564640	198211	*Myrmica scabrinodis*	2	*Myrmica scabrinodis*	4	*Myrmica scabrinodis*	2	*Myrmica scabrinodis*	4		
700. Grèves de la Motte 1	704	564640	198217	*Myrmica scabrinodis*	7			*Myrmica rubra*	24	*Myrmica scabrinodis*	28	*Myrmica scabrinodis*	7
700. Grèves de la Motte 1	705	564640	198223	*Myrmica scabrinodis*	42	*Myrmica scabrinodis*	3	*Myrmica scabrinodis*	35	*Myrmica scabrinodis*	26	*Myrmica scabrinodis*	3
700. Grèves de la Motte 1	706	564646	198199	*Temnothorax* sp.	1	*Myrmica ruginodis*	1						
700. Grèves de la Motte 1	706	564646	198199	*Myrmica scabrinodis*	7	*Myrmica scabrinodis*	6	*Myrmica rubra*	32			*Myrmica scabrinodis*	11
700. Grèves de la Motte 1	707	564646	198217							*Lasius* sp.	2		
700. Grèves de la Motte 1	707	564646	198217	*Lasius* sp.	1	*Myrmica scabrinodis*	23	*Lasius* sp.	2	*Myrmica scabrinodis*	1	*Lasius* sp.	8
700. Grèves de la Motte 1	708	564652	198205			*Myrmica ruginodis*	9	*Myrmica ruginodis*	2			*Myrmica ruginodis*	7
700. Grèves de la Motte 1	709	564652	198217	*Lasius* sp.	2	*Myrmica scabrinodis*	11	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	3	*Lasius* sp.	1
800. Grèves de la Motte 2	801	565689	198899										
800. Grèves de la Motte 2	802	565698	198907	*Myrmica rubra*	38	*Myrmica rubra*	70	*Lasius* sp.	42	*Lasius* sp.	57		
800. Grèves de la Motte 2	803	565711	198918	*Lasius* sp.	2			*Myrmica rubra*	24				
800. Grèves de la Motte 2	803	565711	198918	*Myrmica rubra*	50			*Formica* sp.	1	*Lasius* sp.	2	*Lasius* sp.	34
800. Grèves de la Motte 2	804	565725	198930	*Lasius* sp.	6			*Lasius* sp.	35	*Lasius* sp.	1	*Lasius* sp.	5
800. Grèves de la Motte 2	805	565730	198934									*Temnothprax* sp.	1
800. Grèves de la Motte 2	805	565730	198934	*Lasius* sp.	4			*Lasius* sp.	7			*Lasius* sp.	4
800. Grèves de la Motte 2	806	565753	198953					*Formica* (s.str.) sp.	1				
800. Grèves de la Motte 2	806	565753	198953	*Lasius* sp.	4			*Temnothorax* sp.	2				
800. Grèves de la Motte 2	807	565767	198965	*Lasius* sp.	2			*Formica* sp.	1				
800. Grèves de la Motte 2	807	565767	198965					*Temnothorax* sp.	4				
900. Grèves de la Motte 3	901	566085	199245							*Lasius* sp.	5		
900. Grèves de la Motte 3	901	566085	199245	*Lasius* sp.	19	*Lasius* sp.	7	*Temnothorax* sp.	3	*Myrmica rubra*	4	*Lasius* sp.	44
900. Grèves de la Motte 3	902	566103	199261			*Myrmica rubra*	12	*Myrmica rubra*	2				
900. Grèves de la Motte 3	903	566117	199273			*Myrmica scabrinodis*	1					*Lasius* sp.	5
900. Grèves de la Motte 3	904	566134	199289										
900. Grèves de la Motte 3	905	566139	199293									*Lasius* sp.	1

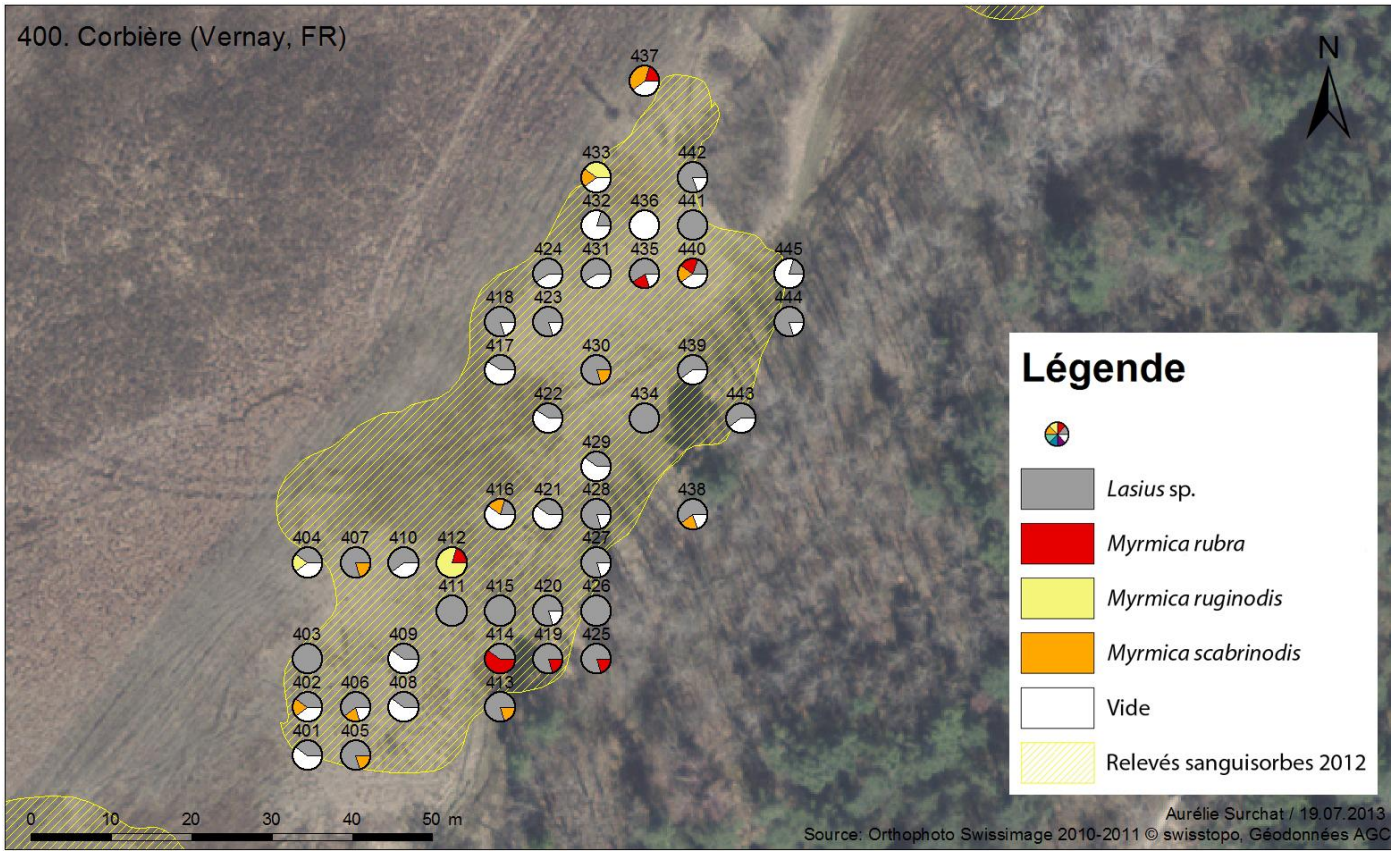
Annexe 13

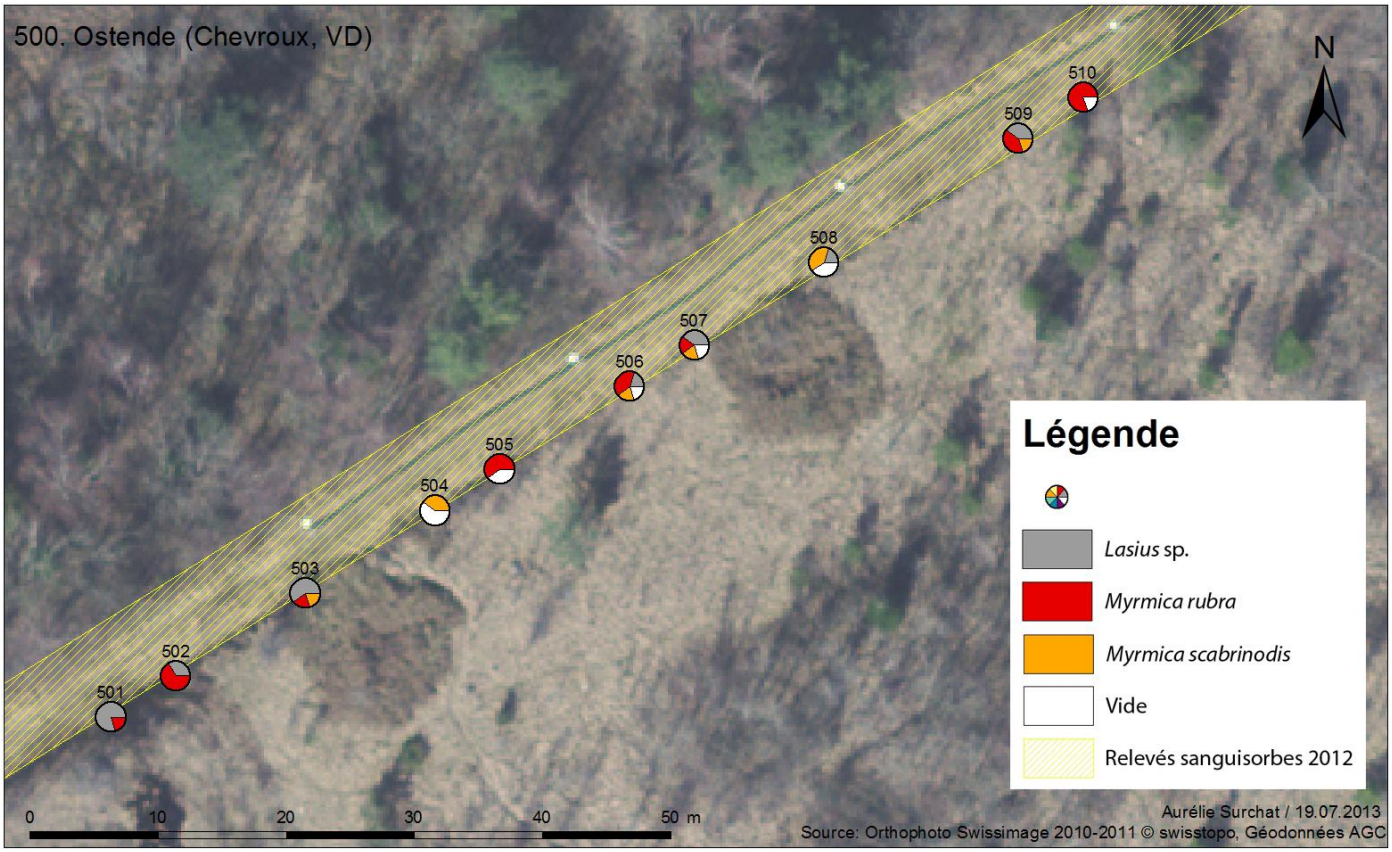
Carte de la répartition spatiale de fourmis capturées

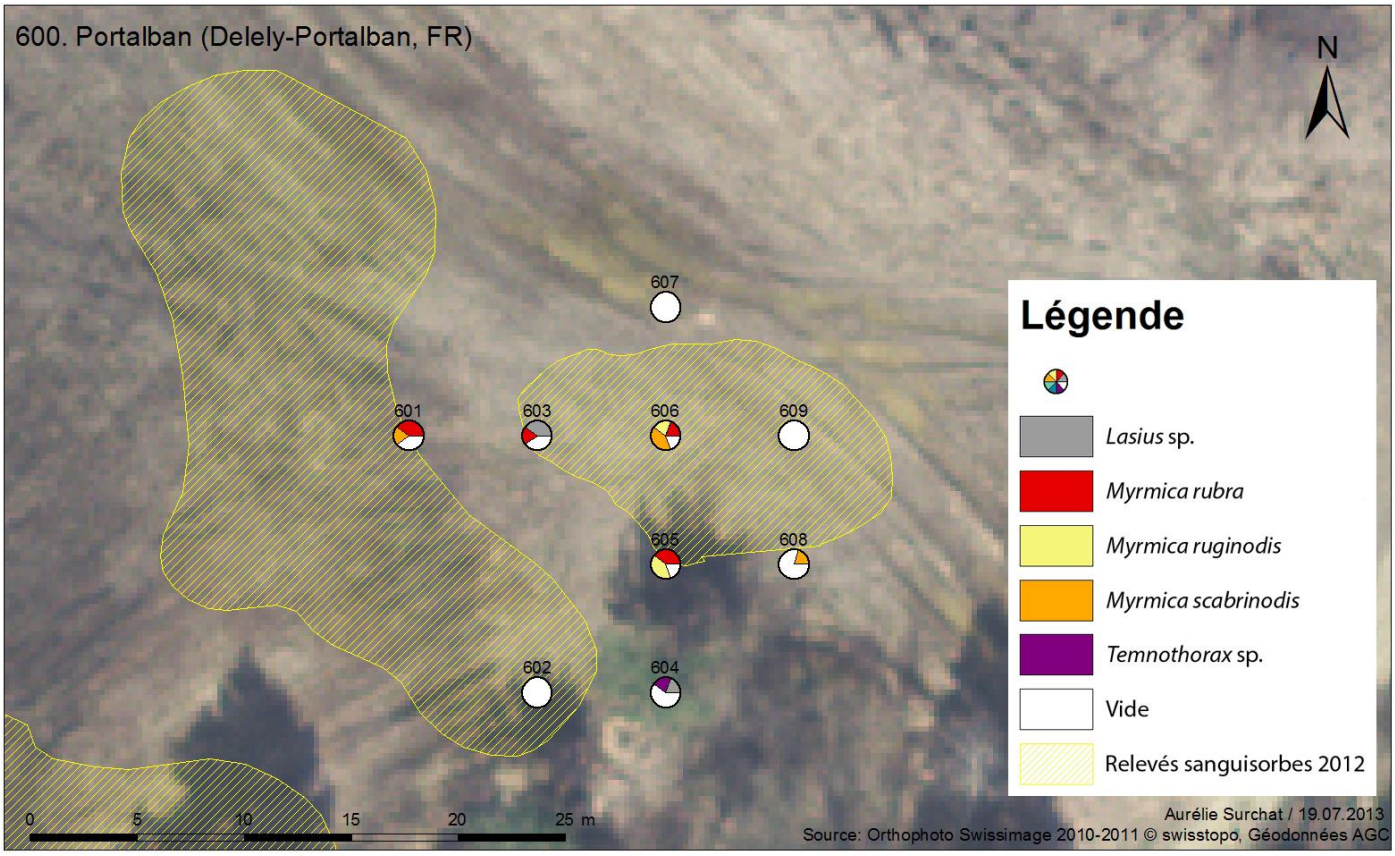

100. Châble-Perron (Chéseaux-Noréaz, VD)
N
101
102
103
104
105
106
107
108
109
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica scabrinodis
Myrmecina graminola
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 10 20 30 40 50 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

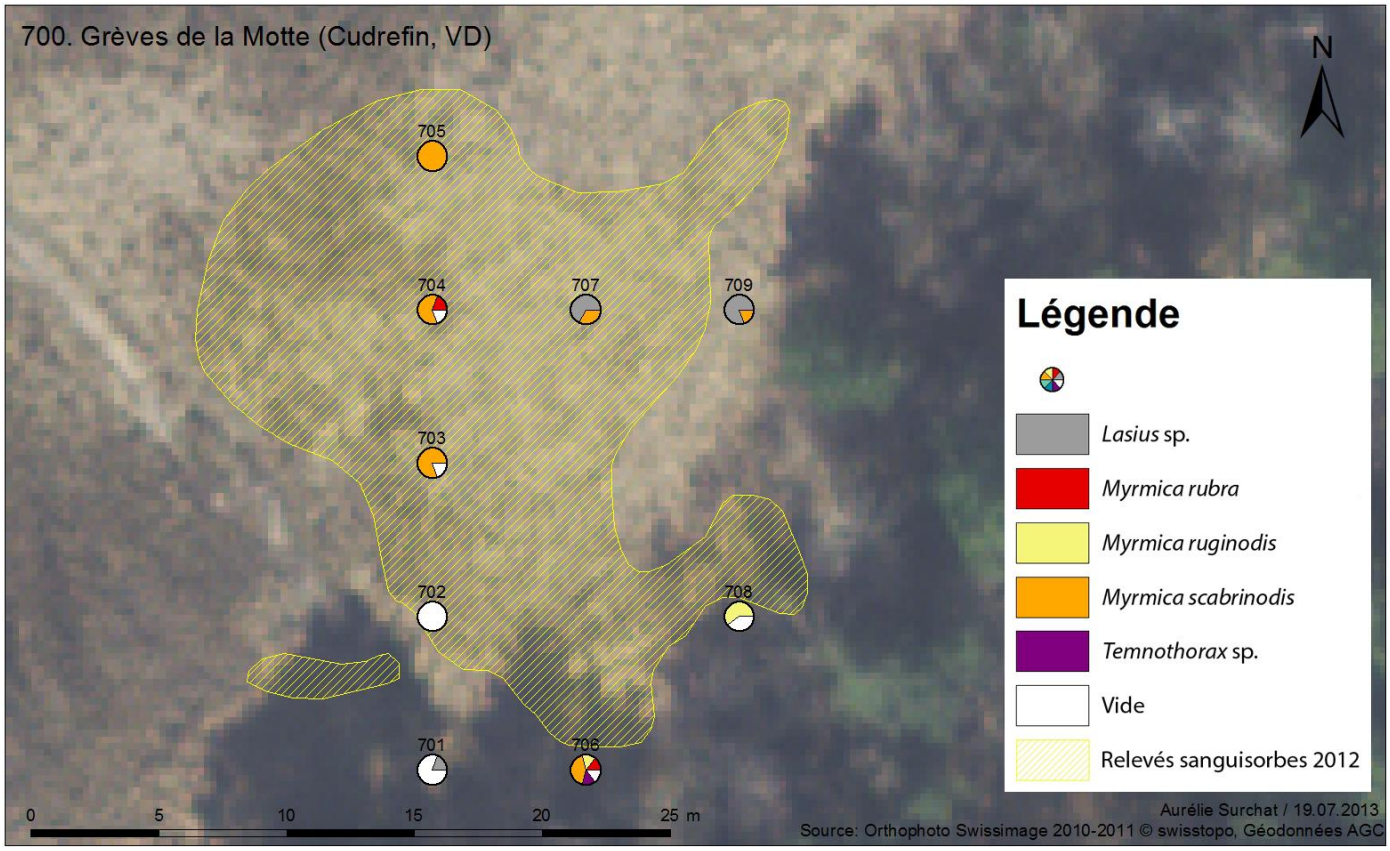

200. La Rochette (Cheyres, FR)
N
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica scabrinodis
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 5 10 15 20 25 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

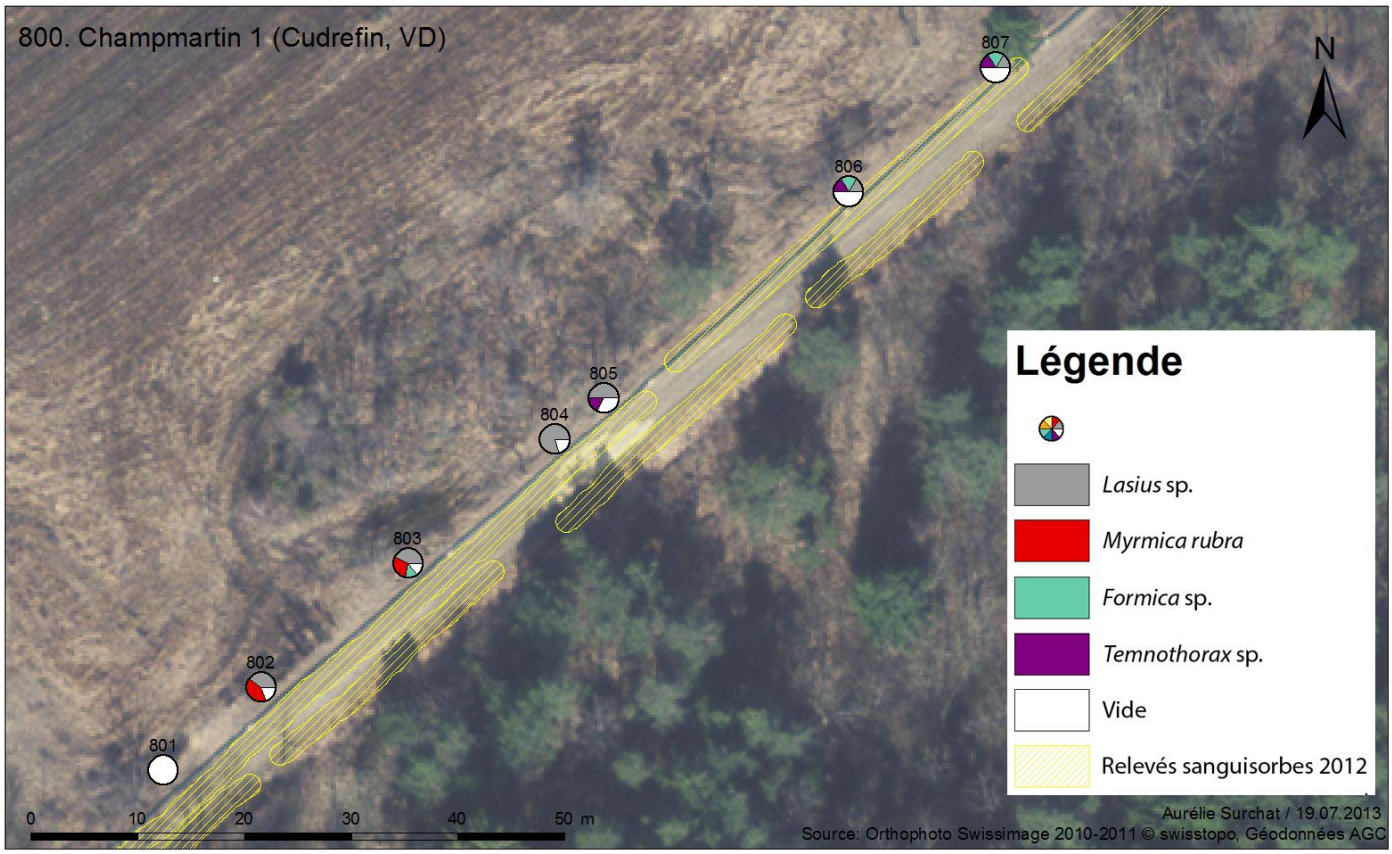

300. Font (Estavayer-le-Lac, FR)
N
304
309
303
308
310
312
302
306
307
311
301
305
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica ruginodis
Myrmica scabrinodis
Temnothorax sp.
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 5 10 15 20 25 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

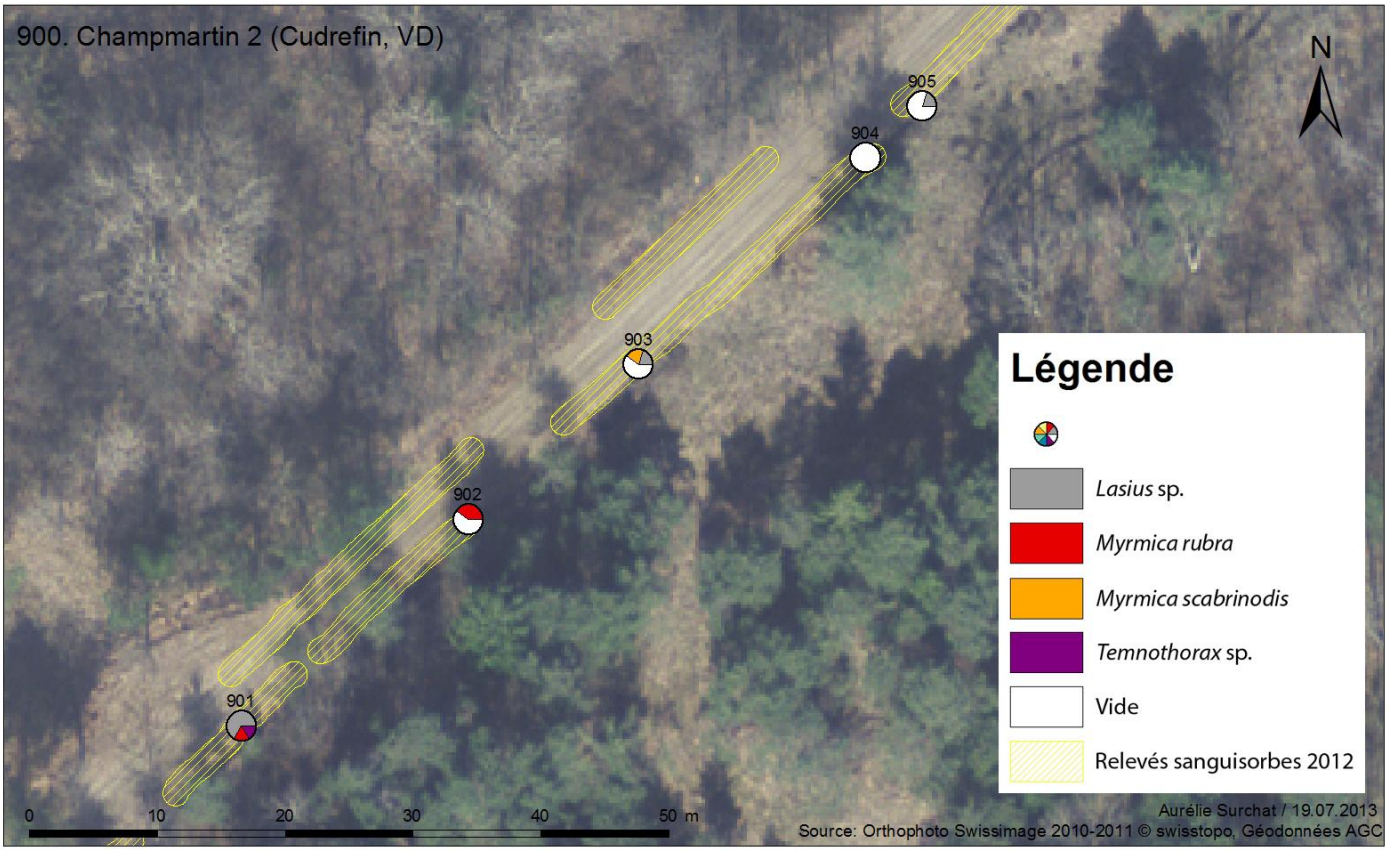

400. Corbière (Vernay, FR)
N
437
433
442
432
436
441
424
431
435
440
445
418
423
444
417
430
439
422
434
443
429
416
421
428
438
404
407
410
412
427
411
415
420
426
403
409
414
419
425
402
406
408
413
401
405
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica ruginodis
Myrmica scabrinodis
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 10 20 30 40 50 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


500. Ostende (Chevroux, VD)
N
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica scabrinodis
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 10 20 30 40 50 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


600. Portalban (Delely-Portalban, FR)
N
601
602
603
604
605
606
607
608
609
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica ruginodis
Myrmica scabrinodis
Temnothorax sp.
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 5 10 15 20 25 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


700. Grèves de la Motte (Cudrefin, VD)
N
705
704
707
709
703
702
708
701
706
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica ruginodis
Myrmica scabrinodis
Temnothorax sp.
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 5 10 15 20 25 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


800. Champmartin 1 (Cudrefin, VD)
N
807
806
805
804
803
802
801
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Formica sp.
Temnothorax sp.
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0 10 20 30 40 50 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC


900. Champmartin 2 (Cudrefin, VD)
N
905
904
903
902
901
Légende
Lasius sp.
Myrmica rubra
Myrmica scabrinodis
Temnothorax sp.
Vide
Relevés sanguisorbes 2012
0
10
20
30
40
50 m
Aurélie Surchat / 19.07.2013
Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC

Annexe 14

Données récoltées lors de l'échantillonnage

	Stations								
	100. Châble-Perron	200. La Rochette	300. Font	400. Corbière	500. Ostende	600. Portalban	700. Grèves de la Motte	800. Champmartin 1	900. Champmartin 2
Coordonnée X	543373	549600	552274	556447	560734	563809	564745	565714	566124
Coordonnée Y	183131	184970	187557	190739	194396	197149	198200	198923	199279
Date	19.06.2013	19.06.2013	19.06.2013	25.06.2013	26.06.2013	01.07.2013	01.07.2013	25.06.2013	25.06.2013
Heure de pause (D/F)	6:30 - 7:00	9:20 - 10:05	19:05 - 19:30	10:24 - 12:03	12:35 - 12:57	9:50 - 10:10	12:00 - 12:20	16:10 - 16:27	15:47 - 15:57
Heure de récolte (D/F)	7:45 - 8:17	11:32 - 12:35	20:05 - 20:45	12:03 - 13:14	13:50 - 14:15	11:05 - 11:27	13:15 - 13:45	17:27 - 17:51	17:00 - 17:16
Météo	beau, un peu nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé	Couvert avec des éclaircies	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
Température moyenne (air)	22.63 °C	25.45 °C	19.8 °C	17.5 °C	23.95 °C	26.1 °C	26.32 °C	25.6 °C	25.6 °C
Auteur(s) de l'échantillonnage	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat, Thomas Delavy	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat	Aurélie Surchat, Thomas Delavy	Aurélie Surchat, Thomas Delavy
Lieu-dit	Côte du lac	La Rochette	Vers le lac	Corbière	Ostende	Ch. des Grèves	Grèves de la Motte 1	Grèves de la Motte 2	Grèves de la Motte 3
Commune	Chéseaux-Noréaz	Cheyres	Estavayer-le-lac	Vernay	Chevroux	Delley-Portalban	Cudrefin	Cudrefin	Cudrefin
Canton	Vaud	Fribourg	Fribourg	Fribourg	Vaud	Fribourg	Vaud	Vaud	Vaud
Ensoleillement	0%	90%	100%	100%	40%	95%	80%	45%	60%
Température moyenne (sol)	17.44 °C	24.17 °C	17.8 °C	15.45 °C	17.61 °C	21.4 °C	24.02 °C	22.7 °C	23.2 °C
Remarques				432. très humide, présence d'eau 433. présence d'eau 437. Présence d'eau 422. piège a. sur un touradon	502.d Observation de compétion pour l'appat entre Myrmica et Lasius	604. dans la lisière 601. très humide, gouille dans le quadrat 609. très humide, grande ornière juxtant le quadrat 608. sol presque nu, milieu pionnier 609. sol pionnier, en colonisation	Plus une goutte d'eau sur la station :)	Une grande partie des tubes posé sur l'eau.. A réduit énormément les chances d'échantillonnage..	901. présence de 2 genre dans un même eppendorf !!!

Annexe 15

Diagramme représentant la proportion des différentes espèces dans chaque stations

Diagramme représentant la proportion des différentes espèces dans chaque station Annexe 15

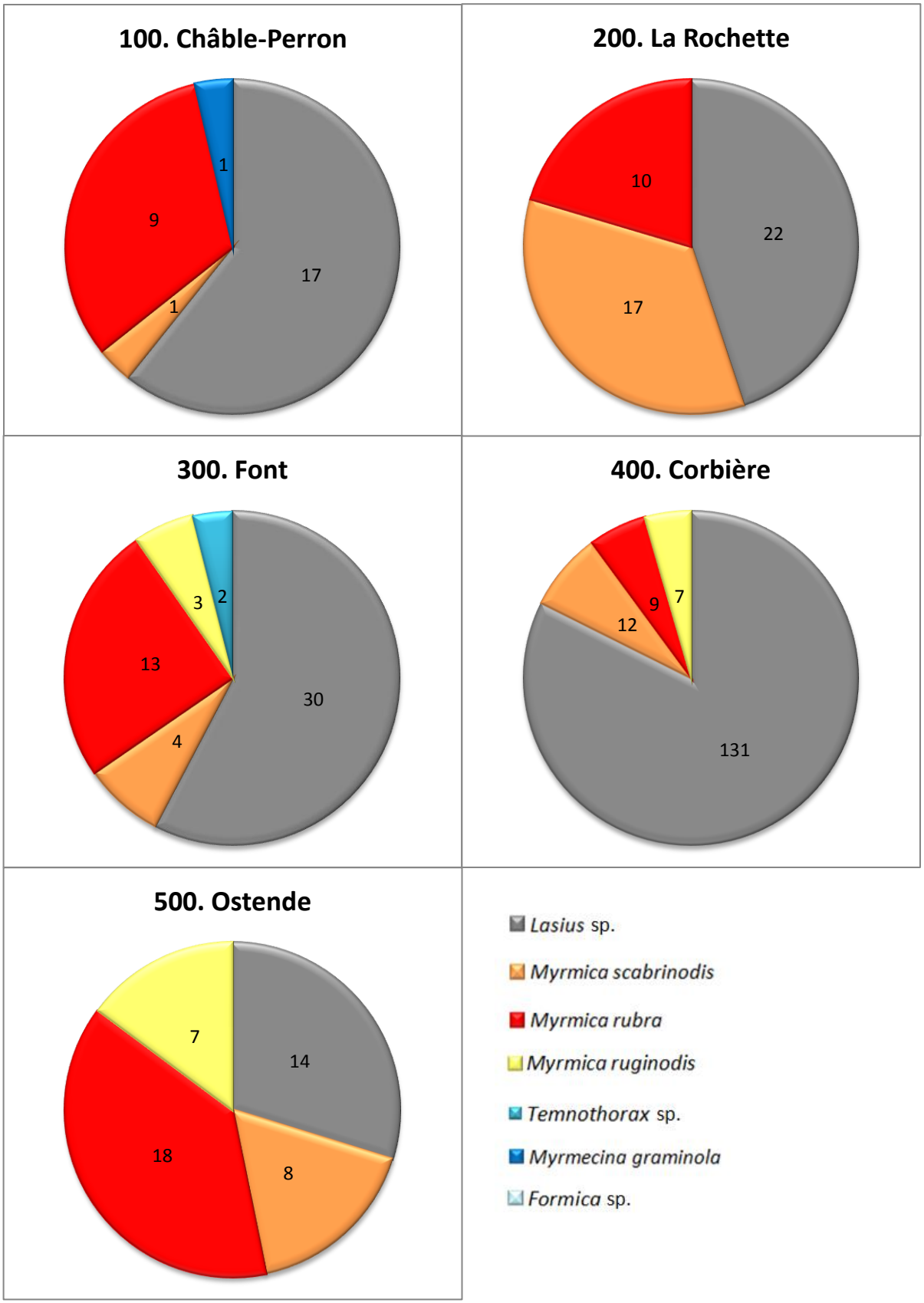
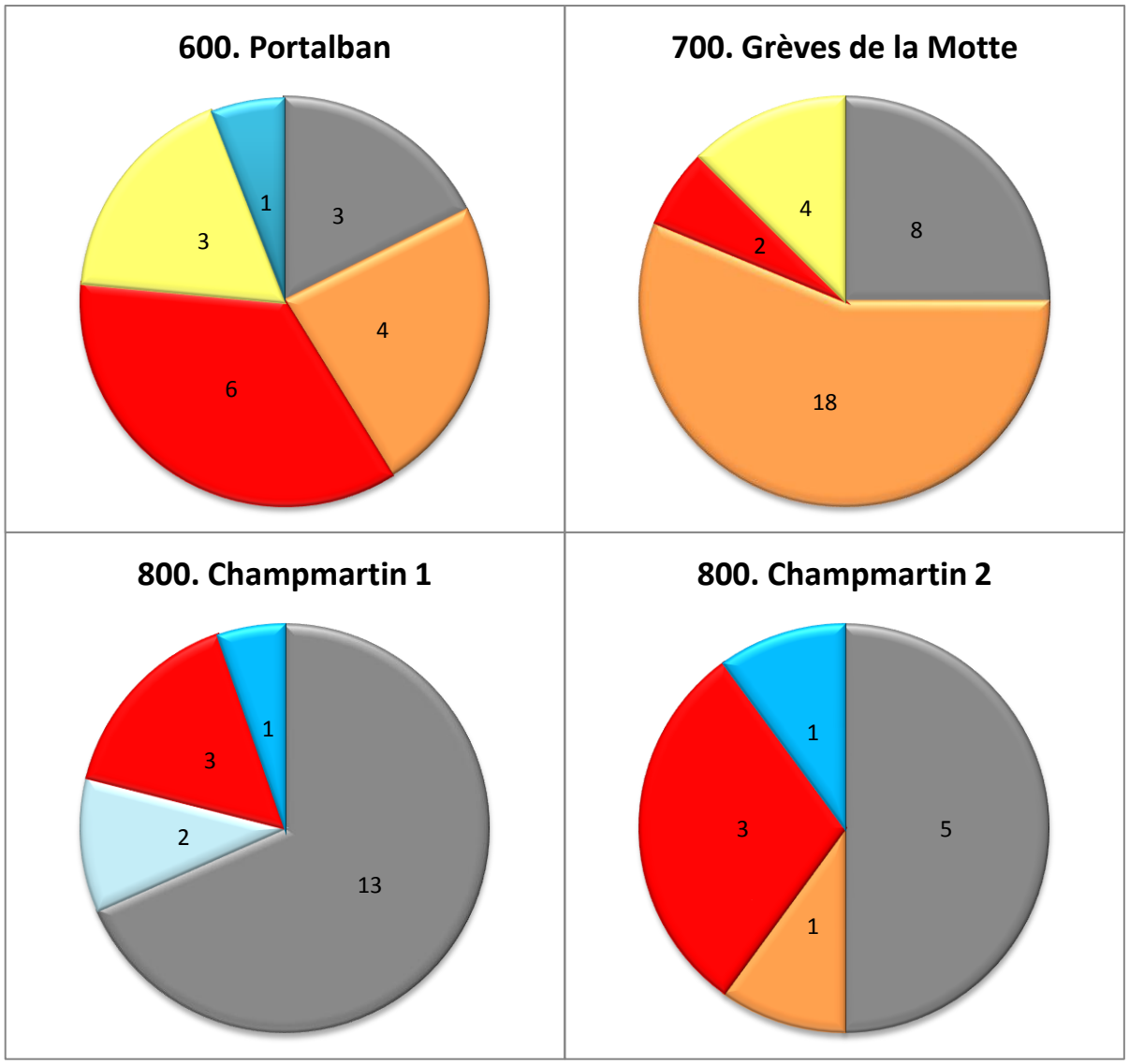


Diagramme représentant la proportion des différentes espèces dans chaque station Annexe 15



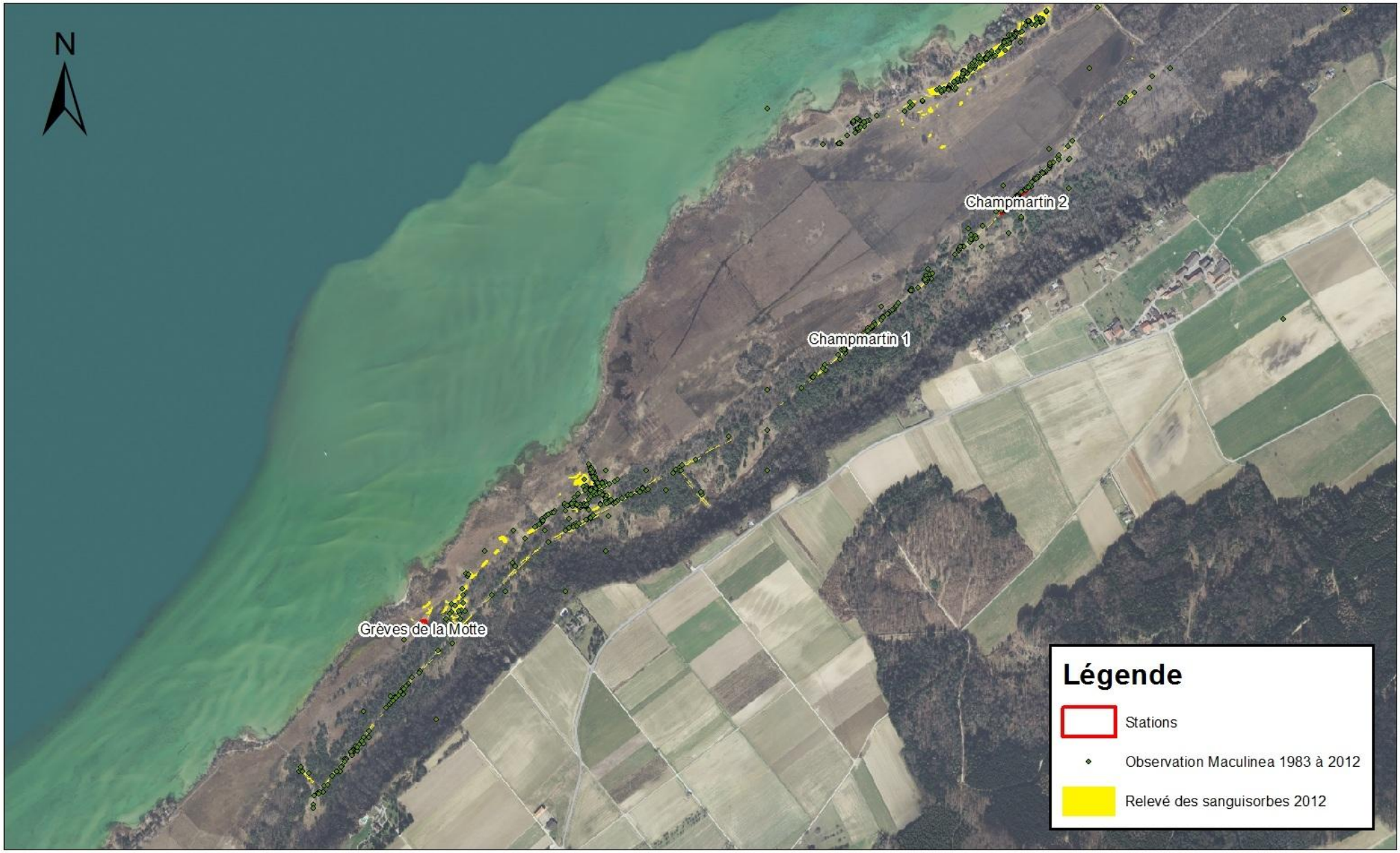
- *Lasius* sp.
- *Myrmica scabrinodis*
- *Myrmica rubra*
- *Myrmica ruginodis*
- *Temnothorax* sp.
- *Myrmecina graminola*
- *Formica* sp.

Annexe 16

Cartes des populations non-isolées

0 50 100 150 200 250 m

Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC



0 100 200 300 400 500 m

Source: Orthophoto Swissimage 2010-2011 © swisstopo, Géodonnées AGC