

Année 2020-2021

Mention : Biodiversité, écologie et évolution (BEE)

Parcours Ingénierie Écologique (Ingeco)

Finalité Ecologie pour la gestion des villes et des territoires

## **Biodiversité des sites universitaires d'Alsace : analyse paysagère et étude de la faune du sol**



**Présenté par CAVAZZINI Alexis**

Encadrantes : Isabelle COMBROUX ; Josefa BLEU

Responsables de formation : Magali DESCHAMPS-COTTIN ; Isabelle LAFFONT-SCHWOB

# Charte relative à la lutte contre le plagiat de l'Université d'Aix-Marseille

Approuvée par le Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire de l'Université d'Aix-Marseille en date du 4 octobre 2012,  
Approuvée par le Conseil Scientifique de l'Université d'Aix-Marseille en date du 16 octobre 2012,  
Approuvée par le Conseil d'Administration de l'Université d'Aix-Marseille en date du 27 novembre 2012,

## **Préambule**

Afin de garantir la qualité des diplômes délivrés à ses usagers, l'originalité des publications pédagogiques et scientifiques de ses personnels enseignants et/ou chercheurs, et faire respecter les droits de propriété intellectuelle des auteurs, l'Université d'Aix-Marseille est engagée dans la lutte contre le plagiat.

Les travaux réalisés par les usagers et par les personnels de l'Université doivent répondre à l'ambition de produire un savoir inédit et d'offrir une lecture nouvelle et personnelle d'un sujet.

Les travaux concernés par cette obligation sont notamment : les thèses, les mémoires, les articles, les supports de cours, sans que cette liste soit exhaustive.

## **Article 1**

Le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou les idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité

Tout plagiat, quel qu'en soit le support, constitue une faute.

Le plagiat constitue à la fois la violation la plus grave de l'éthique universitaire et un acte de contrefaçon. C'est un délit au sens de l'article L 335-2 du code de la propriété intellectuelle.

En outre, le fait de commettre un plagiat dans un document destiné à être publié constitue une circonstance aggravante.

## **Article 2**

Les usagers et les personnels de l'Université ne doivent pas commettre de plagiat dans leurs travaux.

## **Article 3**

Les reproductions de courts extraits de travaux préexistants en vue d'illustration ou à des fins didactiques sont admises sans nécessité de demander le consentement de l'auteur, uniquement dans le strict respect de l'exception de courte citation.

Dans ce cadre, les usagers et les personnels de l'Université s'engagent, lorsqu'ils reproduisent de courts extraits de tels travaux, à identifier clairement qu'il s'agit d'un emprunt, en apposant des guillemets, et en indiquant le nom de l'auteur et la source de l'extrait.

## **Article 4**

L'Université d'Aix-Marseille est attachée au respect des droits de propriété intellectuelle et se réserve la possibilité de rechercher les tentatives de plagiat, notamment par l'utilisation d'un logiciel adapté.

## **Article 5**

Les cas présumés de plagiat feront l'objet de poursuites engagées par l'Université devant les instances compétentes, et leurs auteurs seront passibles de sanctions disciplinaires.

Ces violations des droits de propriété intellectuelle pourront également donner lieu à des poursuites judiciaires.

Je, soussigné, Alexis CAVAZZINI certifie avoir pris connaissance de la présente charte et l'avoir respectée.

Fait à Strasbourg le 26/08/21 Signature :



Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier l'Université de Strasbourg et l'Université de Haute Alsace dont la contribution a permis de réaliser cette étude et son déroulement. Je tiens également à remercier le laboratoire du LIVE qui m'a accueilli tout au long de ce stage, ainsi que les laboratoires de l'IPHC et du CNRS qui ont aidé à la mise en place du projet. Je remercie le programme Solenville pour son aide à l'élaboration et au déroulement du projet.

Je tiens à remercier mes encadrantes Isabelle COMBROUX et Josefa BLEU qui m'ont aidé et guidé tout au long de mon stage de Master 2. Je souhaite particulièrement remercier tous les membres de LIVE de l'institut de botanique pour leur aide et l'atmosphère de vie et de travail plaisante, régnant dans ce laboratoire. Je souhaite remercier les autres stagiaires en master 2, Benjamin BAUDON, Sergio CASTRO et Elise GRIMBERT pour leur entraide.

Je veux remercier toutes les personnes qui sont intervenues pour m'aider à l'extraction des données récoltées dans cette étude : un grand merci à Thomas REINHART aussi dénommé le « cherche-trou », Clémence HEYMAN ainsi qu'Adeline MULLER, Elise MAKOWSKI, Louise DELANNOY, Julie PALLIER et Farley MESAGLIO pour leur aide à la mise en place du protocole et aux indentifications en laboratoire. Je tiens également à remercier tous les autres stagiaires et intervenants qui ont pris le temps de m'aider dans cette phase de l'étude.

Enfin, je tiens à remercier mes responsables de formation Magali DESCHAMPS-COTTIN et Isabelle LAFFONT-SCHWOB ainsi que tous les autres enseignants participants de la formation, pour l'organisation et le déroulement de la formation, et ce même pendant la crise sanitaire que nous traversons.

## Table des matières

Table des matières .....	3
1) Introduction .....	4
2) Matériel et méthodes .....	9
2.1) Sites d'études .....	9
2.2) Établissement des caractéristiques des placettes échantillonnées.....	15
2.3) Étude des nichoirs déjà installés .....	16
2.4) Définition et utilisation d'une nouvelle typologie d'occupation du sol.....	17
2.6) Estimation de faune d'invertébrés « épigée » .....	20
2.7) Estimation de la diversité végétale .....	20
2.8) Traitement de données .....	21
3) Résultats.....	22
3.1) Analyse paysagère des placettes de suivi.....	22
3.2) Analyse de la faune du sol.....	23
4) Discussion / Conclusion .....	27
5) Bibliographie .....	31
6) Table des annexes .....	33
7) Annexes .....	34

## 1) Introduction

Nous vivons aujourd'hui dans une période de crise mondiale pour la biodiversité, causée par le développement des sociétés humaines, pourtant elles-mêmes dépendantes de la biodiversité (Díaz et al., 2006). Le processus d'urbanisation a mené à la transformation rapide de nombreux milieux et habitats, avec des répercussions profondes sur la biodiversité à un niveau global (Seto et al., 2012). Plus de 50% de la population humaine mondiale vit en ville, tandis que les espaces naturels sont continuellement artificialisés, ainsi il n'est plus possible de considérer l'urbanisation comme une perte d'habitats mais plutôt une nouvelle catégorie d'habitats à part entière (Faeth et al., 2011; Shochat et al., 2015). Les zones urbaines sont des environnements fortement modifiés et complexes, parsemés d'espaces verts qui sont importants aussi bien pour la santé humaine que pour les enjeux de conservation de la biodiversité (Pickett et al., 2001, 2004). Il s'agit d'un système d'habitats fragmentés au sein d'une matrice relativement hostile à la plupart des espèces, partiellement reliés entre eux par divers corridors. Ces habitats divers servent d'espaces transitoires, ou de corridors pour faciliter la dispersion des espèces des milieux naturels à travers les zones urbaines (Angold et al., 2006). Ils contribuent à tisser un véritable tissu naturel urbain, essentiel aux enjeux de conservation de la biodiversité (Schowertzig, 2016).

En relation avec le concept d'érosion globale de la biodiversité, les milieux urbains sont souvent mal perçus et associés à des milieux pauvres en biodiversité, mais il n'existe pas encore aujourd'hui assez de données permettant de décrire clairement l'état de la biodiversité en ville pour tous les taxons présents, particulièrement sur la biodiversité des sols en ville (Auclerc & Blanchart, 2019). À l'inverse, certains groupes sont très étudiés, notamment les oiseaux qui sont connus pour avoir une densité plus importante en ville, cependant cette augmentation en densité de population serait attribuée à un nombre réduit d'espèces (Shochat et al., 2015).

Il a été montré que le niveau de biodiversité en ville et notamment la perception positive de la biodiversité présente en ville, a des effets positifs directs sur les citoyens (Campbell-Arvai, 2019; Dickinson & Hobbs, 2017). En effet la biodiversité en ville serait directement connectée à des problématiques sociales, de santé, de bien-être humain, ainsi que des thématiques économiques (Aronson et al., 2017). La perception de la biodiversité en ville par la population reste également un sujet relativement peu connu ou avec des perceptions très variables, cependant on note un fort engagement pour la favorisation de la biodiversité en ville (Campbell-Arvai, 2019). Le succès des

initiatives pour la biodiversité en ville est par ailleurs directement relié à cet engagement de la population (Campbell-Arvai, 2019).

Les sites universitaires sont des espaces souvent urbains et partagés entre plusieurs institutions publiques et privées, ce qui peut rendre très complexe la conciliation des divers acteurs qui s'occupent du site. Et cela en particulier quand il s'agit d'appliquer une pratique de gestion des espaces verts et de leur biodiversité (Aronson et al., 2017). Dans les années antérieures à 1980 le développement des universités s'est réalisé, soit en dehors des villes soit en zone périurbaine. Il s'agissait de lieux dépourvus de structures de loisirs, de commerces ou d'échanges, et qualifiés de complètement « désertés » en dehors des journées de cours. De plus ils étaient souvent très mal connectés aux réseaux urbains (Rey, 2005). Depuis la seconde moitié des années 1980 un nouvel intérêt urbanistique renaît pour les universités, on cherche à les reconnecter à la ville et à en faire des centres de développement urbain. On attend des universités qu'elles hébergent une dynamique économique et sociale participant plus à la structure de la ville (Rey, 2005). Par ailleurs les sites universitaires peuvent présenter une part variable d'espaces verts, ayant une origine et une gestion variables. Ces espaces verts sont essentiels au bien-être humain des citoyens du fait des services récréatifs et/ou écosystémiques qu'ils apportent (Kabisch et al., 2015). La considération de ces intérêts humains est d'autant plus importante durant la période de pandémie mondiale de COVID 19, qui a un impact négatif sur la santé mentale des étudiants (Savage et al., 2020). Ainsi, valoriser la biodiversité des sites universitaires, se place dans la continuité des efforts pour intensifier les activités et dynamiques présentes au sein des universités.

Par ailleurs on assiste à l'essor de nombreux projets de sciences participatives en ville, au cours des dernières années, notamment « jardibiodiv » (Auclerc & Blanchart, 2019), « Sauvage de ma rue » ([vigienature.fr](http://vigienature.fr), consulté le 18/08/2021), « Birdlab » ([vigienature.fr](http://vigienature.fr), consulté le 18/08/2021), « Lichen Go » ([tela-botanica](http://tela-botanica), consulté le 18/08/2021) et bien d'autres. Une des raisons de cet essor est l'ouverture des projets de sciences participatives au grand public, qui se limitaient auparavant aux profils naturalistes (Houllier & Merilhou-Goudard, n.d.). À Strasbourg, le programme de sciences participatives « jardibiodiv » est en plein essor, avec la mise en place de nombreux projets en ville basés sur ce programme, notamment sur sa déclinaison dans le projet Solenville ([oscahr.unistra.fr](http://oscahr.unistra.fr), consulté le 19/08/2021). Ce dernier vise à acquérir des

données sur les jardins privés et autres espaces verts peu ou difficilement accessibles aux études scientifiques.

Dans un même temps beaucoup de structures publiques ou privées se dotent de stratégies de gestion de la biodiversité basées sur le programme des Nations Unies qui a établi 17 objectifs pour le développement durable à atteindre d'ici 2030 (figure 1). La 15ème proposition intitulée « vie terrestre » vise l'intégration et la considération de la biodiversité.

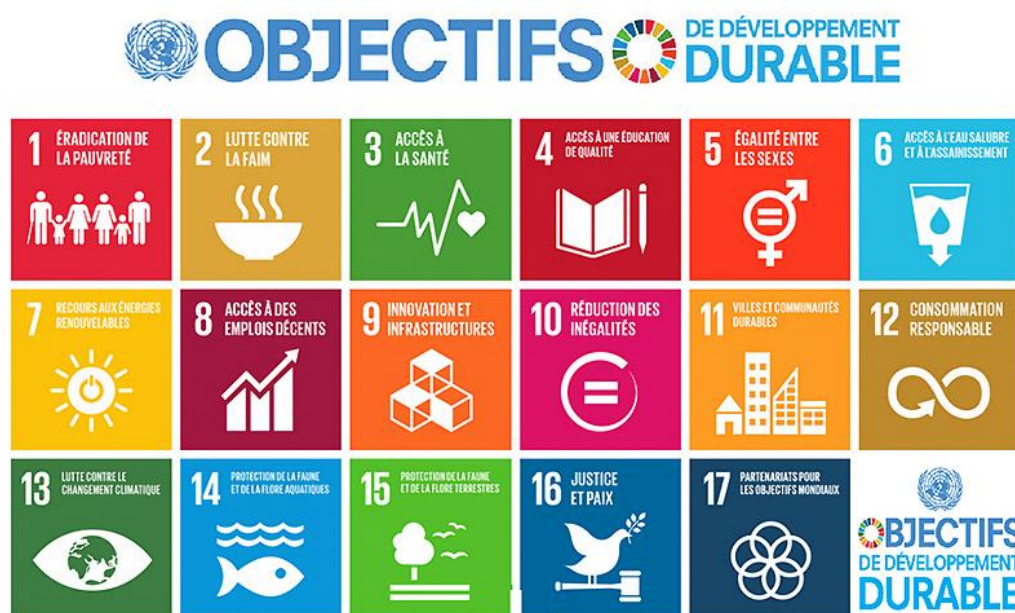


Figure 1 : Les 17 objectifs de développement durable (un.org, consulté le 12/08/21).

Sous une initiative commune, et pour répondre à des problématiques de qualité de vie étudiante, les universités d'Alsace (dont l'Université de Strasbourg et l'Université de Haute-Alsace) se sont réunies pour élaborer la stratégie DDRS (Développement Durable et Responsabilité Sociétale) basées sur les 17 objectifs de l'ONU pour donner naissance à diverses mesures et projets. Cette stratégie se focalise sur le 17ème objectif de l'ONU : « partenariat pour la réalisation des objectifs », et cherche donc à agir au sein des sites universitaires avec la mise en place des projets inclusifs des différents acteurs des sites. C'est dans cette optique que le « projet nichoirs » a vu le jour. Ce dernier a pour but l'installation de nichoirs à mésanges charbonnière (*Parus major*) et à mésanges bleu (*Cyanistes caeruleus*), ainsi qu'à chauves-souris sur les campus et autre sites universitaires d'Alsace inclus dans la stratégie DDRS.

Afin d'assurer la réussite de ce projet une expertise écologique des espaces verts des sites universitaires concernés par le projet est nécessaire. En effet, il faut déterminer quelles zones, quels types de zones au sein de ces sites universitaires possèdent les ressources adéquates à l'installation et l'occupation de nichoirs à mésanges et à chauves-souris sur une longue période. En effet les mésanges vont trouver la majorité de leurs proies sur les strates de végétations hautes (buissons, arbres), et trouveront également plus de proies sur les plantes autochtones que sur les plantes allochtones (Shochat et al., 2015). À noter qu'une partie du projet concernant les chauves-souris est assurée par le GEPMA (Groupe d'Étude et de la Protection des Mammifères d'Alsace) et ne sera pas abordée dans cette étude.

Pour répondre à ces objectifs, il a été choisi de s'intéresser au compartiment du sol pour diverses raisons. D'une part étudier la qualité d'un sol est un bon moyen d'évaluer l'état écologique d'un écosystème (Schoenholtz et al., 2000). Il s'agit d'un des plus importants réservoirs de biodiversité qui reflète le métabolisme de l'écosystème. Il représente des interactions très fortes entre les paramètres biotiques et abiotiques, tout en étant le support de nombreux autres compartiments (Menta, 2012; Parisi et al., 2005; Schoenholtz et al., 2000). En outre l'état écologique du sol va représenter l'état des tous les autres compartiments qu'il supporte (Menta, 2012; Parisi et al., 2005; Schoenholtz et al., 2000). D'autre part, l'étude de ce compartiment s'inscrit dans le courant des divers projets d'intégration de la biodiversité en ville qui ont fleuri ces dernières années, notamment avec la mise en place des trames écologiques. Jusqu'à présent la majorité des projets se sont intéressés à la trame verte et bleue, tandis qu'une modeste partie s'est focalisée sur le compartiment des sols (Auclerc & Blanchart, 2019). La trame brune, construite sur le modèle de la trame verte et bleue, se focalise sur la continuité des sols en ville ([agencelichen.fr](http://agencelichen.fr), consulté le 11/08/2021). Enfin, le fait d'aborder le projet nichoirs par l'étude de la biodiversité des sols universitaires permet dans un souci d'économie de moyens de s'associer au programme Solenville, et d'enrichir les bases de données de biodiversité des sols alsaciens en ville, qui restent encore des milieux assez mal connus (Auclerc & Blanchart, 2019). Et d'établir des préconisations de gestion de ces milieux afin de favoriser la perméabilité et le maintien de la biodiversité en ville.

Ainsi, ce projet a amené à se poser les questions suivantes :

- Quel est l'état écologique des espaces verts des sites universitaires d'Alsace tout en considérant leurs contextes urbains ?

- Dans le cadre de la stratégie DDRS des sites universitaires d'Alsace, quelles zones au sein des sites universitaires de Strasbourg, Colmar et Mulhouse sont propices à l'installation de nichoirs à mésanges ?

## 2) Matériel et méthodes

### 2.1) Sites d'études



Figure 2 : Localisation de l'Alsace en France (wikipedia.org, consulté le 12/08/21)

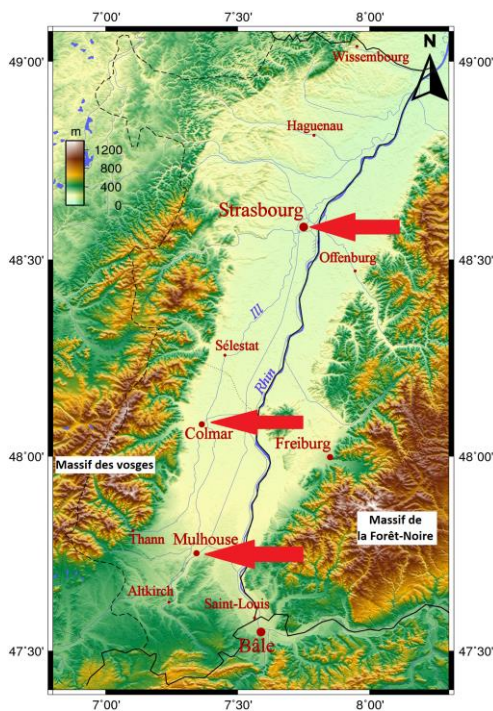


Figure 3 : Carte de la topographie de la région d'Alsace (wikipedia.org, consulté le 12/08/21)

L'Alsace se trouve à l'extrême Nord-Est de la France et fait partie de la région Grand-Est (Figure 2). Les 11 sites universitaires étudiés sont localisés dans 3 agglomérations d'Alsace : Strasbourg, Colmar et Mulhouse (figure 3). La région présente un climat de type semi-continentale (meteofrance.com consulté le 12/08/21), qui se caractérise par des hivers froids et secs ainsi qu'une période estivale normalement chaude et orageuse. La région présente la plus grande plaine alluviale d'Europe de l'Ouest tout en étant

entourée du massif des Vosges à l'Ouest et du massif de la Forêt-Noire à l'Est. La présence des Vosges induit un effet de foehn sur l'Alsace, ce qui impacte fortement les niveaux de précipitation de la région (meteofrance.com consulté le 12/08/21). Strasbourg présente une pluviométrie de 665mm/an, tandis que Colmar se situe à 530mm/an, et se classe parmi les communes avec la plus faible pluviométrie de France (pour référence Marseille présente 602mm/an). Mulhouse, plus au sud et moins sous l'influence de l'effet de foehn, présente une pluviométrie de 773mm/an (meteofrance.com consulté le 12/08/21).

L'Eurométropole de Strasbourg (figure 4a) compte 6 des sites universitaires étudiés. Le campus de l'Esplanade (figure 4d), la résidence Paul Appell (figure 4d), le campus de la Meinau (figure 4e), le campus de Cronembourg (figure 4b) et la résidence de la Robertsau (figure 4c).



Figure 4 Sites universitaires étudiés dans l'Eurométropole de Strasbourg ; a : carte des sites universitaires dans l'Eurométropole de Strasbourg ; b site de Cronenbourg ; c site de la résidence de la Robertsau ; d site de l'Esplanade et de la résidence PaulAppel ; e : site de la Meinau ; f site d'Illkirch

Le campus de l'Esplanade (figure 4d) : en centre-ville, s'est construit pour la majorité dans les années 1960, et en tant que prolongement des bâtiments universitaires construits par les Allemands dans les années 1870. Il s'agit originellement d'un campus avec un sol très imperméabilisé, mais qui a subi de nombreux efforts de végétalisation ces dernières années. Le site présente des entretiens mécaniques forts et réguliers ainsi que l'implantation de nombreuses espèces horticoles. On y compte une forte fréquentation des citoyens, le site étant ouvert et utilisé comme un parc urbain.

La résidence universitaire Paul Appell (figure 4d) : également en centre-ville, a été construite en même temps que le reste du campus de l'Esplanade en 1960 et dans le même contexte urbain. À l'image de l'Esplanade, les espaces verts du site sont fortement gérés, et avec de nombreuses espèces horticoles. Le site présente de nombreux passages d'étudiants.

Le campus de la Meinau (figure 4e) : est localisé proche du centre urbain, et à proximité du Rhin Tortu. Le site a vu le jour comme École Normale d'instituteurs en 1856 et est resté un lieu d'enseignement jusqu'à nos jours. De nouveaux bâtiments ont été construits en 2006 tandis que les anciens sont à présent soumis à une démolition prochaine (strasbourg.eu, consulté le 11/08/2021). Le site subit une gestion assez forte avec des tontes régulières pour sa partie occupée, cependant les espaces verts bordant les bâtiments voués à démolition ne sont aujourd'hui presque plus gérés, et laissés en friche. Le site est accessible uniquement aux étudiants et au personnel, en revanche la partie désaffectée est supposée interdite au public, bien qu'on note des traces de présences clandestines.

Le campus d'Illkich (figure 4f) : s'est formé par le regroupement de plusieurs institutions, et dans l'optique de créer un pôle de technologie consacré à la recherche et à l'enseignement dans les années 1980. Il s'est construit sur des espaces agricoles, mais est aujourd'hui localisé en zone périurbaine. Ce campus présente divers types de gestion, une gestion plutôt forte similaire à celle de l'Esplanade pour les zones centrales et très utilisées, et une gestion moins intense en périphérie du site, avec des tontes une à deux fois par an, ainsi que du pâturage de moutons. Dans une moindre mesure, le site est fréquenté par des promeneurs occasionnels.

Le campus de Cronembourg (figure 4b) : a vu le jour dans les années 1960, il regroupe divers laboratoires de recherche et le siège du CNRS en Alsace. Ce campus été construit à la suite de

l'étalement urbain de l'Eurométropole de Strasbourg sur les espaces agricoles alentours. Il est lui aussi inséré dans une matrice périurbaine. L'accès au campus est très règlementé et contrôlé, les espaces verts sont assez gérés avec environ 8 passages de tontes par an, qui tendent à se réduire. Il est également important de noter que le site comporte de nombreux patches d'espaces boisés peu ou très peu gérés.

La résidence universitaire de la Robertsau (figure 4c) : se trouvait déjà dans une matrice urbaine dès 1960, qui n'a fait que se densifier depuis cette date. Le site présente une gestion mécanique forte et régulière. Bien qu'ouvert le site n'est fréquenté que par le passage d'étudiants usagers du site.

À Colmar 3 sites sont étudiés (figure 5a), le campus Grillenbreit (figure 5b), le campus de l'INSPE (figure 5c) et le campus Biopôle.

Le campus Grillenbreit (figure 5b) : voit le jour en 1968, en tant que site industriel reconverti de l'usine de textile Berglas-Kiener, qui ferme définitivement ses portes en 1995, avec la construction de nouveaux bâtiments de vie étudiante en 1998. Il s'agit d'un campus fortement artificialisé et sous gestion intense, bien imbriqué dans la ville, avec une implantation de plantes horticoles et des tontes régulières, le site est uniquement fréquenté par les étudiants et le personnel.

Le campus de L'INSPE (figure 5c) : il a été construit à une période antérieure à 1960. Le site de L'INSPE présente des tontes assez régulières, avec également quelques implantations de plantes horticoles, l'accès au site reste cependant restreint aux occupants du site.

Le campus Biopôle (figure 5d) : accueille depuis 1999 deux composantes universitaires, et a été construit sur des espaces agricoles. Le site possède une gestion assez mixte, avec des zones assez fréquemment tondues, ainsi que des zones très peu entretenues. On note également la présence d'une grande parcelle expérimentale de l'INRAE sans gestion forte. Le site est accessible mais surtout utilisé par les étudiants et personnels présents.

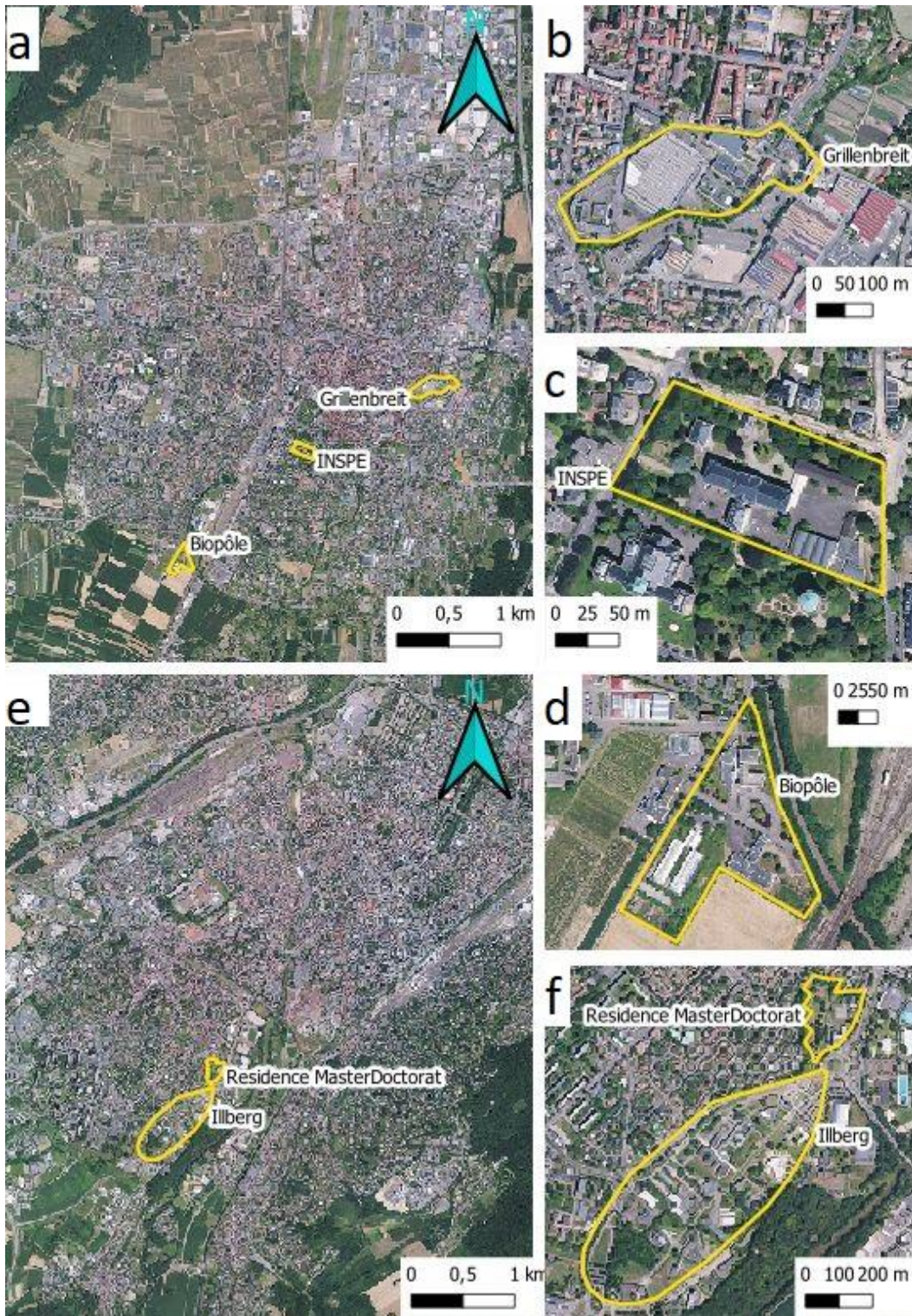


Figure 5 : Sites universitaires étudiés à Colmar et Mulhouse ; a sites universitaires de Colmar ; b site de Grillenbreit ; c site de l'INSPE ; d site du campus Biopôle ; e : sites universitaires de Mulhouse ; f : site d'Illberg et de la résidence MasterDoctorat

À Mulhouse (figure 5e), deux sites proches ont été étudiés, le campus Illberg (figure 5f) et la résidence MasterDoctorat. (Figure 5f)

Le campus Illberg (figure 5f) : se situe en périphérie de la ville de Mulhouse. La construction se termine en 1965 à la suite d'un projet de régularisation des bords de l'Ill (archives.uha.fr, consulté le 11/08/2021). Le campus présente une gestion assez hétérogène, avec une majorité de milieux à entretien doux, des prairies tondues une à deux fois par an, mais avec également une présence d'espaces fréquemment tondues. Le site est également complètement ouvert au public mais principalement fréquenté par des étudiants et autres personnels.

La Résidence Master Doctorat (5f) : est construite au même moment que le campus Illberg. Elle possède également une gestion hétérogène, avec des espaces laissés en prairies à proximité de parcelles intensément tondues, on note également l'implantation de plantes horticoles.

Le tableau 1 présente une vue synthétique de l'ensemble des sites étudiés. Un total de 42 placettes de 50 m de rayon a été initialement échantillonné pour la faune du sol et cartographié pour l'analyse paysagère.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des sites universitaires étudiés

Site	Ville	Construction	ID Placettes étudiés	Contexte urbain	Intensité de gestion	Accessibilité
Esplanade	Strasbourg	1870, 1960	14 ; 15 ; 18 ; 19 ; 20 ; 22 ; 23 ; 56 ; 72	Centreville	Forte	Ouvert
PaulAppell	Strasbourg	1960	27	Centreville	Forte	Ouvert
Meinau	Strasbourg	1856	43 ; 44 ; 45	Pleine ville	Intermédiaire ou très faible	Partiellement ouvert
Illkirch	Strasbourg	1980	1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 9 ; 10 ; 12 ; 13	Périurbain	Forte ou faible	Ouvert
Cronenbourg	Strasbourg	~1960	28 ; 30 ; 32 ; 34 ; 38 ; 71	Périurbain	Intermédiaire	Restreinte
Robertsau	Strasbourg	avant 1960	41 ; 42	Pleine ville	Forte	Ouvert
Grillenbreit	Colmar	1968, 1998	61	Pleine ville	Forte	Ouvert
INSPE	Colmar	avant 1960	60	Centreville	Intermédiaire	Restreinte
Biopôle	Colmar	1999	58 ; 59	Périurbain	Forte ou faible	Partiellement ouvert
Illberg	Mulhouse	1965	48 ; 49 ; 52 ; 67 ; 68	Périurbain	Forte ou faible	Ouvert
MasterDoctorat	Mulhouse	~1965	46 ; 47	Périurbain	Forte ou faible	Ouvert

## 2. 2) Établissement des caractéristiques des placettes échantillonnées

Dans un premier temps, une étude cartographique sur des habitats autour des nichoirs à mésanges déjà présents en ville a été effectuée. Les données sur les nichoirs ont été fournies par Josefa Bleu et Sylvie Massemin-Challet, membres de l'IPHC. Ces données regroupent des nichoirs à mésange suivis en 2018 et 2019 dans la ville de Strasbourg et la forêt de la Robertsau.

Seules les données provenant des sites de la ville ont été utilisées, soit 69 nichoirs étudiés. Une carte de l'occupation du sol générée automatiquement à partir de photos aériennes a été fournie par l'Eurométropole de Strasbourg (strasbourg.eu : Végétation à grande échelle 2017) et mise en lien avec des données d'occupation des nichoirs. Cette carte distingue les diverses occupations du sol présentes dans l'Eurométropole de Strasbourg. Cependant la typologie de cette carte s'est révélée peu précise pour la visualisation de certains habitats. Ils ont donc dû être rassemblés lors de l'extraction des données (Tableau 2).

Tableau 2 : Typologie utilisées pour définir les environs des nichoirs

Code associés	Typologie
Bati	Bâtiment
Toiv	Toit végétalisé
SNV	Surface non végétalisée
Voi	Voiries
Vegbas	Végétation basse
Eau	Surface en eau
Arbre	Surface arborée

Les surfaces de végétation « basse » comme les pelouses, bandes enherbées, prairies, serres, cultures et autres types de végétation basse ont dues être regroupées en un seul type, tandis que les surfaces boisées originellement divisées en arbres isolés, bosquets, bois et forêts ont dû être regroupées en « arbres ». Les typologies de bâtiments, toits végétalisés, voiries, surfaces non végétalisées et surfaces en eau ont été conservées sans modification. La mise en lien entre l'occupation du sol et les données des nichoirs à mésanges a été effectuée à l'aide d'une ACP, en utilisant les données d'occupation du sol d'un disque à 50 m, 100 m et 200 m des nichoirs. En effet, les mésanges charbonnières (*Parus major*) et mésanges bleues (*Cyanistes caeruleus*) vont préférentiellement chercher de la nourriture dans un rayon à moins de 50 m de leurs nichoirs (Seress et al., 2020; Titulaer et al., 2012), ainsi les placettes étudiées ont une forme de cercle. Si les mésanges ne trouvent pas les ressources nécessaires dans cet intervalle de distance, elles sont forcées d'aller plus loin, ce qui nuit à leur santé et fitness (Seress et al., 2020; Titulaer et al., 2012). Les ACP à 100 et 200 m n'ont pas montré de résultats différents, seule la figure à 50 m a été conservée (figure 6).

### 2.3) Étude des nichoirs déjà installés

Afin de définir la méthode d'analyse paysagère appliquée dans notre étude, une première analyse des habitats autour des nichoirs étudiés a été réalisée à partir de la carte de l'Eurométropole (figure 6).

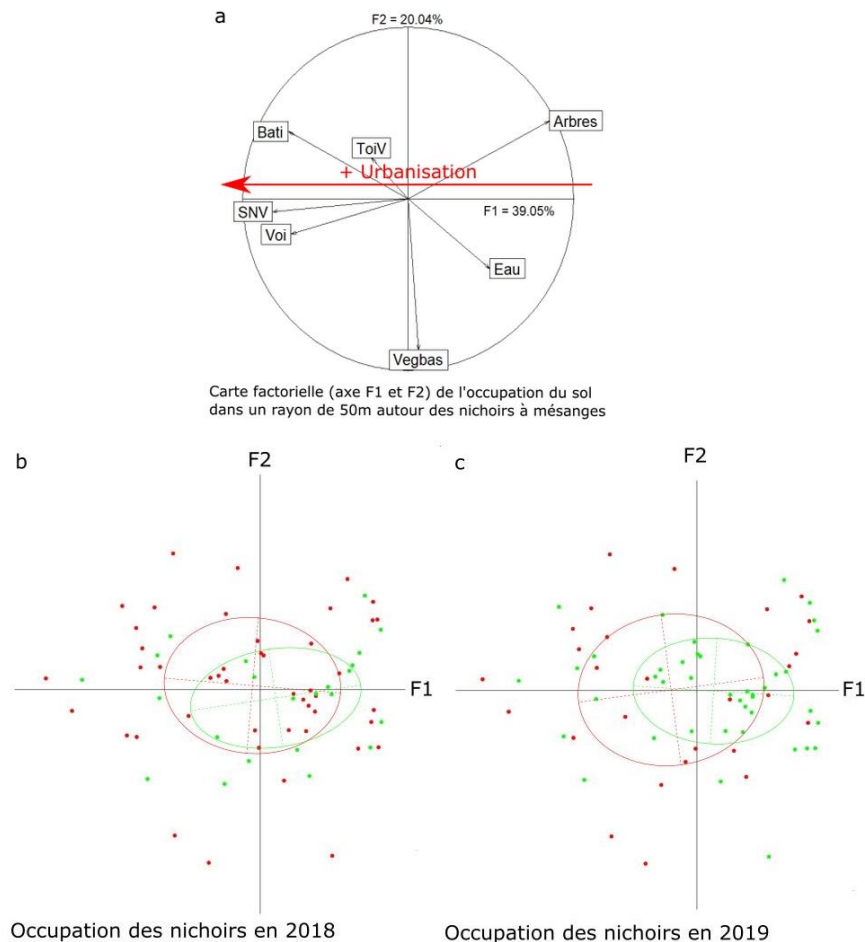


Figure 6 : Carte factorielle (F1 x F2) des environs à 50m des nichoirs ; a : carte des typologies d'habitats utilisés pour décrire les environs des nichoirs, les diverses variables sont référencées dans le tableau 2 ; b : carte du placement du suivi de 69 nichoirs en 2018, les points rouges les nichoirs non occupés et les points verts les nichoirs occupés. c : carte du placement du suivi de 69 nichoirs en 2019, les points rouges les nichoirs non occupés et les points verts les nichoirs occupés.

Sur le premier axe F1 les variables « Bati », « ToiV », « SNV » et « Voi » s'opposent aux variables Arbres et Eau, cet axe peut être interprété comme un axe d'urbanisation, avec les scores négatifs associés aux surfaces urbaines et artificialisées et les scores positifs associés aux espaces verts développés. La variable « Vegbas » influence fortement le deuxième axe F2, qui définit les surfaces de végétation basse, en outre les surfaces végétalisées sans présence d'arbres.

Un modèle binomial a été construit pour observer s'il y a une corrélation significative entre les coordonnées de l'ACP et l'occupation des nichoirs pour les deux années. Pour l'année 2018, aucun des deux axes issus de l'ACP n'était significativement corrélé aux occupations des nichoirs. Pour 2019, on observe une corrélation quasiment significative entre l'axe F1 et l'occupation des nichoirs, avec une p-value de 0.0551. Ainsi l'occupation des nichoirs montre une tendance à être plus élevée selon un gradient d'urbanisation. Une typologie plus fine doit donc être utilisée pour clarifier cette relation. Ainsi, il a été choisi d'étudier les espaces verts des sites universitaires par des placettes en cercle de 50 m de rayon. Les typologies issues de la carte de l'Eurométropole n'étant pas suffisantes pour expliquer avec clarté l'occupation des nichoirs, il est nécessaire de produire une typologie plus complète de l'occupation du sol.

#### 2.4) Définition et utilisation d'une nouvelle typologie d'occupation du sol

Les diverses occupations du sol présentes dans les placettes ont été transcrites en 19 typologies différentes (Tableau 3). Dans cette étude il a été choisi de différencier les strates de végétation avec présence ou non d'arbres car ces derniers sont essentiels pour les proies préférentiellement consommées par les mésanges (Seress et al., 2020; Titulaer et al., 2012).

Ainsi, quatre typologies concernent les espaces herbacés, avec la définition des zones de pelouse (P), pelouse avec arbre (AsP) pour les surfaces les plus entretenues, et deux autres pour les espaces moins gérés avec les espaces de prairie (Pr) et prairie avec arbre (APr). Une typologie pour les massifs végétaux et fleurs horticoles (MsF), ainsi que deux autres, pour différencier les espaces couverts de lianes (L) et lianes sous arbres (AsL), regroupant les surfaces occupées par du lierre grimpant (*Hedera helix*) ou dans la majorité des cas d'espèces de lierre exotiques assez présentes sur les sites. Deux autres typologies désignent les strates de végétation plus haute avec les buissons bas (Bb) et buissons bas avec arbres (ABb), regroupant les petites plantes ligneuses et buissonnantes d'une taille inférieure à 50 cm.

Puis deux typologies désignées en tant que buissons hauts (Bh) et buissons hauts avec arbres (ABh) qui rassemblent les haies et autres surfaces buissonnantes de plus de 50 cm de hauteur jusqu'à un maximum de 2 m. Une typologie couvrant les surfaces boisées (SB), définie par une relative fermeture du milieu et la présence des autres strates de végétation intermédiaire. Une

typologie rassemble les surfaces de culture (Cult) et les zones de toits et murs végétalisés (BatVeg) artificiels ou non. Une dernière typologie distingue les arbres isolés couvrant des surfaces non végétalisées (A).

Ensuite, des typologies relatives aux milieux non végétalisés ont été distinguées, les surfaces de routes et chemins non imperméabilisés (RT) pouvant accueillir occasionnellement la

Tableau 3 : Catalogue des typologies décrites avec code associé

Code associé	Typologie
A	Arbre sur surface artificialisé (SNV ou RT)
ABb	Buisson bas sous arbre
ABh	Buisson haut sous arbre
APr	Prairie sous arbre
AsL	Liane sous arbre
AsP	Pelouse sous arbre
Bat	Bâtiment
BatVeg	Bâtiment végétalisé
Bb	Buisson bas
Bh	Buisson haut
Cult	Cultures
Eau	Surface en eau
L	Lianes
MsF	Massif horticole
P	Pelouse
Pr	Prairie
RT	Routes et sentiers
SB	Surface boisée
SNV	Surface imperméabilisé

végétation des milieux adjacents, les routes et chemins imperméabilisés (SNV) hostiles à une végétation autre que les mousses et les lichens. Les surfaces de bâtiment (Bat) sont également mises à part. Les surfaces en eau (Eau) ne pouvant être intégrées à aucune autre typologie sont également isolées. Cette typologie a été utilisée pour effectuer sur le terrain une cartographie fine de l'occupation du sol de chaque placette. Cette cartographie a été retranscrite sous SIG à l'aide du logiciel QGIS. Les surfaces de chaque typologie sur les parcelles sont ensuite utilisées pour décrire le « paysage » de chaque parcelle.

## 2.5) Estimation de la faune du sol

Dans cette étude nous avons utilisé la méthode des pièges barber (Barber, 1931) pour étudier la biodiversité de la faune du sol des campus d'Alsace. Pour cela, le protocole décrit dans le

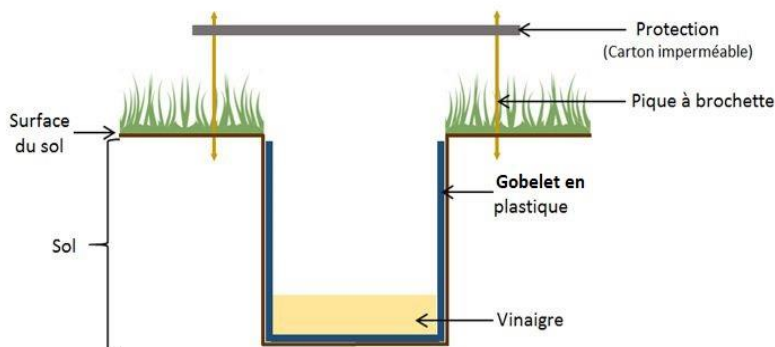


Figure 7 : Schéma descriptif d'un piège barber selon la méthode de la

programme de sciences participatives « jardibiodiv » (Auclerc & Blanchart, 2019) a été utilisé. Le piège barber consiste en un récipient avec liquide conservateur ou non, placé dans le sol avec un toit de protection (Figure 7 et 8). Ici des

mm ont été utilisés. Une étiquette présentant les logos des universités et des partenaires les plus connus du grand public, ainsi que des avertissements ont été utilisés en guise de protection. (Annexe 16).



Figure 8 : Photographie d'un piège barber disposé sur un des sites universitaire, photo prise par Alexis Cavazzini

Dans chaque piège, une solution de vinaigre d'alcool à 10% d'acidité a été versée jusqu'à 1/3 du volume du gobelet, avec une goutte de liquide vaisselle pour casser la tension de surface et ainsi faire couler les individus capturés. Le vinaigre est connu comme étant neutre écologiquement car non influencé par les variables climatiques (Baini et al., 2016). Cependant ce dernier a un effet attractif sur les ordres suivant : Araneae, Staphylinidae, Opiliones, Isopoda, Amphipoda, Diplopoda, Chilopoda, Diptera, Hymenoptera (Borges et al, 1992). Les taxons Diptera et Hymenoptera (à l'exception de la super-famille des Formicidae) n'ont pas été considérés dans les analyses, ces derniers n'étant pas considérés comme appartenant à la faune du sol. Les pièges sont relevés 7 jours après leur mise en place, le contenu est ensuite transvasé dans des récipients fermables et conservés au frais pour une identification future en laboratoire. Sur chaque placette, 6 pièges Barber ont été disposés à au moins 5 m les uns des autres. Le placement de ces derniers a suivi un échantillonnage aléatoire stratifié, c'est-à-dire que les 6 pièges ont été répartis dans les divers typologies de végétation présentes de façon à être représentatifs du milieu (Annexe 1 à annexe 12). Pour chaque placette, 2 sessions d'échantillonnages ont été effectuées afin d'obtenir un échantillonnage plus représentatif. Un premier entre le 27 avril et 27 mai 2021 et une deuxième entre le 26 mai et le 12 juin 2021 (Annexe 12).

Enfin en laboratoire les invertébrés récoltés ont été identifiés à l'aide de loupes binoculaires d'un grossissement de 6 à 25, et de la clef de détermination « Jardibiodiv ». Cette clef est conçue pour permettre une identification fiable par le grand public, elle permet d'aller tantôt jusqu'à l'ordre, tantôt jusqu'à la famille et parfois l'espèce (dans le cas des gendarmes, *Pyrrhocoris apterus*). Il a été choisi de se restreindre à ce niveau d'identification taxonomique d'une part pour

des raisons de temps et pour pouvoir mettre les données récupérées à disposition du programme de sciences participatives Jardibiodiv.

Lors de l'échantillonnage, certains pots barber ont été compromis ou détruits (animaux, enfants, malveillance), en conséquence les placettes concernées, dont la représentativité a été mise en péril, ne sont pas prises en compte dans le traitement des données (placettes ID 23, 18, 15, tableau 1)

## 2.6) Estimation de faune d'invertébrés « épigée »

Durant cette étude, il a été également mis en place un protocole d'estimation de la faune d'invertébrés « épigée ». Pour cela nous avons utilisé un échantillonneur D-Vac. Ce dernier consiste en un souffleur/aspirateur à feuilles reconverti en un autre usage. L'utilisation

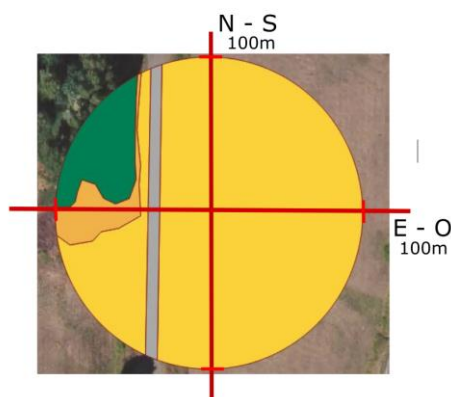


Figure 9 : Transects N-S et E-W réalisés sur une placette (placette ID5, Illkich)

d'aspirateur à arthropodes peut se révéler plus efficace que les filets fauchoirs pour collecter les invertébrés proches du sol et sur végétation basse, et ils collectent mieux les arthropodes de petite taille (Doxon et al., 2011). Des aspirations systématiques sont réalisées sur chaque parcelle à raison d'une aspiration de 5 à 10 secondes, tous les 2 m le long de ces deux transects positionnés Nord-Sud et Est-Ouest (Figure 9). Le contenu du filet est ensuite transféré dans l'alcool à 70°. Faute de temps, les résultats n'ont pas pu être identifiés et ne seront pas abordés ici.

## 2.7) Estimation de la diversité végétale

Un protocole d'estimation de la diversité végétale a été mis en place. Des relevés phytosociologiques sont effectués à l'échelle de chaque typologie présente, les espèces sont identifiées et se voit attribuer un coefficient de recouvrement. Un autre relevé est effectué dans un quadrat de 5 m de côté autour des emplacements de pièges barber. Faute de temps, ce protocole n'a été déployé que sur 1 placette du site de l'Esplanade et 1 de la Meinau. Les résultats ne seront donc pas présentés ici.

## 2.8) Traitement de données

Les données de la faune de surface du sol ont été traitées au niveau des placettes, ainsi, les moyennes des 12 pots placés au cours de deux sessions d'échantillonnages ont été traitées. À la suite de dégradations des dispositifs sur le terrain, seuls les résultats de 39 placettes sur les 42 sont présentés ici.

Une analyse en composantes principale (ACP) a été réalisée sur l'occupation du sol défini par surface recouverte par les typologies d'occupation du sol sur les 39 placettes étudiées. L'analyse a été réalisée afin de projeter les placettes selon leurs occupations du sol et sur seulement 2 axes, cela a ainsi permis de les comparer. Puis les placettes ont été rassemblées selon leur site pour visualiser plus facilement leurs origines. Pour les analyses statistiques nous avons extrait les coordonnées de chaque placette sur les deux premiers axes de l'ACP.

Plusieurs indices ont été calculés pour décrire les données des pièges barber, l'indice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949), l'indice de Simpson (Simpson, 1949) et la richesse taxonomique de chaque placette a également été calculée. La richesse taxonomique, aussi appelée diversité alpha désigne le nombre de taxons présents. L'indice de Shannon-Weaver mesure la diversité tandis que l'indice de Simpson calcule d'équitabilité. Ces derniers ont été calculés pour chaque placette, et ce avec les moyennes d'abondance totale par placette de chaque taxon identifié.

Pour chaque indice, nous avons utilisé un modèle linéaire pour analyser la corrélation entre la valeur de l'indice et la position sur l'ACP (les coordonnées de la placette sur l'axe 1 et sur l'axe 2 ont été utilisées comme variables explicatives). Nous avons également testé, avec deux modèles linéaires, la corrélation entre les abondances moyennes d'Araneae et de Carabidae par placette et la position de la placette sur l'ACP. Ces deux taxons sont particulièrement sensibles aux phénomènes d'urbanisation et à leurs implications telles que la fragmentation et la destruction de l'habitat, et sont donc de bons indicateurs de l'état écologique du milieu (Varet et al., 2011).

Pour chaque modèle la normalité des résidus ainsi que leurs homogénéités ont été vérifiées à un seuil de significativité fixé à (0,05) pour assurer la validité du modèle.

Enfin, une dernière ACP a été réalisée avec les données de suivi de 14 nichoirs présents sur le site universitaire de l'Esplanade en 2018 et 2019 issues des données de nichoirs précédemment utilisés. Cela mis en lien avec l'occupation du sol définie par la typologie utilisée lors des placettes de suivi.

### 3) Résultats

#### 3.1) Analyse paysagère des placettes de suivi

L'ACP des 39 placettes suivies montre 3 profils de paysages urbains (figure 10a), un profil de paysage dit « sub-naturel » comportant les typologies : Pr, APr, SB, ABb et plus faiblement Cult, un paysage dit « artificialisé », regroupant les typologies : SNV, Bat, P et AsP. Enfin un paysage dit « jardiné » avec AsL, L, MsF, RT, A et BatVeg. À noter que plusieurs typologies ne sont rattachées à aucun paysage présent et s'exprime peu, notamment : Eau, Bb, ABh et Bh. Cela est dû à l'absence de milieux définis comme « naturel » dans les placettes étudiées.

On note que les placettes présentes à Cronenbourg, Illklich et au Biôpole sont proches les unes des autres, et rassemblées dans la zone « subnaturel ». Le site de Illberg est à la fois présent dans la zone dite « subnaturel » et « artificialisé » de la figure. Le site de la Meinau est au même niveau par rapport au premier axe décrit précédemment, mais se place à part des grandes zones définies par les autres variables. On note que toutes les résidences universitaires et le site Grillenbreit sont définis environ au même niveau par rapport au premier axe, et se classent dans la catégorie « artificialisé » à l'exception de la résidence Master Doctorat dont la distribution se trouve dans la catégorie « jardiné ». Enfin les sites de l'Esplanade et l'INSPE, sont les plus extrêmes dans les catégories de paysage « artificialisé » et « jardiné ».

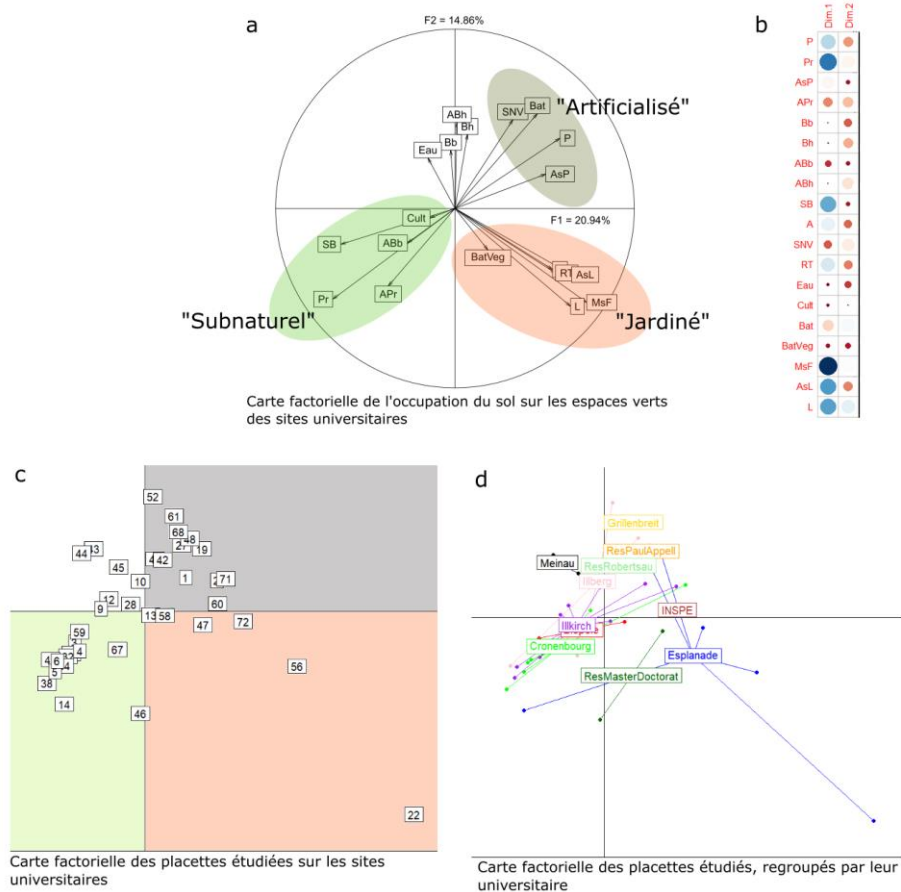


Figure 10 : Analyse en composante principale des 39 placettes de suivies sur 11 sites universitaires ; a : carte factorielle de l'occupation du sur les espaces verts des sites universitaires, chaque axe représente une typologie décrite dans le tableau ; b : qualité de la représentation  $\cos^2$ , les typologies P, Pr, AP, SB, A, SNV, RT, Bat, MsF, AsL et L expliquant le plus le premier axe, tandis que les typologies P, AP, Bb, Bh, ABh, A, RT et AsL expliquent deuxième axe; c : Disposition dans l'espace des placettes suivies sur les sites universitaires ; d : disposition dans l'espace des placettes suivies et rassemblées selon leur site universitaire associé, les sites de Strasbourg avec l'Esplanade, Cronenbourg, Illkich, la Meinau, la résidence Roberstau et la résidence PaulAppel. Les sites de Colmar avec l'INSPE, le Biopôle et Grillenbreit. Enfin le site de Mulhouse avec Illberg et la résidence MasterDoctorat.

### 3.2 Analyse de la faune du sol

La richesse taxonomique (figure 11a) ne montre pas de pattern de répartition particulier selon le gradient de paysage. L'indice de Shannon (figure 11b) tend à être plus élevé pour les placettes qualifiées de plus « sub-naturel » dans l'analyse paysagères des composantes principales (figure 10a). A l'inverse l'indice apparait comme plus faible pour les placettes ayant un paysage défini comme plus intensément « artificialisé ». Enfin l'indice de Simpson (figure 11c) tend également à être plus élevé pour les placettes définies comme « sub-naturel » sur l'analyse paysagère (figure 10a), et plus faible pour les placettes définies comme « artificialisé ».

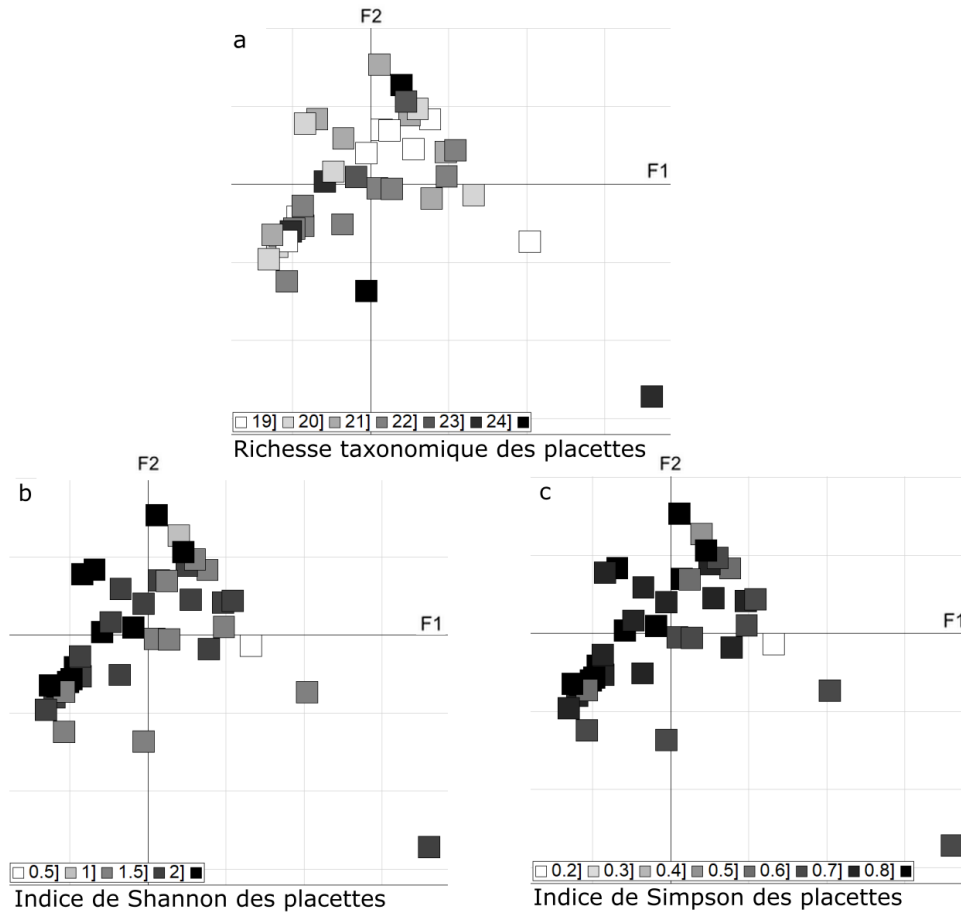


Figure 11 Analyse en composante principale des 39 placettes de suivies sur 11 sites universitaires reliés à différents indices de diversités ; b : Richeur taxonomique des 39 placettes dispersés dans l'espace selon un gradient de paysage urbain décrite dans la figure a, un gradient de couleurs de blanc a noir représente les valeurs de chaque placette allant de 19 à 24 taxons présent par placette ; c : Indice de Shannon-Weaver dispersé dans l'espace selon un gradient de paysage urbain des 39 placettes décrites dans la figure a, un gradient de couleurs de blanc a noir représente les valeurs allant d'une intervalle de inférieur à 0,5 jusqu'à celles supérieure à 2 ; d : Indice de Simpson dispersé dans l'espace selon un gradient de paysage urbain des 39 placettes décrites dans la figure a, un gradient de couleurs de blanc à noir représente les valeurs allant d'une intervalle de inférieure à 0,2 jusqu'à celles supérieure 0,8.

Le modèle traitant la relation entre l'indice de Shannon (figure 12) des abondances moyennes par placette et les coordonnées des deux axes de l'ACP des 39 placettes de suivi présentent des résidus qui suivent une loi normale et sont homogènes. L'indice de Shannon est significativement corrélé avec le premier axe de l'ACP avec une p-value de 0.00285\*\*. Le deuxième axe n'est pas significativement corrélé à l'indice de Shannon.

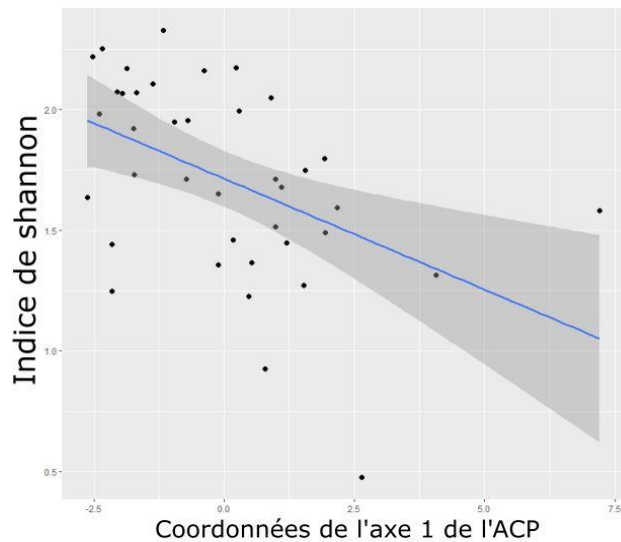


Figure 12 : Modèle linéaire entre les coordonnées de l'axe 1 de l'analyse en composante principale des 39 placettes de suivies sur 11 sites universitaires, et L'indice de Shannon calculé sur chaque placette.

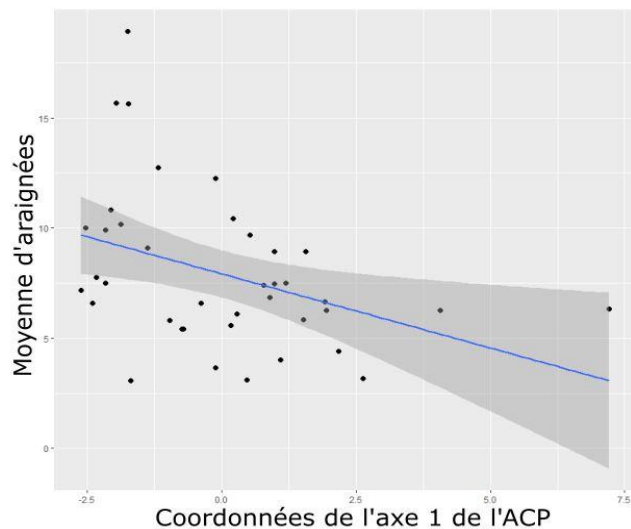


Figure 13 : Modèle linéaire entre les coordonnées de l'axe 1 de l'analyse en composante principale des 39 placettes de suivies sur 11 sites universitaires et l'abondance moyenne du taxon Araneae sur chaque placette.

Le modèle traitant la relation entre des coordonnées de l'ACP des 39 placettes de suivi et l'abondance moyenne par placette du taxon Araneae, aussi dit araignées (figure 13), présentent des résidus qui suivent une loi normale. Cependant ces derniers ne sont pas complètement homogènes (Annexe 17), le modèle a tout de même été conservé en estimant que cela n'altérerait pas de manière importante la qualité du modèle. L'abondance moyenne du taxon Araneae est significativement corrélée avec le premier axe de l'ACP des 39 placettes de suivi, avec une p-value de 0.0129\*. Le deuxième axe n'est pas significativement corrélé à l'abondance moyenne d'araignées.

Le modèle traitant la relation entre des coordonnées de l'analyse en composantes principales des 39 placettes de suivi et l'abondance moyenne du taxon Carabidae, aussi dit carabe, présentent des résidus qui suivent une loi normale et sont homogènes (Annexe 18). L'abondance moyenne du taxon Carabidae n'est pas significativement corrélée avec les axes d'analyse en composantes principales des 39 placettes.

### 3.4) mise en lien des données de suivi de nichoirs à mésanges et occupation du sol des placettes étudiées

Peu des nichoirs suivis dans les années 2018 et 2019 sont présents dans les sites universitaires (figure 14) par rapport aux placettes étudiées dans le cadre de cette étude. Les nichoirs placés sur les sites universitaires ne représentent que les surfaces précédemment définies comme « artificialisé ». Ainsi les données actuelles de suivi de nichoirs ne permettent pas à elles seules de définir quel type de paysage est le plus favorable à l'installation de nichoirs à mésanges. Il est important de noter que l'occupation à 50 m des 14 nichoirs représentés ici a été définie en 2021.

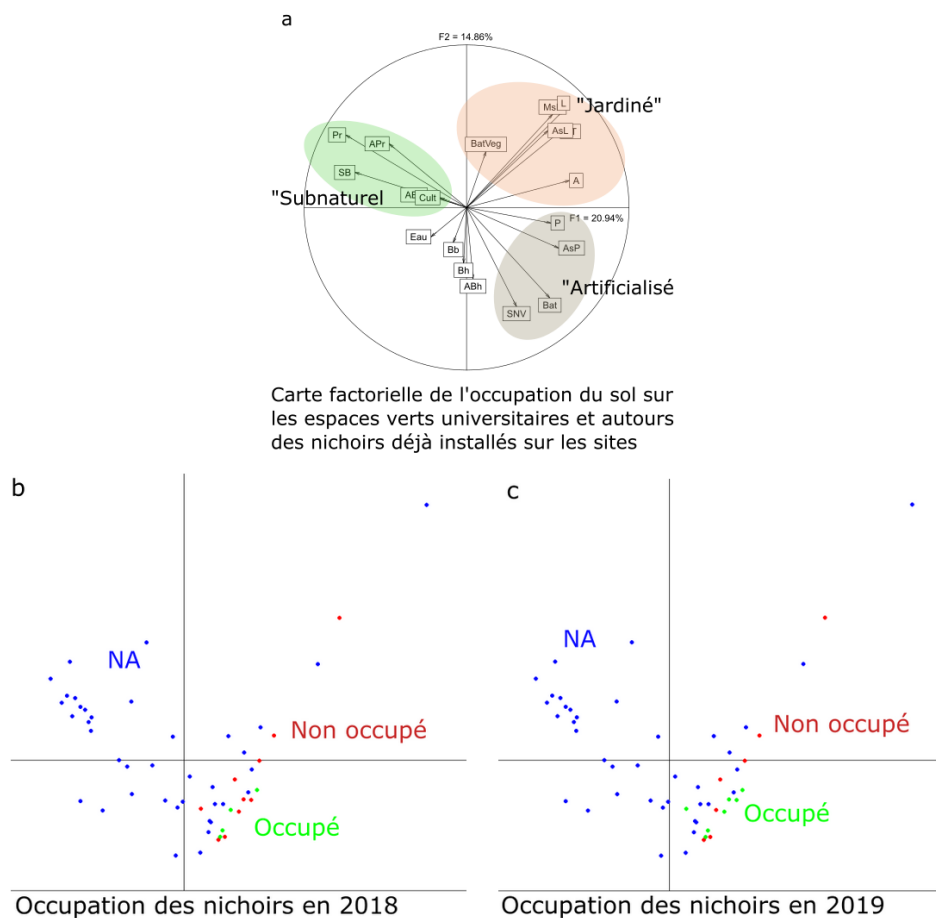


Figure 14 Analyse en composante principale des 39 placettes de suivies sur 11 sites universitaires, ainsi que l'occupation du sol à 50m de 14 nichoirs suivis sur le site de l'Esplanade au cours des années 2018 et 2019, pour un totale de 53 points, les typologies utilisées sont décrites dans le tableau 3; b : Disposition dans l'espace des placettes suivies et de 14 nichoirs pendant l'année 2018, « Na » en bleu correspond aux placettes sans nichoir, « non occupé » correspond aux nichoirs non occupés pendant l'année 2018, « occupé » correspond aux nichoirs occupés pendant l'année 2018 ; c : Disposition dans l'espace des placettes suivies et de 14 nichoirs pendant l'année 2019, « Na » en bleu correspond aux placettes sans nichoir, « non occupé » correspond aux nichoirs non occupés pendant l'année 2019, « occupé » correspond aux nichoirs occupés pendant l'année 2019

#### 4) Discussion / Conclusion

L'ACP de l'occupation du sol à 50 m de rayon des nichoirs, selon les typologies de la carte fournie par l'Eurométropole de Strasbourg mise en lien avec l'occupation de ces nichoirs en ville (Figure 6), n'a pas montré de tendance claire. Cela est certainement dû à la typologie de carte utilisée qui s'est révélée ne pas être très précise dans la délimitation des différentes occupations du sol décrites. Cependant les nichoirs occupés pour l'année 2019 tendent à souligner que les espaces arborés sont importants pour les mésanges en ville. En effet, les mésanges trouvent la majorité de leurs proies au sein des structures de végétation arborée, notamment les chenilles, essentielles à leur alimentation pendant leur période de reproduction (Tremblay et al., 2003). La qualité et la quantité de nourriture disponible influencent directement leur fitness et leur santé, particulièrement pendant la période de reproduction (Tremblay et al., 2003).

L'analyse en composantes principales des 39 placettes de suivi sur 11 sites universitaires (Figure 10) a montré une grande diversité d'occupation du sol et de gestion au sein des sites (Figure 7b). On peut ici interpréter le premier axe comme gradient paysager d'artificialisation ou de perturbation du milieu, le tout étant rattaché au phénomène d'urbanisation (Faeth et al., 2011). Par rapport à cet axe, les placettes des sites ayant une intensité de gestion, une fréquentation ou une localisation en ville similaire se regroupent. Les sites tels que Cronembourg, Illkich, Biopôle, Illberg et La Meinau peuvent être qualifiés de plus « subnaturel » et possèdent en effet des caractéristiques similaires. De la même manière, les deux sites les plus en centre-ville tels que l'Esplanade et l'INSPE se ressemblent fortement, cela peut s'expliquer car ces derniers sont utilisés et gérés comme des parcs urbains. Dans un même temps les paysages des trois résidences universitaires tendent à se ressembler, cela peut s'expliquer par une convergence des normes de gestion et de sécurité dans ces milieux, les sites ayant une date de construction proche.

L'indice de Shannon-Weaver et de Simpson ont permis de montrer une relation négative entre la diversité et l'intensité d'urbanisation. Cette tendance de déclin de la diversité sur un gradient d'urbanisation de plus en plus fort correspond à ce que d'autres études ont pu observer (Angold et al., 2006; Aronson et al., 2017; Faeth et al., 2011), en effet la diversité tendrait à se réduire en fonction de l'intensité de l'urbanisation en association avec des altérations et une fragmentation plus forte des milieux (Faeth et al., 2011). En revanche, la diversité taxonomique n'a pas exprimé de tendance claire selon le gradient paysager d'urbanisation. La clef d'identification utilisée ne va

peut-être pas assez loin pour permettre de distinguer une différence entre les taxons selon le gradient d'urbanisation. En effet les espèces ont une sensibilité différente à l'urbanisation (Faeth et al., 2011; Linden et al., n.d.), et l'utilisation d'autres indices pourrait permettre de clarifier cette relation (Linden et al., n.d.).

Les araignées et les carabes sont connus dans la littérature comme deux taxons qui réagissent négativement à la dégradation d'un milieu, ces deux taxons sont par ailleurs souvent utilisés en tant que bioindicateurs (Varet et al., 2011). Les carabes et araignées sont particulièrement sensibles à la qualité de l'habitat, (Angold et al., 2006; Varet et al., 2011). Ces dernières répondent différemment face à un gradient d'urbanisation, on s'attend à ce que les carabes aient une réponse forte et assez soudaine selon un gradient de plus en plus intense, tandis que les araignées ne répondraient que peu ou pas du tout à ce gradient (Varet et al., 2011). Pourtant les carabes n'ont ici pas montré de corrélation au gradient d'urbanisation, tandis que les araignées y répondent faiblement. Cela peut s'expliquer par le fait que deux groupes réagissent différemment à des facteurs locaux non mesurés ici, comme les caractéristiques du sol ou la végétation présente (Varet et al., 2011). Ainsi, une étude plus fine du sol et de la végétation des sites serait intéressante.

L'étude de la faune du sol nous montre que les sites universitaires d'Alsace ayant un paysage plus subnaturel présentent un meilleur état écologique que les sites caractérisés par des paysages typiquement urbains et artificialisés. Par ailleurs, étudier en détail les autres compartiments de biodiversité tels que la végétation permettrait d'affiner cette tendance.

Le placement de nichoirs à mésanges sur les sites devrait ainsi se focaliser sur les sites universitaires les plus subnaturel. En effet la réponse des oiseaux dans un gradient d'urbanisation est plus reliée aux structures de végétation présentes dans un habitat sans être nécessairement liée aux espèces de plantes présentes dans ces structures (Blair, 1999). Ainsi le paysage des sites est capable de prévoir le succès de l'occupation des nichoirs. Cependant un suivi de ces derniers est nécessaire pour identifier clairement les tendances d'occupation des nichoirs selon le gradient paysager défini dans cette étude.

La mise en place de dispositif d'étude de la biodiversité en ville se révèle contraignant. La fréquentation des sites expose les dispositifs laissés sur place à des vols, des dégradations

malveillantes ou non (enfants, animaux), ou encore à la création de conflits entre utilisateurs, gérants et responsables des sites étudiés. Pour pallier ce problème un plus grand nombre de pièges ont été placés sur les sites, le matériel utilisé n'était pas précieux et une étiquette informant les citoyens du projet a été utilisée (Annexe 16). Contrairement à nos attentes, la majorité des sites n'ont pas déploré un grand nombre de destructions, à l'exception de l'Esplanade (Annexe 14 et 15), le site le plus fréquenté de tous. Les destructions étaient majoritairement dues à de la malveillance, ou de l'inconscience (enfants) en outre les mesures de précaution n'ont pas suffi à empêcher toutes les destructions, mais les ont très certainement fortement réduites. D'autre part, le lancement de projet de grande envergure en ville nécessite une bonne circulation des informations en interne et en externe des services concernés. Dans cette étude de nombreux gestionnaires des sites n'avaient simplement pas connaissance du projet alors que les entités administratives des sites avaient signé et financé le projet pour les sites dont ils avaient la gestion.

Le milieu urbain est un espace soumis à des changements constants et très rapides, qui peuvent radicalement changer la structure d'un milieu. La quasi-totalité des sites universitaires étudiés présentaient des zones de gros travaux. Dans notre cas le site de l'Esplanade est un bon exemple, en l'espace de quelques années, ce dernier a subi de nombreux travaux qui ont radicalement transformé le paysage. Avec le passage d'un paysage très largement imperméabilisé à un paysage typique de parc urbain. De nombreux projets urbains sont toujours à l'œuvre et continuent de transformer le paysage du site, de grands bâtiments ont été démolis et construits en l'espace de quelques mois accordés à l'étude du site.

Le protocole de sciences participatives « Jardibiodiv » permet de sortir des données intéressantes pour l'étude du milieu urbain. L'utilisation de la clef d'identification par divers étudiants et intervenants a soulevé quelques améliorations possibles. Certains traits décrits pourraient être affinés pour rendre moins confuse l'identification de certains taxons comme les collembolles et les divers coléoptères, qui sont par ailleurs les taxons les moins bien identifiés par le grand public dans ce programme (Auclerc & Blanchart, 2019).

Afin de compléter cette étude, il serait dans un premier temps intéressant d'identifier l'ensemble des données récoltées avec l'aspirateur D-Vac afin d'obtenir des données sur la faune des strates de végétation au-dessus du sol dans les placettes étudiées, et ainsi voir leur répartition selon le gradient d'urbanisation observé.

Pour conclure, nous avons pu montrer ici que la diversité de la faune du sol est plus forte dans les paysages décrits comme subnaturel, définie par les surfaces boisées et prairies avec ou sans arbres. Tandis qu'à l'inverse la diversité est plus faible dans les paysages décrits comme artificialisé, caractérisée par les surfaces imperméabilisées, de bâtiments, et de pelouses avec ou sans arbres. En outre, l'artificialisation du milieu a un effet néfaste sur la diversité du sol, ce qui implique que tous les autres compartiments biologiques présents subissent également cet effet.

L'installation de nichoirs à mésanges doit donc préférentiellement être menée dans des paysages décrits comme plus subnaturel, car ces derniers devront posséder les ressources nécessaires à une installation durable. Pour les sites ne disposant pas de paysages appropriés, il est nécessaire de mettre en place des gestions plus douces des espaces verts afin de permettre un meilleur état écologique du milieu.

## 5) Bibliographie

- Angold, P. G., Sadler, J. P., Hill, M. O., Pullin, A., Rushton, S., Austin, K., Small, E., Wood, B., Wadsworth, R., Sanderson, R., & Thompson, K. (2006). Biodiversity in urban habitat patches. *Science of The Total Environment*, 360(1–3), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.08.035>
- Aronson, M. F., Lepczyk, C. A., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., MacIvor, J. S., Nilon, C. H., & Vargo, T. (2017). Biodiversity in the city: Key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 189–196. <https://doi.org/10.1002/fee.1480>
- Auclerc, A., & Blanchart, A. (2019). Jardibiodiv, un outil de sciences participatives sur la biodiversité des sols urbains. *Etude et Gestion des Sols*, 16.
- Baini, F., Del Vecchio, M., Vizzari, L., & Zapparoli, M. (2016). Can the efficiency of pitfall traps in collecting arthropods vary according to the used mixtures as bait? *Rendiconti Lincei*, 27(3), 495–499. <https://doi.org/10.1007/s12210-016-0504-z>
- Barber, H.S., (1931) Traps for cave-inhabiting insects. *J Elisha Mitchell Sci Soc* 46:259–266
- Blair, R. B. (1999). BIRDS AND BUTTERFLIES ALONG AN URBAN GRADIENT: SURROGATE TAXA FOR ASSESSING BIODIVERSITY? *Ecological Applications*, 9(1), 7.
- Borges, P.A.V. (1992). "The relative efficiency of Formalin, Vinegar and Turquin in Pitfall Traps on an Azorean Pine Woodland área", in *Actas do V Congresso Ibérico de Entomologia*, Lisboa. «Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia», Supl. nº 3, vol. 1: 213-223.
- Campbell-Arvaí, V. (2019). Engaging urban nature: Improving our understanding of public perceptions of the role of biodiversity in cities. *Urban Ecosystems*, 22(2), 409–423. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0821-3>
- C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," in *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 379-423, July 1948, doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *PLoS Biology*, 4(8), e277. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- Dickinson, D. C., & Hobbs, R. J. (2017). Cultural ecosystem services: Characteristics, challenges and lessons for urban green space research. *Ecosystem Services*, 25, 179–194. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.014>
- Doxon, E. D., Davis, C. A., & Fuhlendorf, S. D. (2011). Comparison of two methods for sampling invertebrates: Vacuum and sweep-net sampling: Methods of Sampling Invertebrates. *Journal of Field Ornithology*, 82(1), 60–67. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2010.00308.x>
- Faeth, S., Bang, C., & Saari, S. (2011). Urban biodiversity: Patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 69–81. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05925.x>
- Houllier, F., & Merilhou-Goudard, J.-B. (n.d.). *Les sciences participatives en France*. 64.
- Kabisch, N., Qureshi, S., & Haase, D. (2015). Human–environment interactions in urban green spaces—A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>
- Linden, D. R., Hendrix, P. F., & Coleman, D. C. (n.d.). *6 Faunal Indicators of Soil Quality*. 16.
- Menta, C. (2012). Soil Fauna Diversity—Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. In G. A. Lameed (Ed.), *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World*. InTech. <https://doi.org/10.5772/51091>

- Olivier Rey. L'enseignement supérieur sous le regard des chercheurs. 2005. halshs-00115891
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., & Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: A new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1–2), 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002>
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., & Grove, J. M. (2004). Resilient cities: Meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 369–384. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.035>
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). *URBAN ECOLOGICAL SYSTEMS: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas I*. 34.
- Savage, M. J., James, R., Magistro, D., Donaldson, J., Healy, L. C., Nevill, M., & Hennis, P. J. (2020). Mental health and movement behaviour during the COVID-19 pandemic in UK university students: Prospective cohort study. *Mental Health and Physical Activity*, 19, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100357>
- Schoenholtz, S. H., Miegroet, H. V., & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1–3), 335–356. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Seress, G., Sándor, K., Evans, K. L., & Liker, A. (2020). Food availability limits avian reproduction in the city: An experimental study on great tits *Parus major*. *Journal of Animal Ecology*, 89(7), 1570–1580. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13211>
- Seto, K. C., Guneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Shochat, E., Lerman, S., & Fernández-Juricic, E. (2015). Birds in Urban Ecosystems: Population Dynamics, Community Structure, Biodiversity, and Conservation. In J. Aitkenhead-Peterson & A. Volder (Eds.), *Agronomy Monographs* (pp. 75–86). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr55.c4>
- SIMPSON, E. Measurement of Diversity. *Nature* **163**, 688 (1949). <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Titulaer, M., Spoelstra, K., Lange, C. Y. M. J. G., & Visser, M. E. (2012). Activity Patterns during Food Provisioning Are Affected by Artificial Light in Free Living Great Tits (*Parus major*). *PLoS ONE*, 7(5), e37377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037377>
- Tremblay, I., Thomas, D. W., Lambrechts, M. M., Blondel, J., & Perret, P. (2003). VARIATION IN BLUE TIT BREEDING PERFORMANCE ACROSS GRADIENTS IN HABITAT RICHNESS. *Ecology*, 84(11), 3033–3043. <https://doi.org/10.1890/02-0663>
- Varet, M., Pétilion, J., & Burel, F. (2011). Comparative responses of spider and carabid beetle assemblages along an urban-rural boundary gradient. *Journal of Arachnology*, 39(2), 236–243. <https://doi.org/10.1636/CP10-82.1>

## 6) Table des annexes

7) Annexes .....	33
Annexe 1 : Légende des typologies définies sur les placettes .....	33
Annexe 2 : Placettes de l'Esplanade .....	34
Annexe 3 : Placette de la résidence Paul Appell .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexe 4 : Placette de la Meinau .....	36
Annexe 5 : Placette de Illkirch .....	37
Annexe 6 : Placettes de Cronenbourg .....	38
Annexe 7 : Placettes de la résidence de la Robertsau .....	39
Annexe 8 : Placette de Grillenbreit .....	40
Annexe 9 : Placette de l'INSPE .....	41
Annexe 10 : Placettes du Biopôle .....	42
Annexe 11 : Placette du campus Illberg .....	43
Annexe 12 : Placettes de la résidence MasterDoctorat .....	44
Annexe 13 : Récapitulatif des dates de pose et de récupération .....	45
Annexe 14 : Récapitulatif du devenir des pièges barber sur les divers sites étudiés .....	45
Annexe 15 : Nombre de pots non valides pour l'exploitation de données .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexe 17 : Diagnostic du modèle araignée .....	46
Annexe 18 : Diagnostic du modèle carabe .....	46

## 7) Annexes

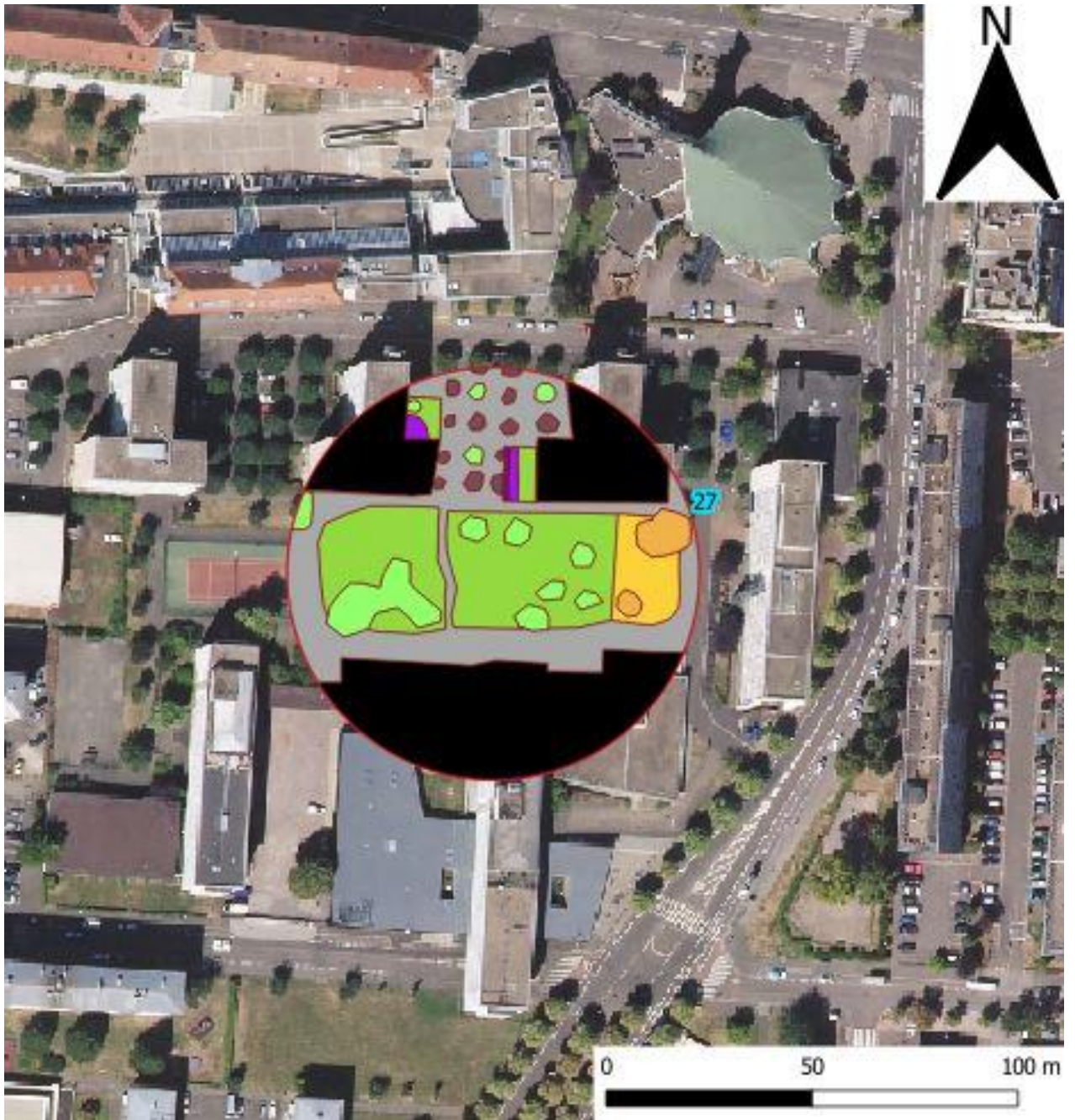
### Typologies présentes

-  1 - Pelouse
-  2 - Prairie
-  3 - Pelouse sous arbre
-  4 - Prairie sous arbre
-  5 - Buisson bas
-  6 - Buisson haut
-  7 - Buisson bas sous arbre
-  8 - Buisson haut sous arbre
-  9 - Surface boisée
-  10 - Arbre sur surface imperméable
-  11 - Surface imperméabilisée
-  12 - Route et chemin
-  13 - Surface en eau
-  14 - Cultures
-  15 - Batiment
-  16 - Batiment végétalisé
-  17 - Massif horticole
-  18 - Lianes
-  19 - Lianes sous arbre

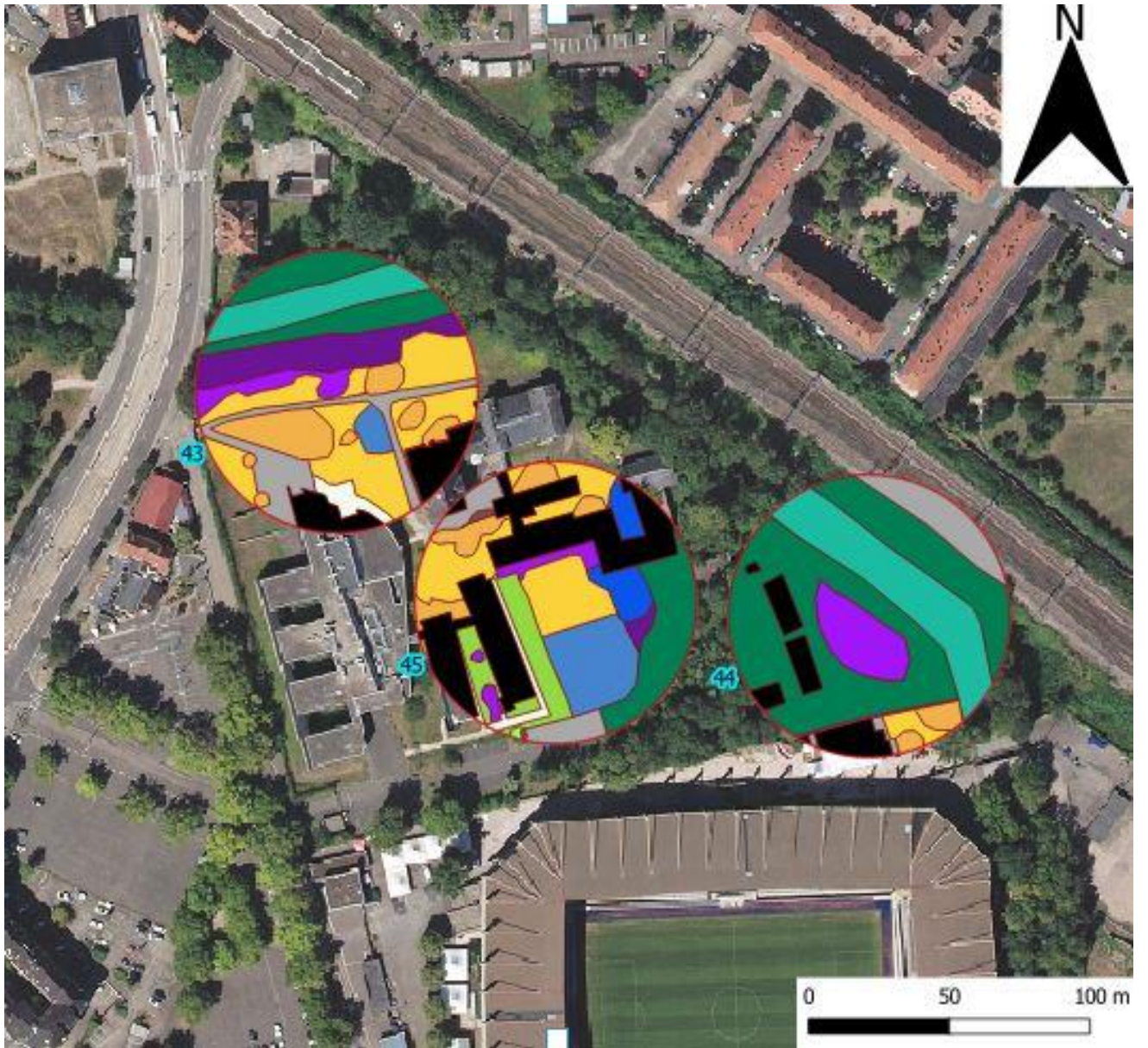
*Annexe 1 : Légende des typologies définies sur les placettes*



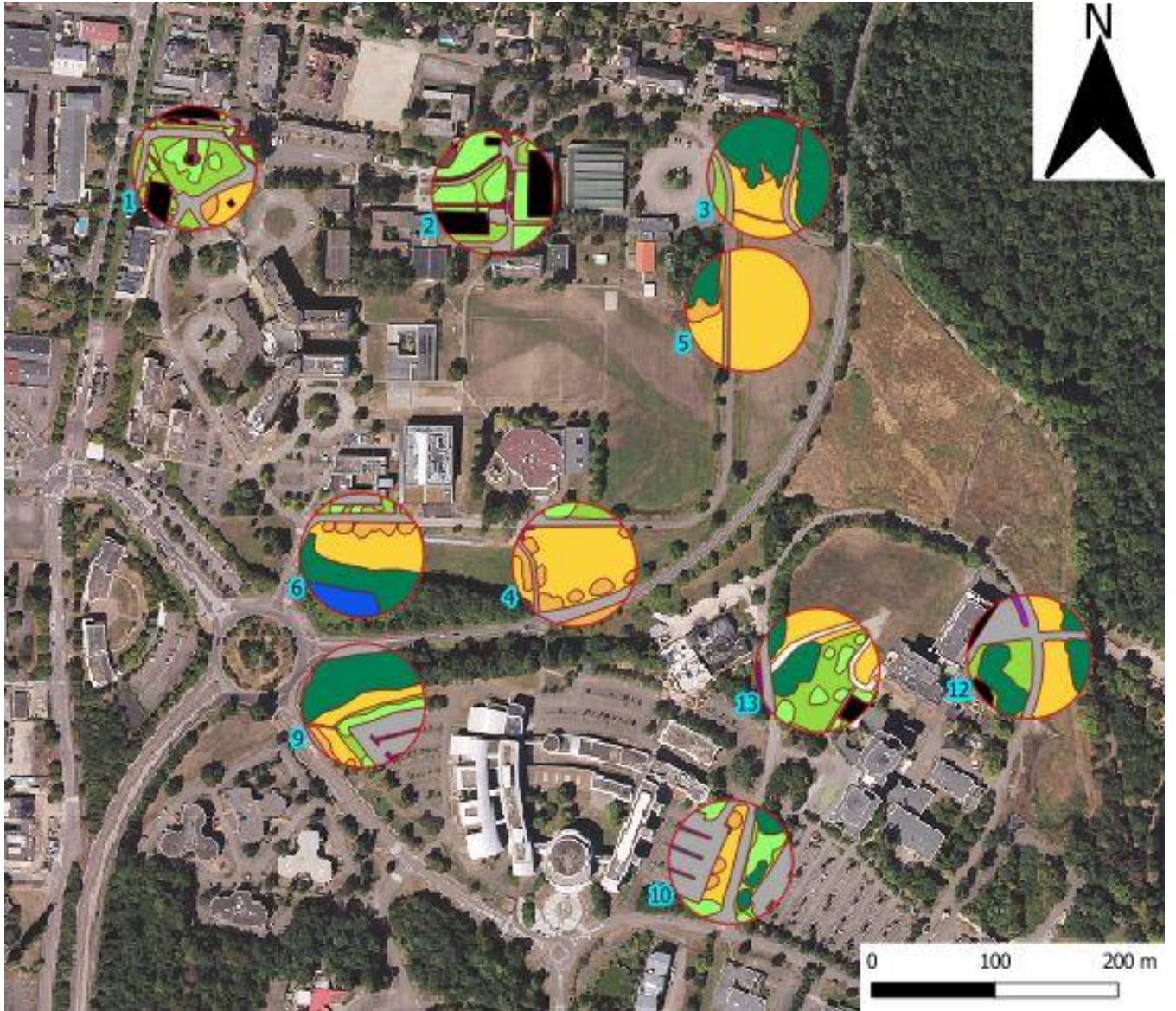
Annexe 2 : Placettes de l'Esplanade



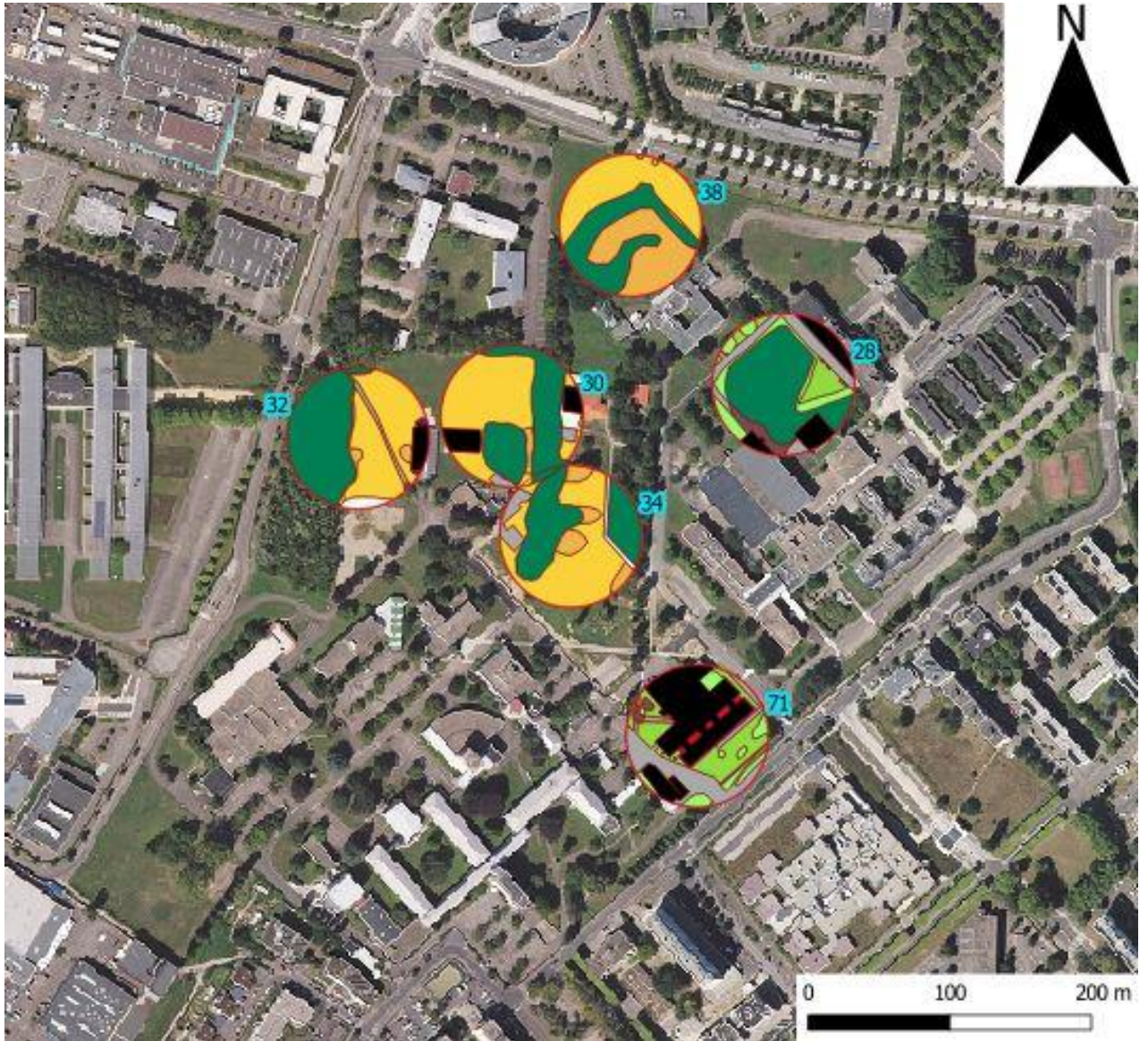
Annexe 3 : Placette de la résidence Paul Appell



*Annexe 4 : Placettes de la Meinau*



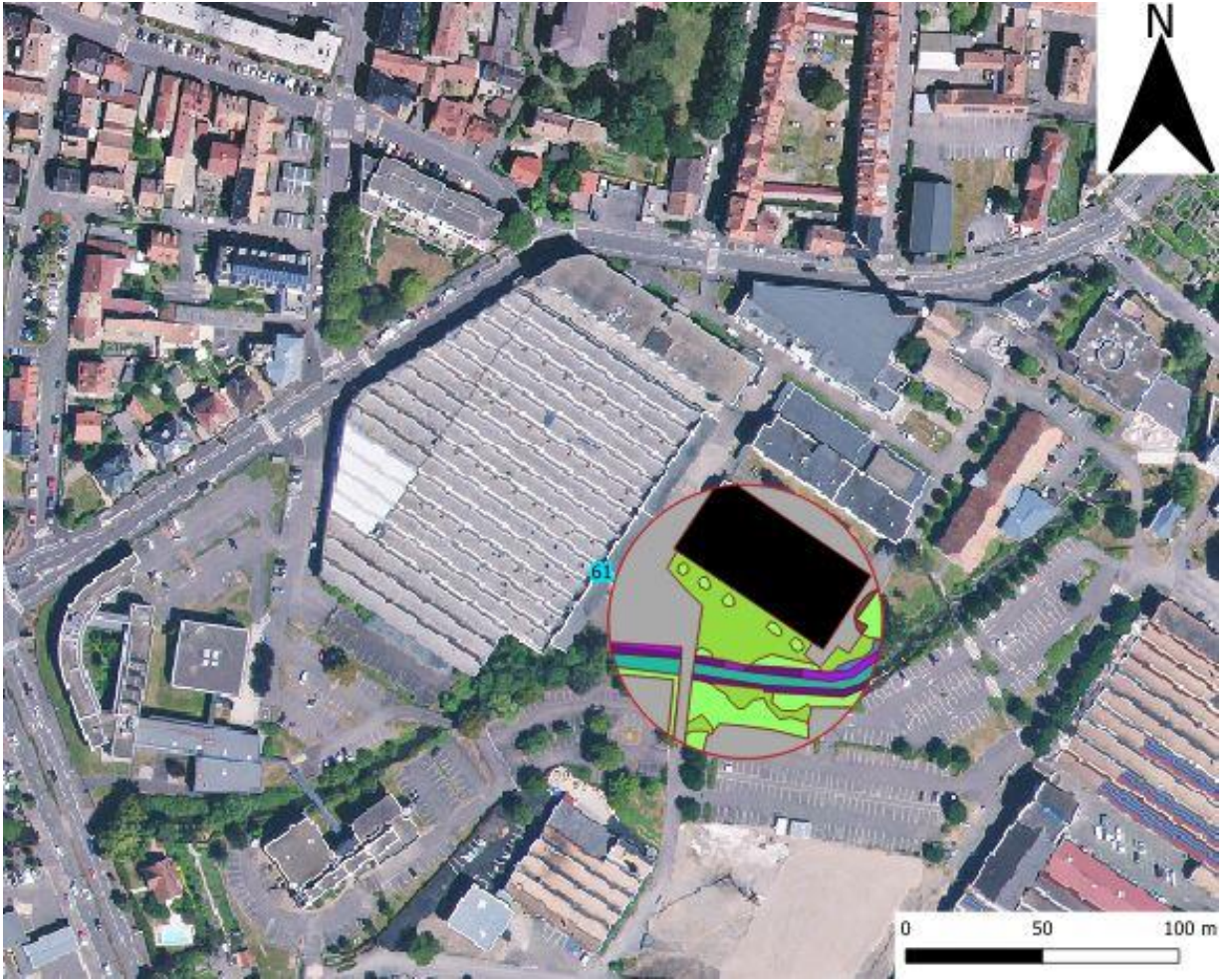
*Annexe 5 : Placettes d'Illkirch*



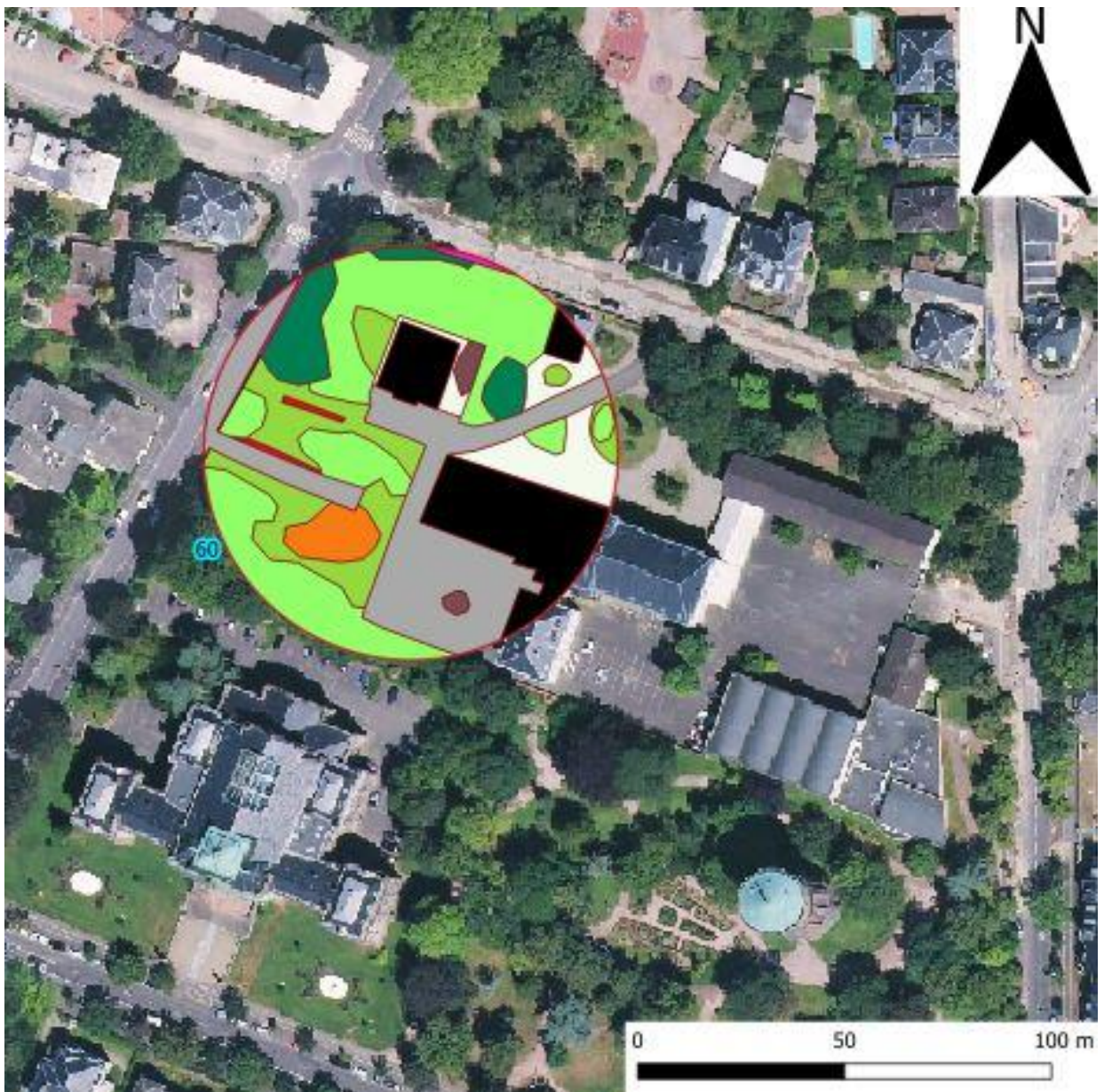
*Annexe 6 : Placettes de Cronenbourg*



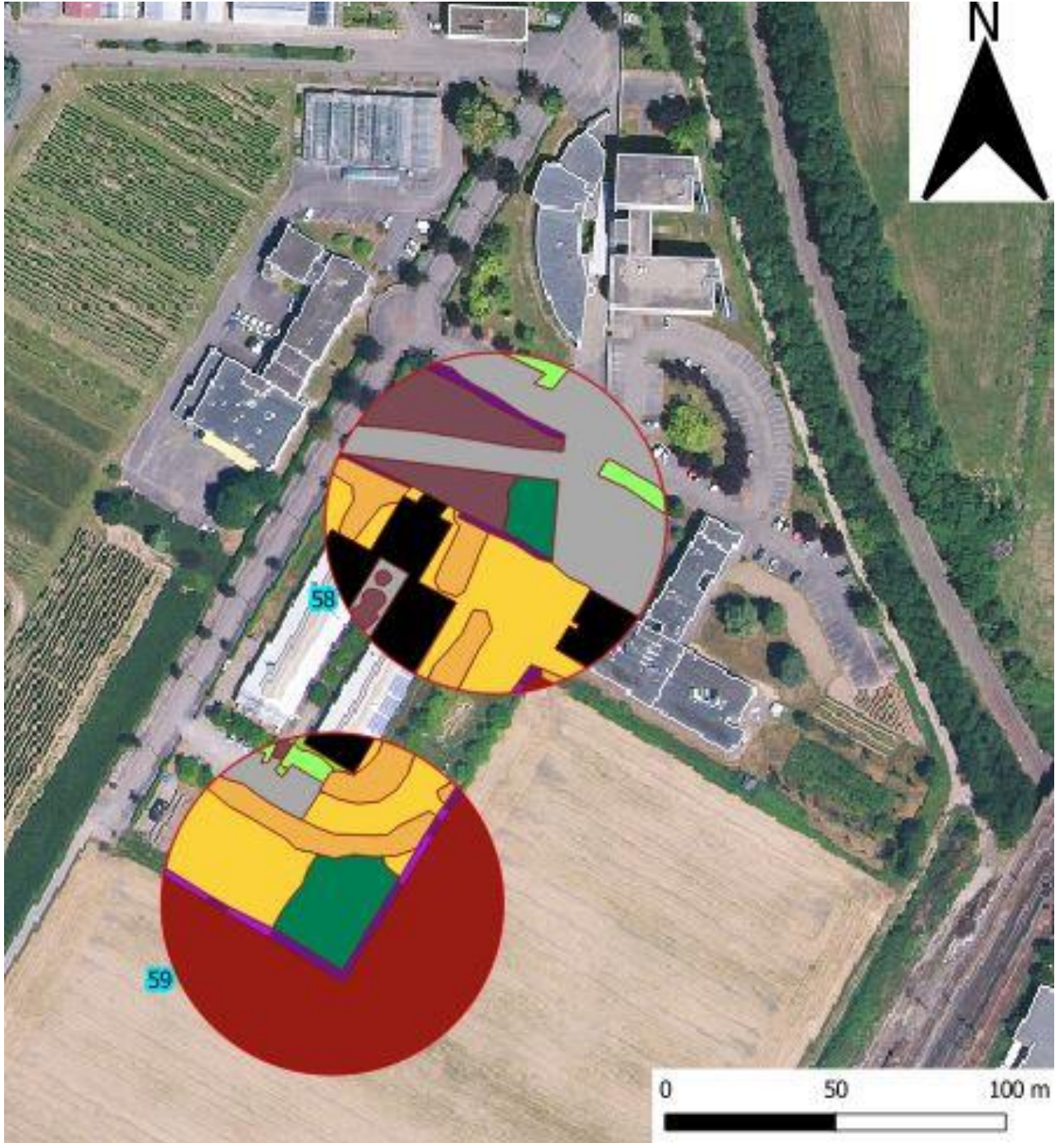
*Annexe 7 : Placettes de la résidence de la Robertsau*



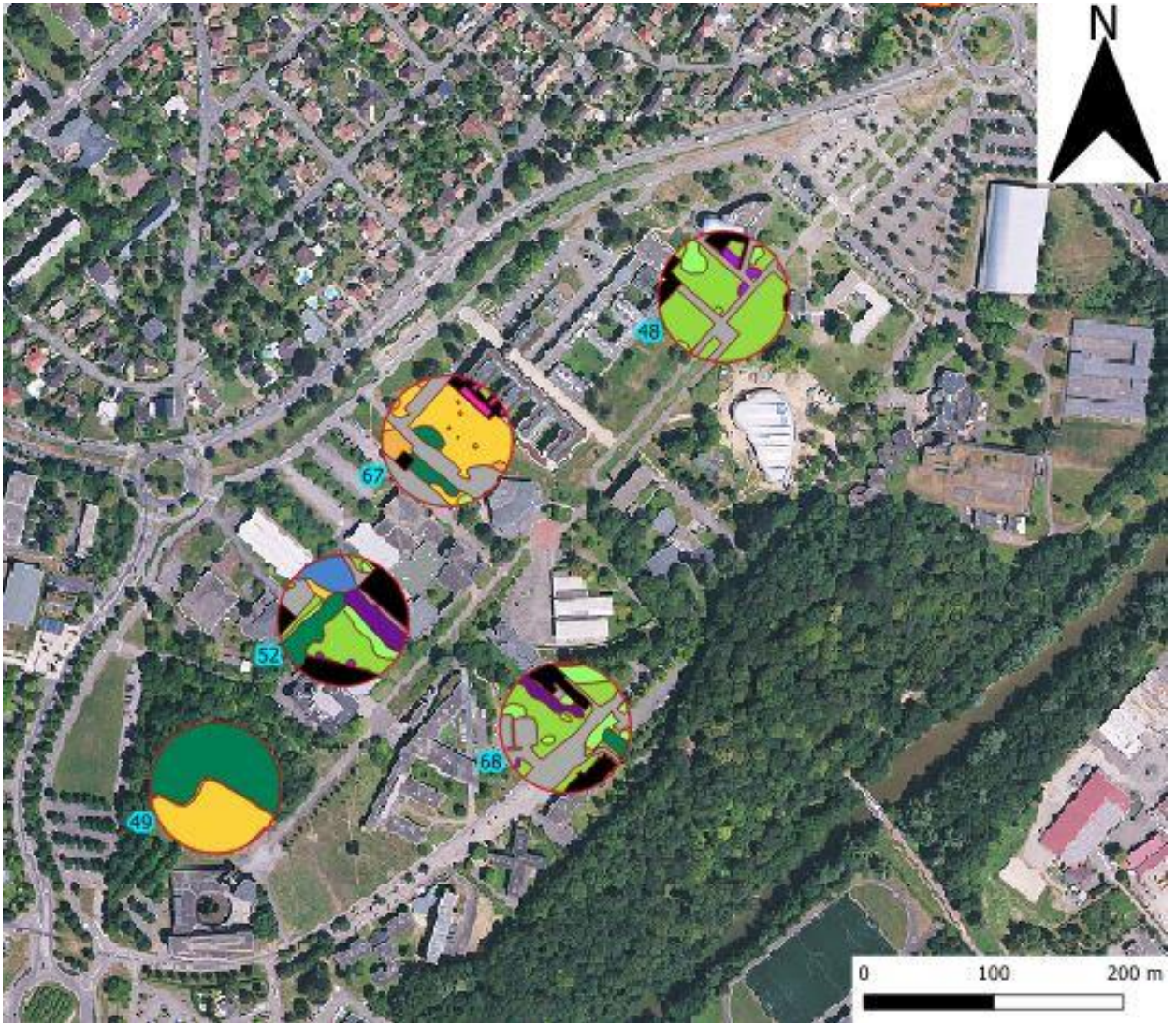
*Annexe 8 : Placette de Grillenbreit*



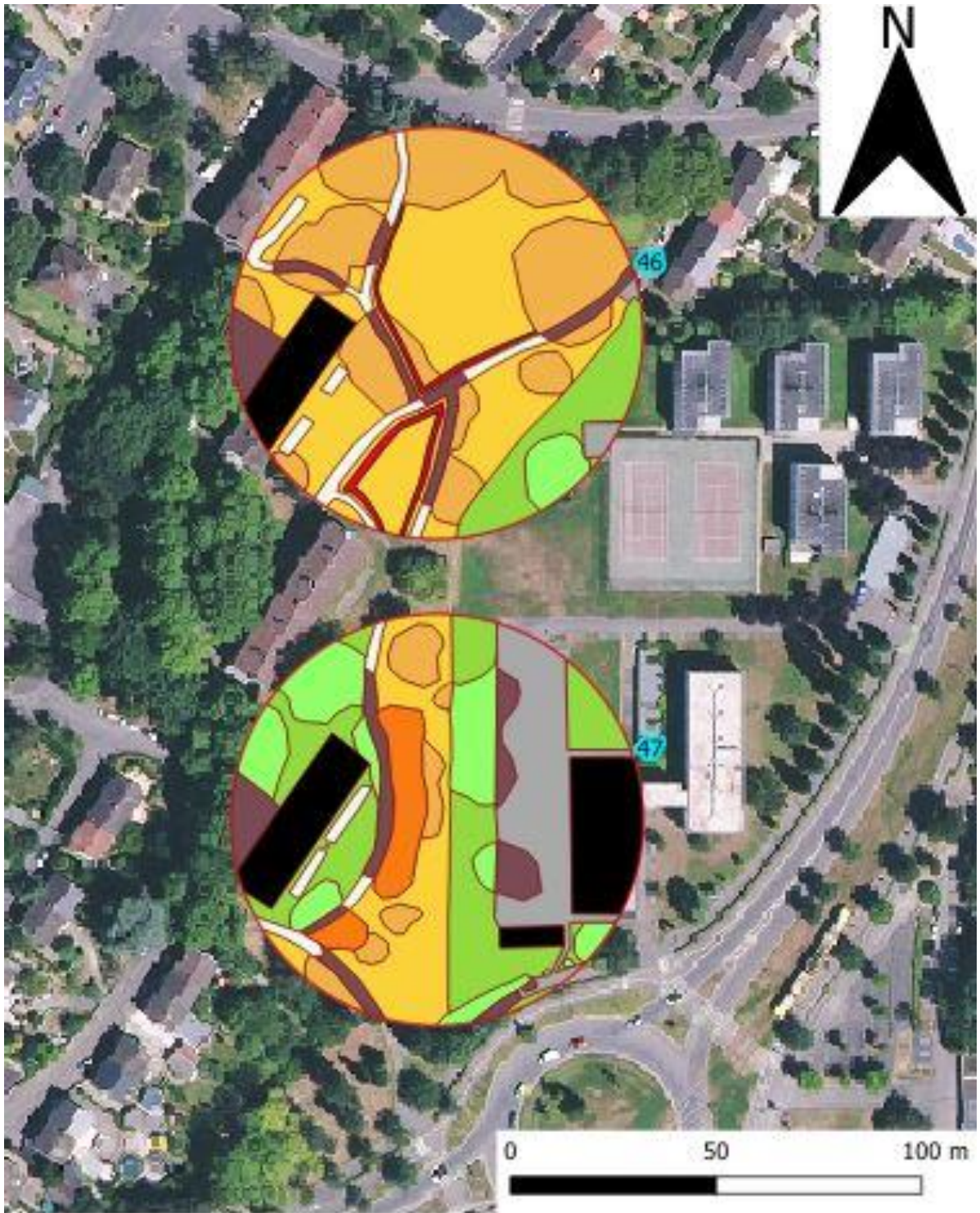
*Annexe 9 : Placette de l'INSPE*



Annexe 10 : Placettes du Biopôle



*Annexe 11 : Placettes du campus Illberg*



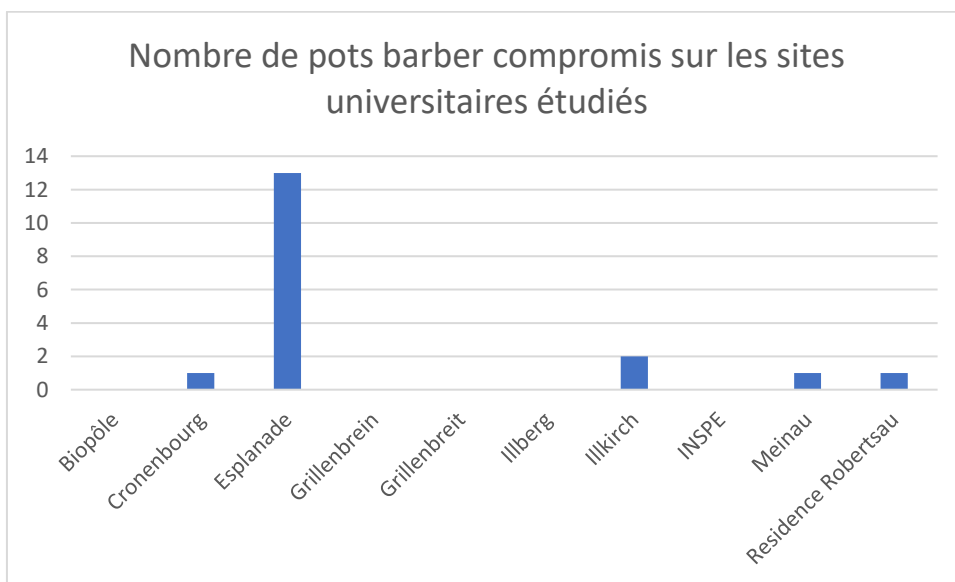
*Annexe 12 : Placettes de la résidence MasterDoctorat*

Annexe 13 : Récapitulatif des dates de pose et de récupération

Site	1er pose	1er récupération	2eme pose	2eme récupération
Residence MasterDoctorat	05/05/2021	12/05/2021	26/05/2021	02/06/2021
Illberg	05/05/2021	12/05/2021	26/05/2021	02/06/2021
Residence Robertsau	10/05/2021	17/05/2021	11/06/2021	18/06/2021
Meinau	10/05/2021	17/05/2021	11/06/2021	18/06/2021
Esplanade	30/04/2021	07/05/2021	10/06/2021	17/06/2021
Residence PaulAppell	30/04/2021	07/05/2021	10/06/2021	17/06/2021
Cronenbourg	29/04/2021	06/05/2021	01/06/2021	08/06/2021
INSPE	20/05/2021	27/05/2021	09/06/2021	16/06/2021
Grillenbreit	20/05/2021	27/05/2021	09/06/2021	16/06/2021
Biopole	20/05/2021	27/05/2021	09/06/2021	16/06/2021
Illkirch	27/04/2021	04/05/2021	28/05/2021	04/06/2021
Session de secours Cronenbourg	19/05/2021	27/05/2021		

Annexe 14 : Récapitulatif du devenir des pièges barber sur les divers sites étudiés

Etat du pot / problem	Valide	Tondu	Sans etiquette	Tondu et sans etiquette	Lezard	Mulot	Compromis	Détruit	Oublié	Total
Biopôle	23		1							24
Cronenbourg	69					2			1	72
Esplanade	91	2	12		1	1	3	10		120
Grillenbrein	6									6
Grillenbreit	6									6
Illberg	81		2			1				84
Illkirch	108	4	2		1	3		1	1	120
INSPE	12									12
Meinau	32					3	1			36
Residence Robertsau	23						1			24
Total	451	6	17		1	1	10	5	11	504







**Université**  
de Strasbourg



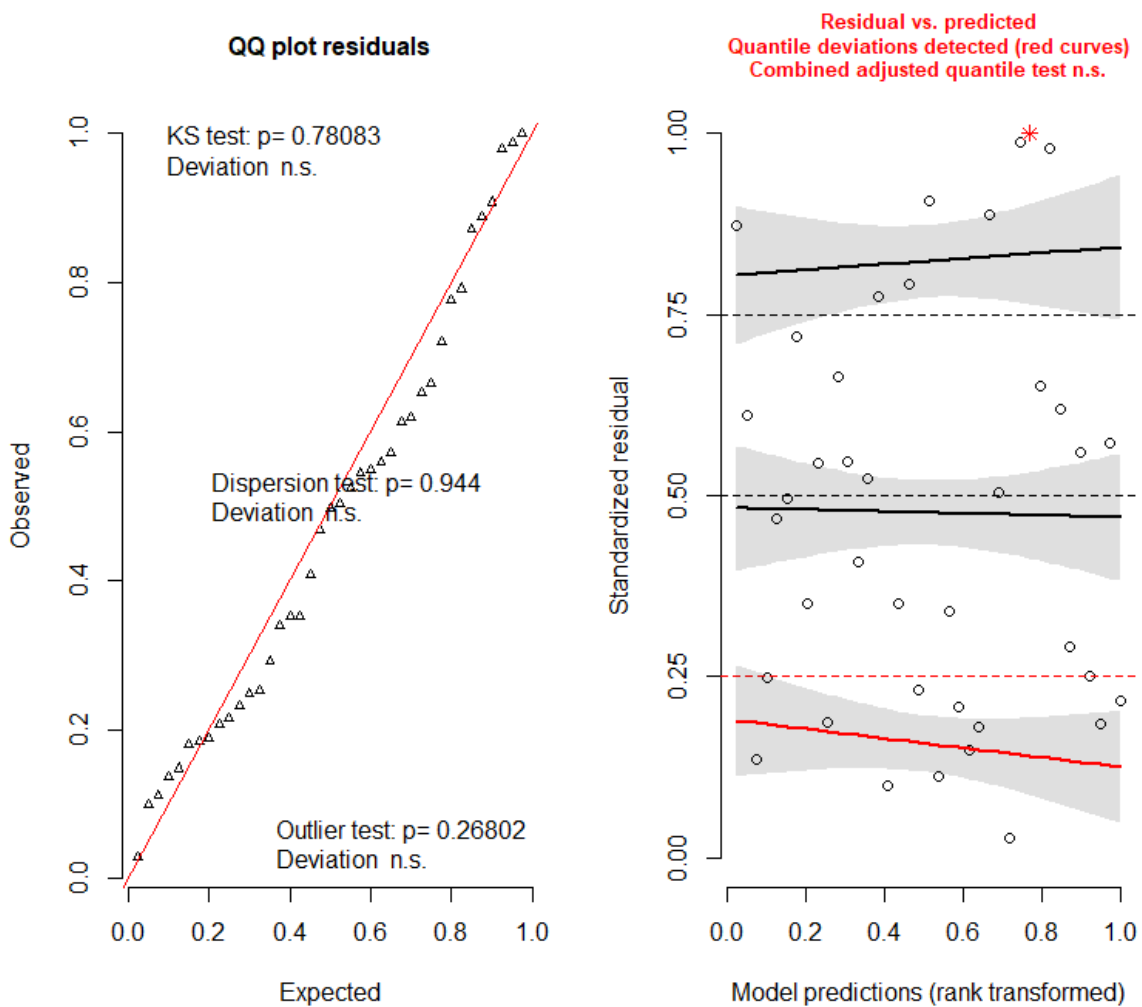
UNIVERSITÉ  
HAUTE-ALSACE

EXPERIENCE EN COURS  
 MERCI DE NE PAS TOUCHER  
 OU DEGRADER LE DISPOSITIF

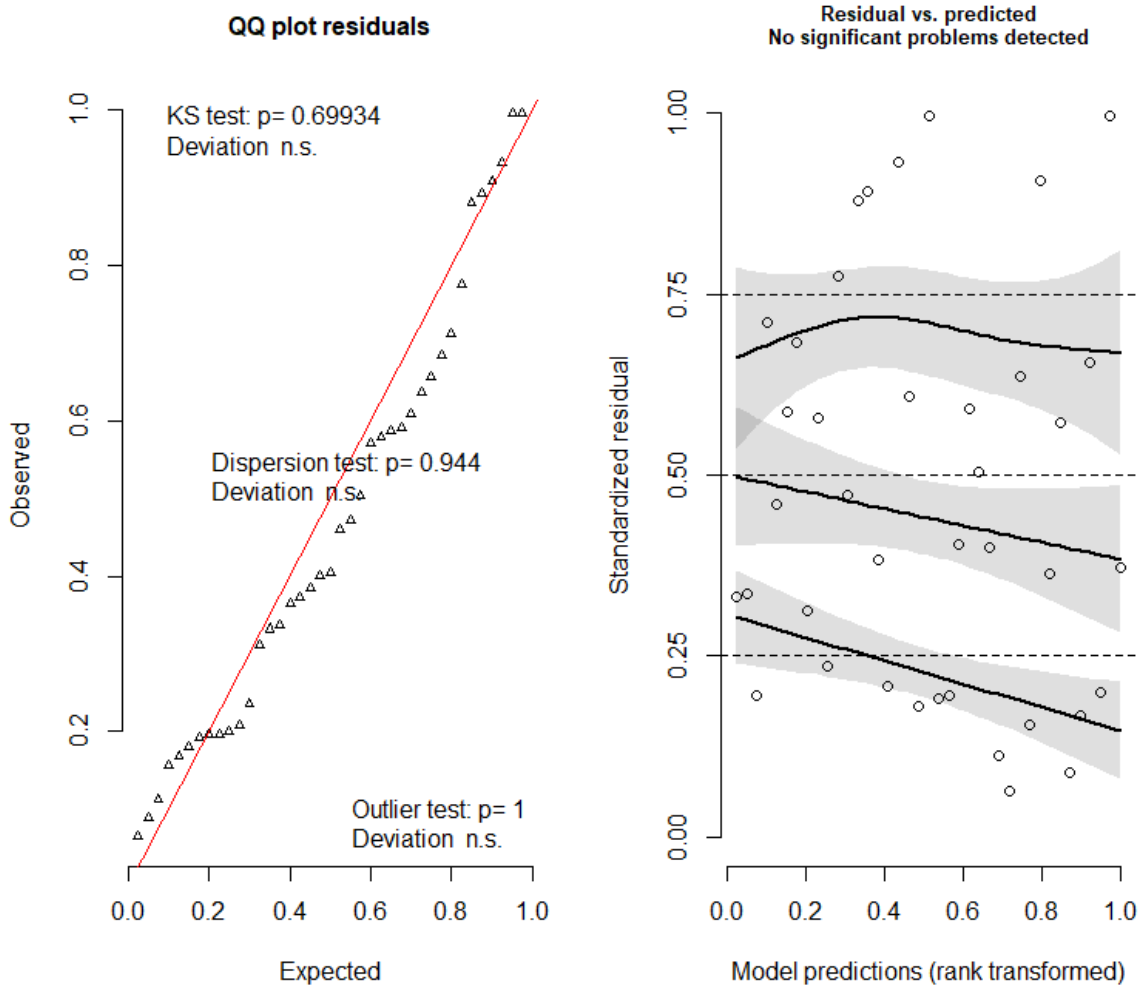
CAVAZZINI Alexis  
[alexis.cavazzini@etu.univ-amu.fr](mailto:alexis.cavazzini@etu.univ-amu.fr)

Annexe 16 : Étiquettes utilisées dans le dispositif pot barber

DHARMa residual diagnostics



DHARMA residual diagnostics



## Résumé

Sous une initiative commune, les universités d'Alsace ont élaboré la stratégie DDRS (Développement Durable et Responsabilité Sociétale) basée sur les 17 objectifs de l'ONU ce qui a mené à la création du « projet nichoirs ». Ce dernier cherche à installer des nichoirs à mésanges de façon durable sur les sites, ce qui a amené à faire une expertise écologique des sites universitaires d'Alsace pour savoir quel site a les ressources nécessaires à l'installation des mésanges. Ainsi, nous avons étudié le paysage des sites et la faune du sol, ce dernier étant un excellent indicateur de la qualité du milieu. Dans un premier temps, l'étude cartographique a été réalisée sur les paysages des espaces verts universitaires, le paysage a été décrit selon plusieurs typologies définies selon la végétation, l'intensité de gestion et d'artificialisation. Par ailleurs, les environs de nichoirs à mésanges déjà suivis en ville ont été étudiés de la même manière. Dans un deuxième temps, la faune du sol a été étudiée en utilisant des pièges Barber, et de façon à être mis en lien avec le paysage dans les analyses statistiques. Les analyses ont montré que les sites universitaires sont dotés d'une grande diversité de paysage urbain. Les sites s'insèrent sur un gradient d'intensité d'urbanisation qui intègre la localisation, l'histoire, la gestion et la fréquentation, avec des sites aux paysages très urbains et d'autres qualifiés de subnaturel. L'étude de la faune du sol a montré que la diversité varie selon ce gradient d'urbanisation. En effet les sites définis comme plus subnaturel présentent la diversité la plus forte, à l'inverse les sites les plus artificialisés et urbains sont moins riches en diversité. Ainsi, les nichoirs à mésanges devraient être disposés dans les milieux ayant un paysage décrit comme « subnaturel », avec des surfaces de prairies et des surfaces boisées importantes, car ces derniers possèdent le plus de ressources pour l'installation durable des mésanges.

Mots-clefs : Faune du sol ; Analyse paysagère ; Sites universitaires ; Urbanisation ; jardibiodiv

## Abstract

Under a common initiative, the universities of Alsace developed the DDRS (Sustainable Development and Social Responsibility) strategy based on the 17 UN objectives which led to the creation of the "nest boxes project." The latter seeks to install titmouse nesting boxes in a sustainable manner on the sites, which has led to an ecological assessment of the university sites of Alsace to find out which site has the resources necessary for the installation of the titmouse. Thus, we studied the landscape of the sites and the soil fauna, the latter being an excellent indicator of the quality of the environment. Initially, the cartographic study was carried out on the landscapes of university green spaces, the landscape was described according to diverse typologies defined according to the vegetation, the intensity of management and artificialization. In addition, the surroundings of titmouse nesting boxes already monitored in town were studied in the same way. Secondly, the soil fauna was studied using Barber traps, and so as to be linked to the landscape in the statistical analyzes. The analyzes showed that university sites had a great diversity of urban landscapes. The sites fit into a gradient of urbanization intensity that integrates location, history, management and attendance, with sites with a very urban landscape and one that is described as subnatural. The study of soil fauna to show diversity varies according to this urbanization gradient. In fact, the sites defined as more subnatural present the greatest diversity, on the contrary the most artificial and urban sites are less rich in diversity. Thus, chickadee nesting boxes should be placed in environments with a landscape described as "subnatural", with areas of meadows and large wooded areas, as the latter have the most resources for the sustainable establishment of chickadees.

Keywords: Soil fauna; Landscape analysis; University sites; Urbanization; jardibiodiv