



**ETUDE DE L'IMPACT DE FACTEURS
INTERNES ET EXTERNES DES
ESPACES VERTS SUR LA
REPARTITION DES POPULATIONS
D'OISEAUX ET DE
MICROMAMMIFERES**



ANTIER Lolita

POULIQUEN Maxime

RYCKEBUSCH Valentin

2014-2015

Directeur de recherche

ISSELIN-NONDEDEU Francis & BOULAY Raphaël

ETUDE DE L'IMPACT DE FACTEURS INTERNES ET EXTERNES DES ESPACES VERTS SUR LA REPARTITION DES POPULATIONS D'OISEAUX ET DE MICROMAMMIFERES

Directeur de recherche :

ISSELIN-NONDEDEU Francis, BOULAY Raphaël

Auteurs :

ANTIER Lolita, POULIQUEN Maxime, RYCKEBUSCH Valentin

Année : 2014 - 2015

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement, et avant toute chose, nos tuteurs de projet qui ont su répondre à nos questions et nous apporter de précieux conseils tout au long du projet :

- M. ISSELIN-NONDEDEU Francis, enseignant-chercheur, maitre de conférences
- M. BOULAY Raphaël, enseignant-chercheur, professeur des universités

Nous remercions également l'ensemble des personnes suivantes, qui ont contribué au bon déroulement de notre projet de fin d'études :

- Mme. CHASSEGUET Christine, directrice du service des Parcs et Jardins de la mairie de Tours
- M. FAUQUEMBERG Jérôme, jardinier en chef du jardin des Prébendes d'Oé
- M. MARTIN Laurent, directeur des services techniques du jardin Botanique
- M. PORTUGUEZ Laurent, chef jardinier des jardins de Villandry
- Ainsi que l'ensemble des jardiniers et personnes rencontrés sur le terrain.

Enfin nous souhaitons adresser un remerciement particulier à M. CLERGEAU Philippe pour nous avoir donné quelques conseils quant à ce projet.

SOMMAIRE

Introduction	8
A. Composantes internes et externes des espaces verts	9
B. Choix d'étude des micromammifères et oiseaux	15
C. Problématique et hypothèses	16
Matériels et méthodes	17
A. Le périmètre d'étude	18
B. Les différents sites d'étude	19
C. Méthode d'échantillonnage	Erreur ! Signet non défini.
D. Méthode d'analyse des données	Erreur ! Signet non défini.
Résultats.....	38
A. Résultats généraux des captures et des observations	39
B. Analyse des relations entre les caractéristiques internes des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux.....	Erreur ! Signet non défini.
C. Analyse des relations entre les caractéristiques externes des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux.....	57
Discussion.....	71
A. Un succès de piégeage et une richesse spécifique relativement élevés	Erreur ! Signet non défini.
B. Influence de l'ouverture du milieu et des ressources trophiques	Erreur ! Signet non défini.
C. Gradient d'urbanisation	77
D. Etude de l'influence de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et des oiseaux.....	79
Limites.....	81
Conclusion	84
Ouverture.....	87
Bibliographie	90
Tables des illustrations.....	95
Annexes.....	98
Tables des matières.....	106

INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies, le phénomène d'urbanisation a engendré une détérioration et une fragmentation des espaces naturels localisés. De ce fait, de nombreuses connections qui existaient entre certains parcs et jardins des villes et les écosystèmes des milieux naturels ont été rompues. Ce phénomène a provoqué un isolement de ces parcs et jardins au sein d'une matrice urbaine relativement imperméable au déplacement des espèces animales et végétales. Les espaces verts urbains sont devenus, aujourd'hui, un enjeu majeur pour les pouvoirs publics étant donné que ces espaces sont très souvent les derniers milieux accueillant une biodiversité importante en milieu urbain. Ainsi, les pouvoirs publics souhaitent les préserver, les développer et les exploiter afin de maintenir voire enrichir la biodiversité présente. Ces espaces verts sont autant d'éléments qui doivent s'intégrer au sein d'une trame verte urbaine. Pour ce faire, il est primordial de comprendre quels sont les facteurs influençant la richesse écologique de ces sites. Outre cela, l'urbanisation a donc une importance particulière pour l'Homme mais implique des conséquences qui touchent l'ensemble des êtres vivants qui vivent ou vivaient sur le territoire. Il est vrai que ses impacts sont divers : modification des écosystèmes, fragmentation de l'habitat, destruction de milieux naturels, consommation des terres agricoles, artificialisation et contamination des sols et cours d'eau, diminution des ressources naturelles, destruction de populations animales ou végétales, etc.

Toutes ses répercussions engendrent une diminution conséquente de la richesse en espèces et ne cesse de croître comme le souligne Wilcox et Murphy qui, selon eux, la fragmentation (réduction des connectivités) par l'activité humaine est l'une des plus importantes raisons de cette récente perte de biodiversité.

A.COMPOSANTES INTERNES ET EXTERNES DES ESPACES VERTS

Directement impactés par cette urbanisation, les espaces verts de type parcs et jardins dans les centres villes sont des milieux très intéressants pour se rendre compte de ce phénomène urbain et évaluer ses conséquences. Comme il est très souvent fait référence dans la bibliographie, la richesse spécifique et l'abondance de la faune au sein de ces espaces verts dépend de multiples composantes internes et externes. Ainsi, dans cette étude, il sera possible d'aborder plus précisément ces composantes ainsi que les facteurs qui sont liés.

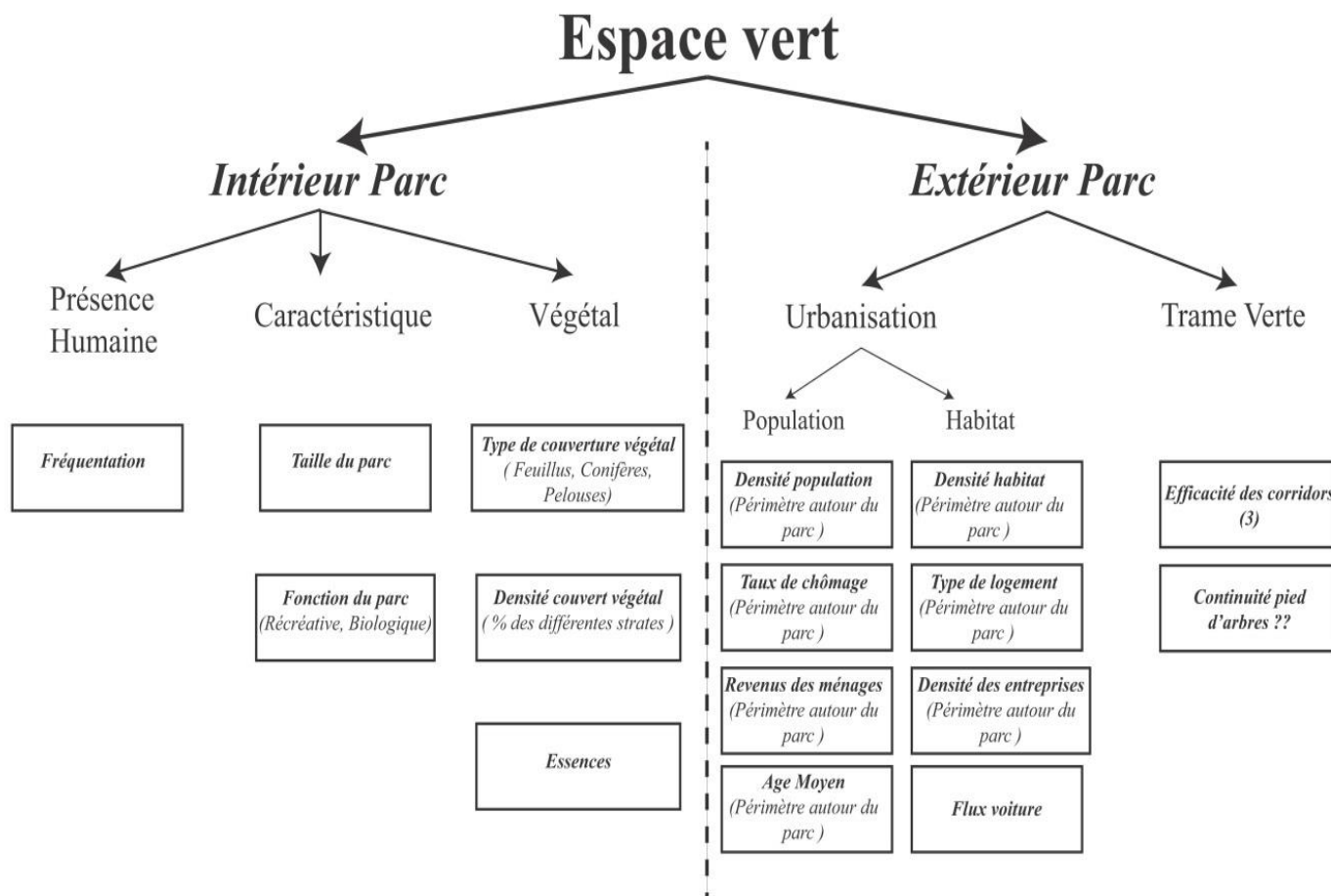


Figure 1 : Organigramme résumant l'ensemble des composantes intérieures et extérieures d'un espace vert ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

L'organigramme précédent permet de résumer l'ensemble des composantes extérieures et intérieures du parc. Certains de ces facteurs, qui influencent la répartition de la biodiversité animale au sein des espaces verts, ont été judicieusement sélectionnés et seront exploités par la suite grâce à la récolte de données obtenues tout au long du projet de fin d'étude (PFE).

En outre, les espaces verts des milieux urbains peuvent, en effet, constituer diverses biocénoses ou autres écosystèmes. De ce fait, il est possible de s'attacher aux processus écologiques en cours dans les milieux urbains, prenant en considération la faune et la flore et en les situant dans un ensemble d'interactions compris à l'intérieur d'un biotope ou d'un groupe de biotopes.

On cherche ainsi à situer tous les espaces verts de la ville, non pas comme des espaces isolés au milieu des zones urbanisées, mais plutôt comme des sous-ensembles d'un ensemble plus large, soit la trame verte de l'agglomération, qui est à la fois un ensemble écologique et un espace urbain. Ces sous-ensembles que sont les espaces verts, sont des structures fonctionnant sur elle-même mais aussi et surtout avec l'extérieur, c'est-à-dire avec la matrice urbaine.

Le fait de considérer ces espaces comme faisant partie d'un ensemble plus large fait référence à la théorie des « îles biogéographiques » de McArthur et Wilson (1967). Les auteurs de cette théorie ont tenté d'expliquer les effets de l'isolement et de l'éloignement sur l'abondance et la diversité des espèces abritant les milieux insulaires. De fait, le nombre d'espèces dépendrait de l'équilibre entre leur taux de colonisation et leur taux d'extinction, et cela, mis en relation avec les apports extérieurs provenant du milieu continental. De plus, le nombre d'espèces est d'autant plus grand que la surface de l'île est importante et qu'elle est proche du continent source (1). C'est la première théorie sur l'influence de l'organisation spatiale sur les processus écologiques.

Plus tard, une autre théorie, celle des métapopulations, reprend les mêmes préceptes (2). Il est possible de considérer chaque patch d'habitat d'une espèce comme une île abritant une population. Une métapopulation est un réseau de populations où des événements d'extinction locale (disparition d'une population) et de colonisation (apparition d'une nouvelle population) se produisent. L'ensemble de ces populations sont connectées entre elles par des mouvements de dispersion. Le nombre de patches occupés par l'espèce en question dépend alors de la taille des patches et de leur éloignement les uns des autres. Ainsi l'isolement, la taille et la forme des taches d'habitats peuvent influencer les taux de colonisation et d'extinction.

D'après les fondements de ces deux théories, il est possible de considérer l'ensemble des espaces verts urbains comme des îles au sein d'une matrice urbaine pouvant être défavorable pour la biodiversité. Ces espaces verts seraient reliés ensemble par des corridors écologiques. Ces derniers sont des types de connexions et en lien direct avec la trame verte urbaine.

1. TRAMES VERTES ET CONTINUITES ECOLOGIQUES

La trame verte est un outil de l'aménagement du territoire visant à pérenniser ou à reconstituer un réseau écologique cohérent pour apporter aux espèces animales et végétales une mobilité. Cette dernière implique la capacité de déplacement d'un maximum d'espèces pour permettre une biodiversité cohérente. Cela induit donc la possibilité pour ces espèces de circuler (dispersion des individus), de s'alimenter, de se reproduire (échanges génétiques entre populations), se reposer, etc.

Pour développer davantage cette notion de trame verte, il est nécessaire d'aborder celle des continuités écologiques. De fait, ces dernières *«correspondent à l'ensemble des zones vitales (réservoirs de biodiversité) et des éléments (corridors écologiques) qui permettent à une population d'espèces de circuler et d'accéder aux zones vitales.»*¹. Cela permet donc de favoriser la dispersion des espèces entre deux réservoirs ou taches d'habitats. Ce constat se base sur l'idée théorique qui se rapprocherait d'une forme de maillage de l'espace par des corridors écologiques qui joignent des noyaux de biodiversité. (Clergeau and Blanc, 2013)

Les continuités écologiques permettent aux espèces animales et végétales de traverser la ville ou encore la possibilité d'y résider.

Les corridors écologiques peuvent être des liaisons vertes présentant plusieurs strates (arbres, arbustes, herbes) le long des boulevards, bords d'infrastructures ferrées ou routières etc. Les corridors arborés permettent aux animaux forestiers peu ou pas mobiles de circuler dans la structure urbaine (lotissement de maisons individuelles avec quadrillage de voirie important). C'est notamment le cas pour les musaraignes et les insectes (3).

A noter que la bonne qualité écologique des corridors permet l'installation d'espèces peu mobiles. En effet, un corridor est d'autant plus efficace qu'il correspond aussi à un habitat linéaire. Plus le corridor est proche des qualités de la source (par exemple, il comporte plusieurs strates de végétation, une bonne qualité de sol...) et plus il sera utilisé par la faune.

De plus, pour certaines espèces mobiles, comme les oiseaux, à Paris notamment, la configuration du bâti explique mieux les variations de richesse et d'abondance que la seule configuration de la végétation. (Clergeau and Blanc, 2013)

¹ developpement-durable.gouv.fr

2. MATRICE URBAINE

La matrice est ce qui enveloppe la trame verte (cf Figure 2). C'est un environnement non optimal qui va jusqu'à défavoriser la survie des espèces.

En zone rurale, elle permet, selon sa perméabilité, à des animaux de se disperser (par exemple : un écureuil pour rejoindre un autre bois peut traverser une prairie même si celui-ci n'est pas son habitat) ou de déborder (un animal peut sortir d'un corridor boisé et y revenir plus loin).

En zone urbaine, la matrice composée de bâtiments, a un effet important sur la trame verte. Par exemple, les insectes et les musaraignes ne traversent pas les rues et les allées gravillonnées et les haies restent vides d'animaux s'il n'y a pas de corridors (Clergeau and Blanc, 2013).

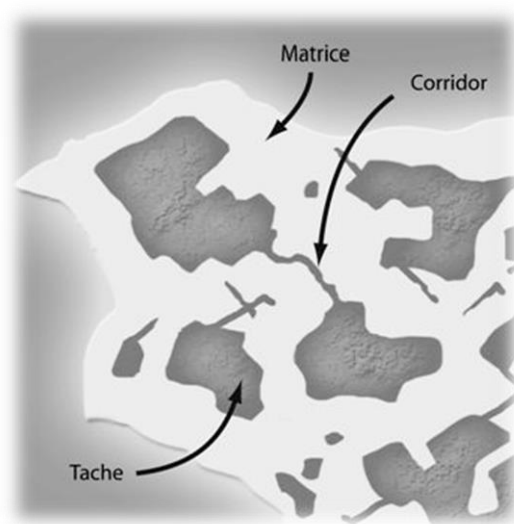


Figure 2 : Schéma représentant des connectivités écologiques (CLERGEAU, MURATET)

La matrice urbaine est également caractérisée par une hétérogénéité. En effet, il faut noter l'existence d'un gradient d'urbanisation allant du milieu rural jusqu'au centre-ville. Un gradient d'urbanisation est un gradient complexe et dépendant de facteurs sociaux, économiques et environnementaux. Il se manifeste physiquement par la création de nouveaux modes d'occupations du sol, des altérations de l'environnement physique et chimique ainsi que par des nouveaux régimes de perturbations (4).. Le gradient d'urbanisation peut être caractérisé par deux types de mesures :

- des mesures générales basées sur des proportions de surfaces bâties, hauteur des bâtiments, âge des bâtiments, densités de population et taux de verdure.
- des mesures spécifiques basées sur des niveaux de pollution qui peuvent avoir des effets biologiques directs.

La biodiversité urbaine est tout aussi hétérogène et se retrouve souvent organisée le long de ce gradient. La matrice urbaine peut être divisée en quatre grandes catégories qui ont été adoptées au niveau international (5).

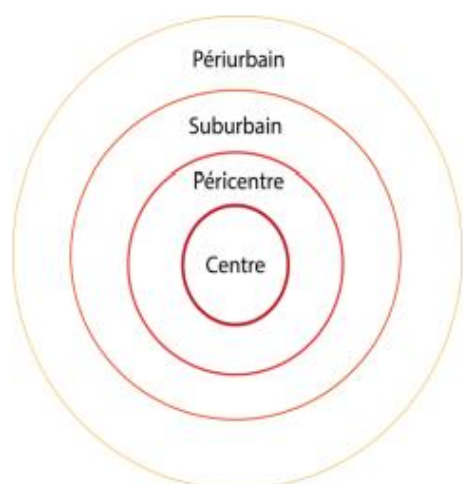


Figure 3 : Le gradient d'urbanité selon Marzluff et coll. ; Réalisation : KLINGELSCHMIDT, KNOEPFFLER, SENE

- Le **centre-ville**, bâti ancien, présente moins de 15% de surface de végétation.
- Le **péricentre**, qui correspond à une couronne d'habitation où les jardins sont fréquents, peut contenir jusqu'à 40% de végétation.
- Le **suburbain**, où la végétation est présente à travers les jardins des lotissements mais aussi sous forme de grandes surfaces de pelouse entre les immeubles, les parcs, cimetières et terrains de sports, peut atteindre 70% d'espaces végétalisés.
- La séparation entre l'urbain et le **périurbain**, est quant à elle généralement déterminée par une distance moyenne entre habitation inférieure à 200m. Cependant, il existe une difficulté quant à la réelle définition des limites car les grandes villes s'étendent loin et ont tendance à se rejoindre entre elles.

De plus, il a été par exemple démontré pour les oiseaux, dans certaines agglomérations, que la richesse en espèces a tendance à diminuer par rapport à un gradient croissant de l'urbanisation (6,7). Au contraire, plus ce gradient urbain diminue et moins l'abondance d'oiseaux est importante (8).

Le document suivant, retranscrit ces observations suite à la réalisation d'études menées sur des villes comme Rennes, Nantes ou encore Québec, cherchant à identifier l'influence du degré d'urbanisation sur la richesse spécifique ou l'abondance totale de différentes classes d'espèces.

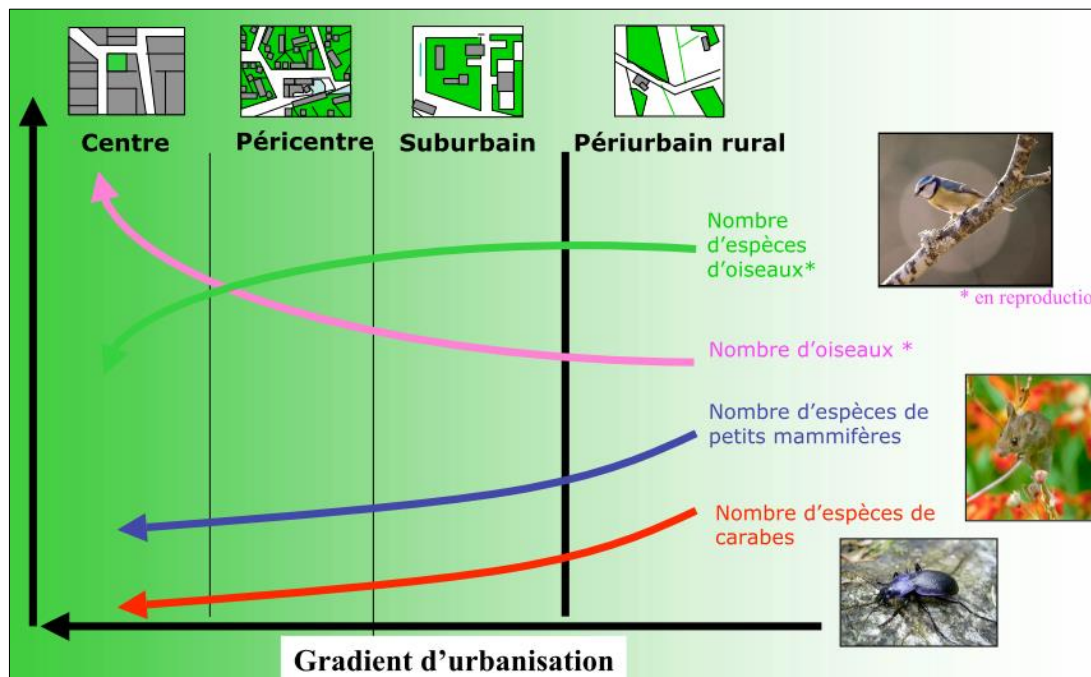


Figure 4 : Influence du degré d'urbanisation sur des classes d'espèces ; Réalisation : CLERGEAU, MURATET

Etant donné que les notions de corridors écologique et de degré d'urbanisation, deux composantes extérieures aux espaces verts, semblent avoir un impact important sur la présence de la faune, elles apparaissent donc essentielles pour la pérennité d'espèces d'où l'importance de les étudier davantage.

3. TAILLE DES ESPACES VERTS

Certaines composantes internes aux espaces verts semblent également jouer un rôle prépondérant quant à la répartition de certains groupes taxonomiques. Parmi l'ensemble de ces composantes, certaines semblent davantage exploitables en fonction des données récupérées et plus pertinentes selon la bibliographie.

Par exemple, la taille du parc est une caractéristique qui semble particulièrement importante. En effet, des travaux ont montré, notamment sur les oiseaux, qu'au fur et à mesure que les habitats sont plus petits et éloignés les uns des autres, des espèces disparaissent, mais il y a également un remplacement des espèces spécialistes (espèces exigeantes peu communes mais très efficaces dans leur exploitation d'un habitat) par des espèces généralistes (espèces peu exigeantes quant à l'habitat ou les ressources et très communes). Ainsi, une forêt de quelques milliers d'hectares présente en son sein un habitat où vivent des espèces spécialisées (comme le pic par exemple) et des espèces à grands domaines vitaux. A la périphérie, les espèces généralistes, comme la corneille, occupent l'espace qui est sous l'effet de l'influence de l'environnement extérieur à la forêt. Quand cette forêt est sectionnée en morceaux de quelques centaines d'hectares, les espèces à grands domaines vitaux disparaissent et les espèces généralistes commencent à dominer. Quand les bois ne font plus que quelques hectares, les espèces à grands domaines vitaux ont complètement disparu ainsi que des espèces spécialistes disparaissent : cela est plus vrai pour les animaux que pour les végétaux notamment. Seules les espèces généralistes, très communes partout, sont largement présentes (9).

Lorsque les parcs sont anciens et étendus, ils peuvent présenter des richesses inattendues. Ils peuvent être considérés comme des réservoirs de biodiversité or ce n'est pas le cas pour les squares et les jardins privés qui sont, en général, très isolés dans la matrice urbaine et de taille réduite.

4. COUVERT VEGETAL

Une autre caractéristique nous semble importante, le couvert végétal. En effet, au vu de nos lectures, il se pourrait aussi que le couvert végétal ait un rôle majeur à jouer sur la présence ou non de certaines espèces animales. En effet, dans un premier temps, le couvert végétal sert à certaines espèces animales de refuge contre d'éventuels prédateurs. De plus, la présence d'un couvert végétal important permet d'assurer une bonne qualité de vie. Le couvert végétal est donc un véritable habitat (abri, protection et nourriture) pour de nombreuses espèces d'oiseaux, insectes et petits animaux. La présence de fruits sur certains arbres par exemple, peut permettre d'attirer et d'alimenter une variété d'animaux importante. Etant donné la richesse de nourriture présente au sein de ces espaces, de nombreuses espèces se différenciant par leur régime alimentaire (insectivore, carnivore, frugivore, omnivore,...) sont susceptibles d'être présentes. L'analyse de la répartition des espèces en fonction de leur régime alimentaire sera par conséquent réalisée.

De plus, de nombreux groupes taxonomiques faunistiques sont sensibles voire très sensibles aux variations climatiques. C'est ce qui différencie par exemple les oiseaux migrateurs des oiseaux résidents ou aussi ce qui régule la période de mise en réserve d'aliments pour certaines espèces de micromammifères. C'est pourquoi, cette notion s'inscrit également dans nos analyses.

A partir de nos recherches bibliographiques et de nos différents raisonnements nous avons tenté de déterminer l'influence et les impacts de différents facteurs sur la répartition des deux populations : les micromammifères et les oiseaux. L'ensemble des facteurs analysés sont :

- La taille des sites étudiés
- La couverture végétale de chacun des espaces verts (Pourcentage d'Occupation au Sol)
- Le degré d'urbanisation
- La présence et les caractéristiques des corridors écologiques entre différents espaces verts (Trame verte)

Pour déterminer l'influence de ces quatre facteurs, nous avons réalisé d'une part une campagne de piégeage de type capture-marquage-recapture sur les micromammifères et d'autre part nous avons utilisé la méthode de points d'observation qui consiste à comptabiliser l'ensemble des oiseaux entendus ou vus. Ce travail de terrain a balayé cinq espaces verts de l'agglomération tourangelles, répartis du centre-ville au péri-urbain selon un gradient d'urbanisation. A titre de témoin de l'état des populations de micromammifères, nous avons également procédé au même protocole de piégeage dans un espace naturel, la forêt de Chinon. Pour les oiseaux, ce milieu étant fermé, il a été impossible d'effectuer des observations.

B. CHOIX D'ETUDE DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

Nous avons choisi de nous intéresser aux micromammifères et aux peuplements d'oiseaux pour différentes raisons. En effet, ce sont des modèles biologiques qui arrivent à s'adapter en fonction de leur milieu et peuvent être utilisés comme indicateurs dans certaines situations. Il conviendra d'être plus précis quant à leur description. A noter qu'en fonction de leur biologie, de leur capacité d'adaptation et de leur capacité de déplacement il est possible de définir trois catégories :

- **Urban Exploiters** (dépendants de la ville) : Ce sont des espèces qui préfèrent les milieux urbains et peuvent créer des nuisances pour les habitants si elles sont en très grand nombre. Ils peuvent exploiter les habitats urbains du fait de leur facilité de déplacement. La qualité de l'habitat est la seule exigence qui garantit leur présence.
- **Urban Avoiders** (inadaptés à la ville) : Ce sont des espèces qui n'arrivent pas à s'adapter au milieu urbain à cause de l'habitat (trop de pollution, de nuisance sonore, trop minéralisé etc.) Ces espèces sont aussi très sensibles à la fragmentation de l'habitat.
- **Urban Adapters** (adaptés à la ville) : Ces espèces exploitent les milieux urbains comme n'importe quel autre milieu. Pour ces espèces, la gestion des espaces verts et des corridors pour pouvoir se déplacer sont véritablement importants quant à la garantie de leur survie. Néanmoins, il y a des espèces adaptées au milieu urbain mais qui peuvent être néfastes pour l'Homme (vecteurs de maladies par exemple).

1. LE CHOIX D'ETUDE DES MICROMAMMIFERES

Les micromammifères constituent un groupe faunistique correspondant aux mammifères de petite taille. Leur régime alimentaire varié, leur domaine vital restreint ainsi que leur large distribution géographique, sont tout autant de raisons qui renforcent la pertinence d'étudier ces espèces.

De plus, ces espèces sont omniprésentes et en abondance. Ainsi, les micromammifères ont été le modèle de nombreuses investigations scientifiques sur la relation biodiversité/paysage (10).

Ils sont, pour la plupart, présents sur leur milieu de vie de manière naturelle (contrairement aux oiseaux par exemple) ce qui en fait des témoins fiables de la biodiversité d'un espace. D'autre part, les micromammifères ont de bonnes capacités d'adaptation, ce qui garantit leur survie dans des environnements très variés (11), bien qu'ils soient la proie de nombreuses espèces (rapaces, carnivores, etc.). Présents souvent à la base de la chaîne trophique, les micromammifères sont nécessaires à la survie d'autres espèces et participent ainsi à l'intégrité écologique des écosystèmes qu'ils occupent. En effet, on les considère souvent comme le lien entre les producteurs primaires et les prédateurs vertébrés (Golley, Petruszewicz, Ryszowski 1975).

Ainsi, les micromammifères jouent un rôle essentiel dans les dynamiques des écosystèmes ce qui corrobore une fois de plus le fait de les choisir comme modèle biologique.

2. LE CHOIX D'ETUDE DES OISEAUX

Selon Blondel (1975), les populations ornithologiques constituent une véritable source d'informations et tout particulièrement précieuse lors de l'évaluation des milieux naturels pour plusieurs raisons qui sont les suivantes :

- les peuplements d'oiseaux réagissent rapidement aux perturbations de leur habitat,
- ils arrivent à coloniser tout type d'habitat y compris ceux artificialisés et anthropisés,
- ils sont facilement utilisables et rapidement identifiables sur le terrain ce qui permet des études à de grandes échelles spatiales.

Le groupe des oiseaux a été retenu non seulement parce qu'il est reconnu comme un excellent indicateur des milieux (12) mais aussi car il est véritablement facile à observer par le scientifique comme par le citoyen (13).

De plus, il existe une très grande variété d'oiseaux même au sein des centres villes, ce qui permet de multiplier les comparaisons entre espèces. « *Contrairement à l'opinion communément répandue, les villes n'abritent pas seulement des Moineaux, des Merles ou des Pigeons. Les facultés d'adaptation et de tolérance de certains oiseaux sont telles que les citoyens jouissent en réalité d'une avifaune diversifiée* » (14).

Des études faites sur les communautés d'oiseaux au sein des parcs urbains ont montré « que ces parcs sont considérablement plus riches en diversité et en nombre d'espèces d'oiseaux que les autres habitats urbains » (15-17).

Ainsi, le choix des oiseaux semble donc judicieux pour mener à bien cette étude.

C. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Ainsi, la problématique générale de ce projet de fin d'étude est : Quels sont les impacts des facteurs retenus sur la répartition des espèces animales au sein des espaces verts de la ville de Tours et sur la forêt de Chinon ?

Afin de répondre à cette problématique, les données liées à nos modèles faunistiques sélectionnés (succès de piégeage ou abondance, richesse spécifique et régime alimentaire) seront mis en lien avec nos différents facteurs retenus et permettront ainsi d'affirmer ou non l'ensemble des hypothèses suivantes :

- **Caractéristiques des espaces verts :**
 - La superficie d'un espace vert est corrélée à sa richesse spécifique.
 - Une augmentation de la superficie d'un espace vert entraîne une croissance de la densité de population en micromammifères.
 - Plus le couvert végétal est important, plus les micromammifères herbivores sont présents.
 - Plus le couvert végétal (différentes strates) est important, plus le nombre d'oiseaux insectivores est grand.
 - Les oiseaux omnivores s'adaptent mieux aux espaces verts étudiés.
- **Degré d'urbanisation :**
 - Plus le gradient d'urbanisation est important, plus la richesse spécifique et l'abondance des micromammifères est faible.
 - Plus le gradient d'urbanisation est important, plus la richesse spécifique est faible et l'abondance est forte pour les oiseaux.
 - Le degré d'urbanisation a un impact sur les régimes alimentaires.
- **Continuité écologique :**
 - Certaines caractéristiques des corridors écologiques comme le nombre de patchs ou la surface de patchs cumulée influence la répartition des populations pour à la fois les micromammifères mais aussi les oiseaux.

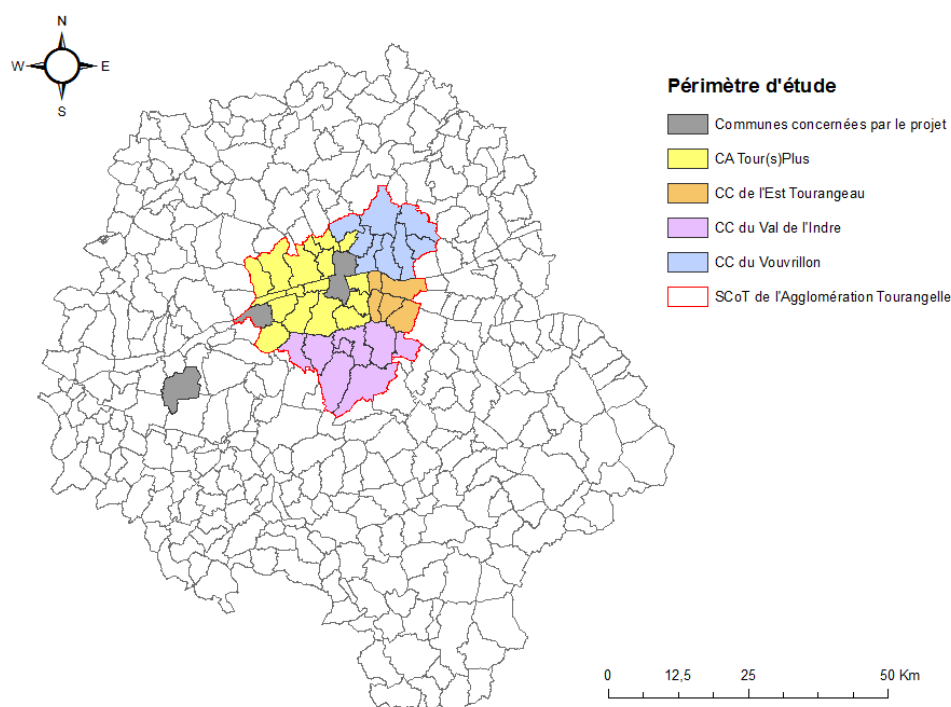
Pour mener à bien cette étude, il conviendra, dans un premier temps, de présenter l'ensemble des sites d'étude. Il sera ensuite nécessaire de décrire l'ensemble des matériels et méthodes utilisés, puis les résultats. Pour terminer, il sera judicieux de mettre en place une discussion permettant de mettre en avant des explications cohérentes quant à notre étude mais aussi d'évoquer les limites de celle-ci.

MATERIELS ET METHODE

A.LE PERIMETRE D'ETUDE

Afin d'étudier les communautés d'oiseaux et de micromammifères en milieu urbain, cinq sites d'études ont été sélectionnés parmi le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) de l'Agglomération Tourangelle. Ce territoire, d'une superficie totale de 830 km², dénombrait 363 000 habitants² répartis sur 40 communes en 2010. Ces différentes communes sont rassemblées dans les 4 ECPI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) suivant :

- La Communauté d'Agglomération de Tour(s)Plus (78,5 % de la population du SCOT)
- La Communauté de Communes de l'Est Tourangeau (6,9 %)
- La Communauté de Communes du Val de l'Indre (8,5 %)
- La Communauté de Communes du Vouvillon (6,1 %)



Carte 1 : Localisation du SCoT, de ces EPCI et des communes concernées par le projet en Indre-et-Loire
Sources : GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le périmètre d'étude bénéficie d'un climat océanique dégradé, avec une température moyenne à l'année de 11,8°C, et des précipitations moyennes de 695 mm³.

Avec ces 200 km² de territoire urbanisé, soit ¼ de l'ensemble de son territoire, le SCoT de l'Agglomération Tourangelle couvre ainsi des profils urbains et ruraux variés, avec différents degrés d'urbanisation et des matrices paysagères diversifiées.

² INSEE 2010

³ Météo France

B.LES DIFFERENTS SITES D'ETUDE

En suivant un degré d'urbanisation (urbain, suburbain, périurbain et rural) comme il l'a été défini en introduction, nous avons sélectionné cinq sites répartis sur le SCoT de l'Agglomération Tourangelle :

- Sites urbains : Jardin des Prébendes d'Oé, Jardin Botanique, Jardin de la Préfecture
- Sites suburbain : Lac de la Bergeonnerie
- Sites périurbain : Jardin de Villandry

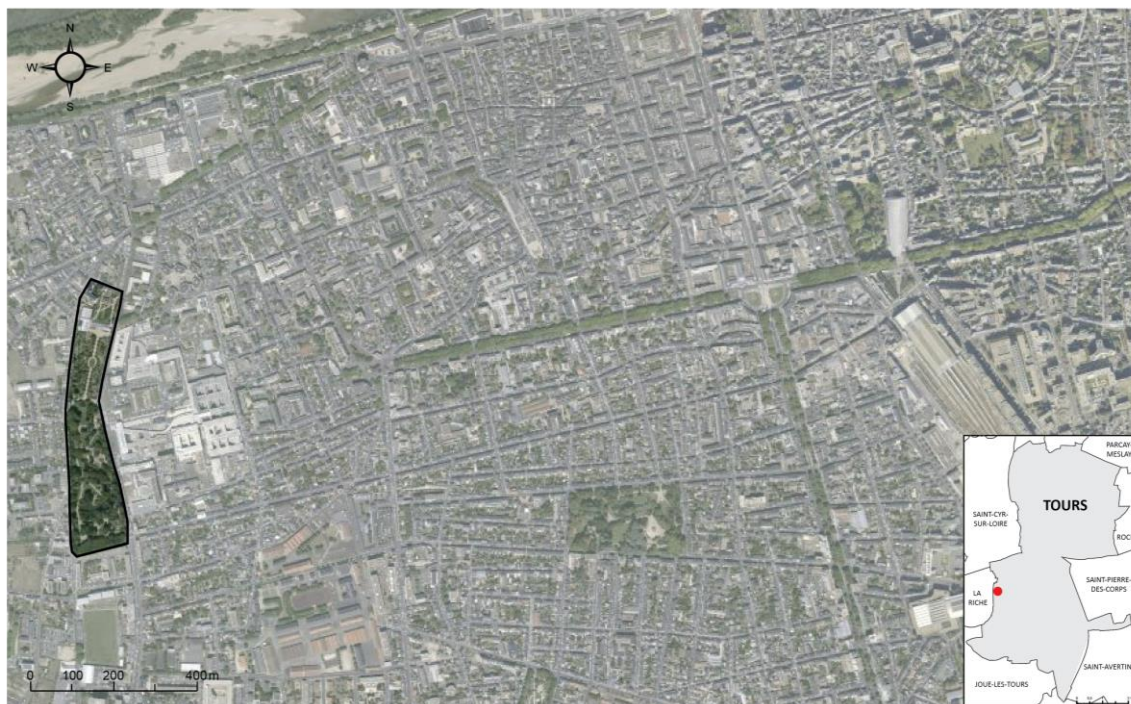


Carte 2 : Localisation des sites d'étude sur le territoire du SCoT
Sources : GEOFLAT, ATU, SCoT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Ces différents sites seront comparés à un site témoin, situé en forêt de Chinon, qui ne présente aucune urbanisation à proximité. Ce site témoin peut être considéré comme étant « un site naturel » ou tout du moins beaucoup moins affecté par l'urbanisation que les autres sites.

1. LE JARDIN BOTANIQUE

Propriété de la ville de Tours, le Jardin Botanique est un parc public d'une superficie de 5,5 ha. Ce parc est localisé à la limite ouest de la ville sur le boulevard Tonnelé, et la limite d'une autre commune, celle de la Riche. Il se situe dans le val entre la Loire et le Cher, sur une ancienne zone humide traversée autrefois par le ruisseau Saint-Anne. Ce parc est compris dans un tissu urbain dense. Il se situe en « centre-ville » par rapport au gradient d'urbanisation décrit précédemment. Ce parc, classé jardin historique dans le règlement des espaces verts de Tours, accueille quelques 400 000 personnes par an.



Carte 3 : Localisation du Jardin Botanique

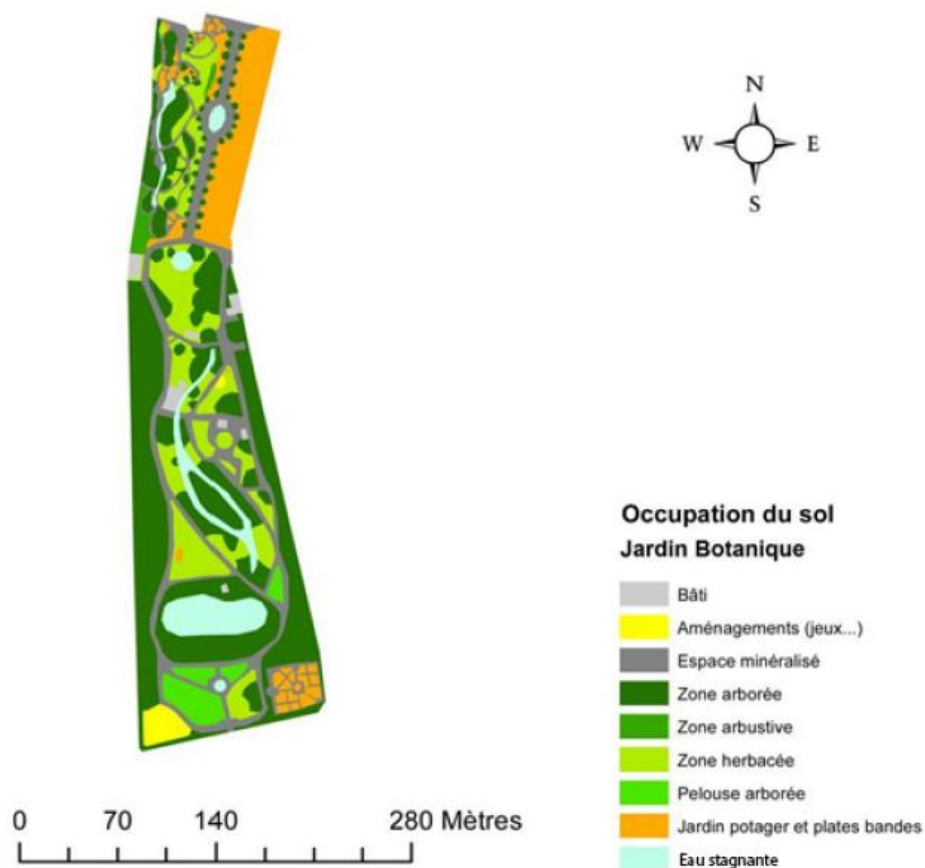
Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Construit entre 1831 et 1843, il est l'un des plus vieux parcs de la ville. Après avoir introduit des animaux communs en 1856, le parc acquiert en 1869 quelques espèces exotiques. A cette même période, il est équipé de serres qui, depuis leur rénovation en 2007, présentent trois nouvelles thématiques : les plantes menacées des flores d'Afrique du Sud, des sous-bois tropicaux, et une serre regroupant les plantes tropicales utilitaires, situées au nord du parc.

Depuis 1945, le jardin a un double statut. D'une part, le Service municipal des Parcs et Jardins assure la direction technique. D'autre part, le Laboratoire universitaire de Botanique et de Biologie Végétale de l'U.F.R. des Sciences Pharmaceutiques coordonne la direction scientifique. En 2000, cette organisation originale a permis au jardin d'obtenir l'agrément « Jardin Botanique de France et des Pays Francophones ».

Sa gestion est dite adaptée, c'est-à-dire qu'elle tient compte de son histoire et de sa fréquentation. Ce type de gestion a été choisi par la ville de Tours pour préserver la nature en ville. Sur le parc, aucun produit phytosanitaire n'est aujourd'hui utilisé, et des abris à insectes ont été installés. Le Jardin Botanique reste toutefois très bien géré et entretenu.

Le Jardin Botanique bénéficie d'une couverture végétale importante, d'environ 65% en surface. En outre, près d'un quart du jardin est aujourd'hui minéralisé. Le détail de l'occupation du sol est représenté par les figures suivantes, qui expriment d'une part le pourcentage de chaque type de couverture, et d'autre part, la répartition des occupations sur le parc.



Carte 4 : Carte d'occupation du sol des jardins de Villandry
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

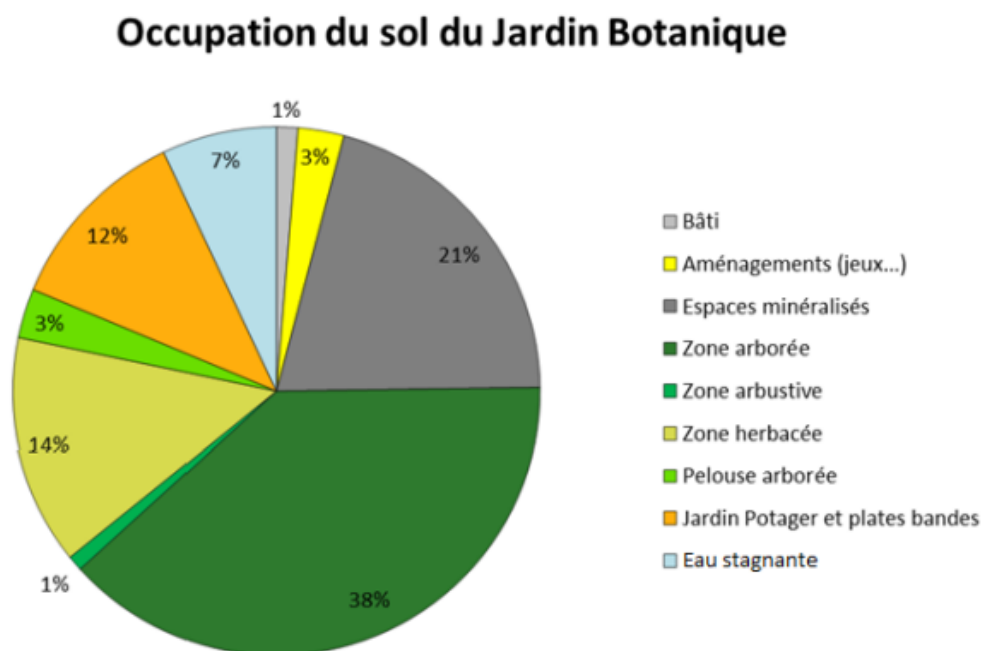
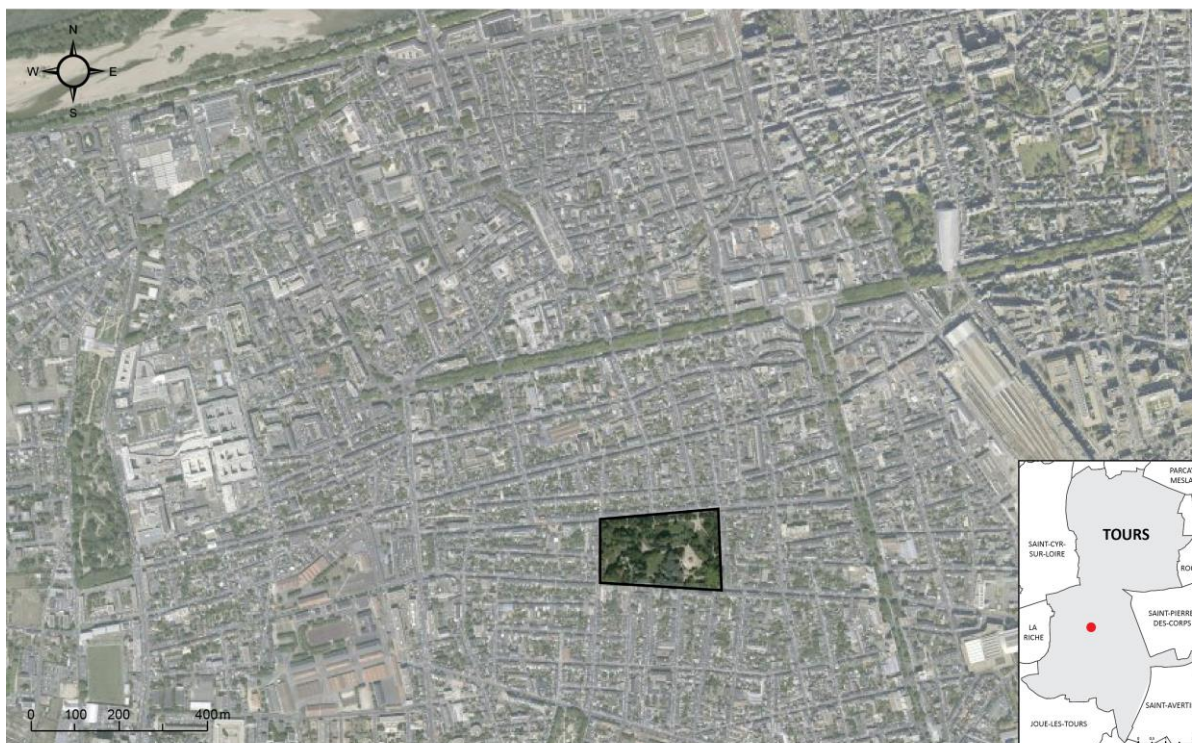


Figure 5 : Pourcentages d'occupation du sol
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

2. LE JARDIN DES PREBENDES D'OÉ

Tout comme le Jardin Botanique, le Jardin des Prébendes d'Oé est un parc public localisé en centre-ville. Il se situe dans le val entre la Loire et le Cher, à environ 1 km à l'est du Jardin Botanique. Il est donc plus proche de l'hypercentre que le précédent. Son nom résulte de sa création, en 1872, sur un site marécageux où se trouvaient des jardins potagers dont les revenus, les prébendes, étaient versés au prévôt d'Oé sous l'Ancien Régime.



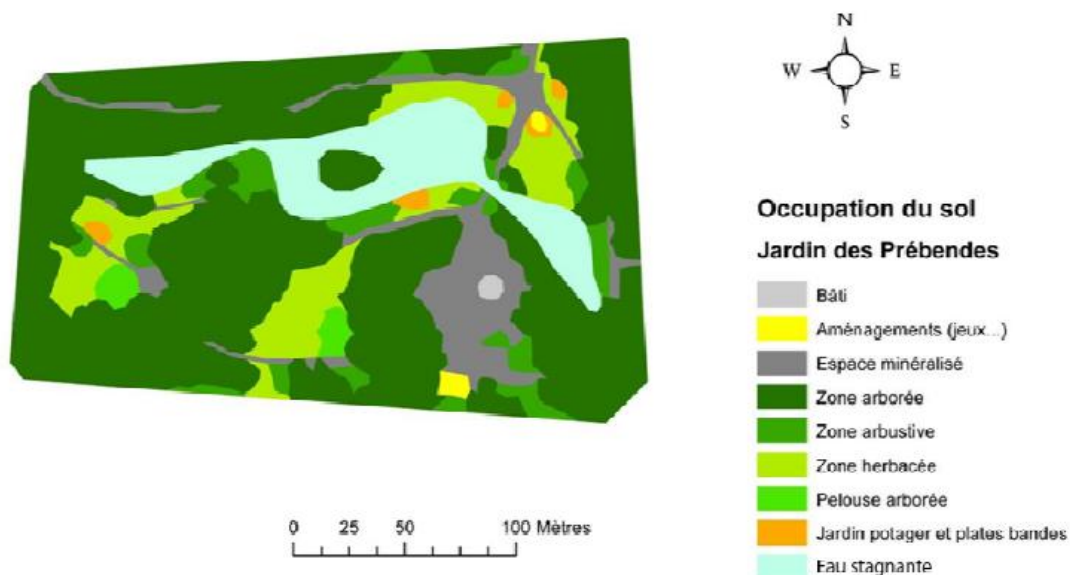
Carte 5 : Localisation du Jardin des Prébendes d'Oé

Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Avec une superficie de 4,3 ha, il est l'un des plus grands jardins du centre-ville de Tours. Souvent considéré comme un « jardin à l'anglaise », il s'inscrit en réalité dans le style paysager français du XIX^{ème} siècle. Il présente de grandes allées sinueuses dont l'une parcourt tout le tour du jardin. On retrouve des cèdres du Liban, des séquoias géants âgés de 150 ans ou encore des cyprès chauves plantés dans l'île située au milieu du parc.

Le Jardin des Prébendes d'Oé est classé « Jardin remarquable ». Seuls six jardins en Touraine possèdent ce label, dont les jardins de Villandry, étudiés au cours de ce projet.

L'occupation du sol du Jardin des Prébendes d'Oé présente de grandes similarités avec celles du Jardin Botanique : 80% de couvert végétal et 20% de couvert minéralisé.



Carte 6 : Carte d'occupation du sol du Jardin des Prébendes d'Oé
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

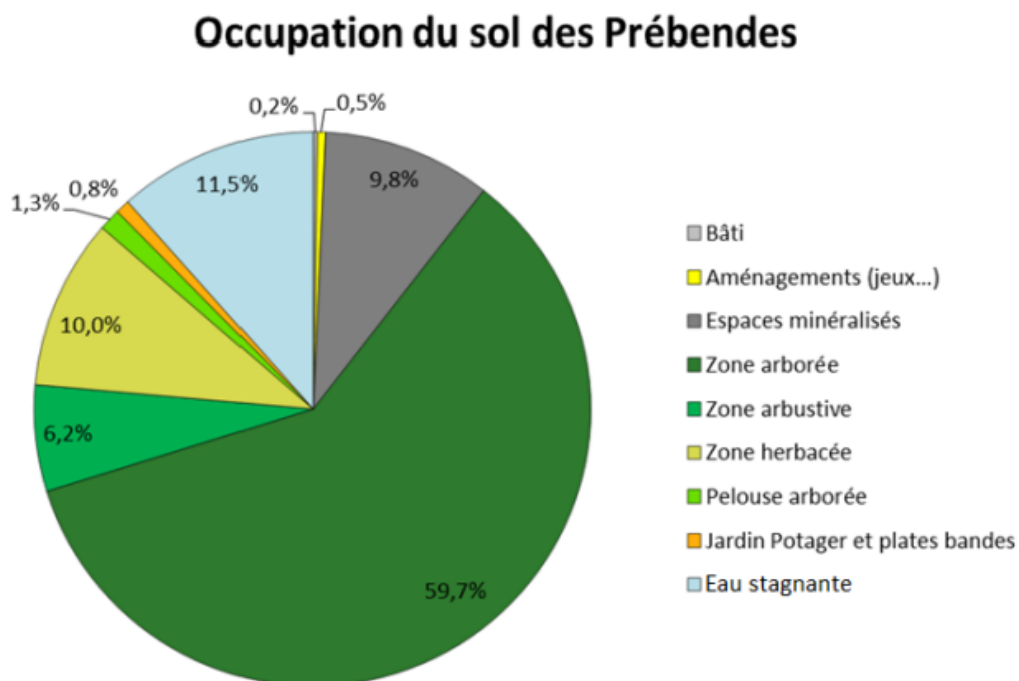
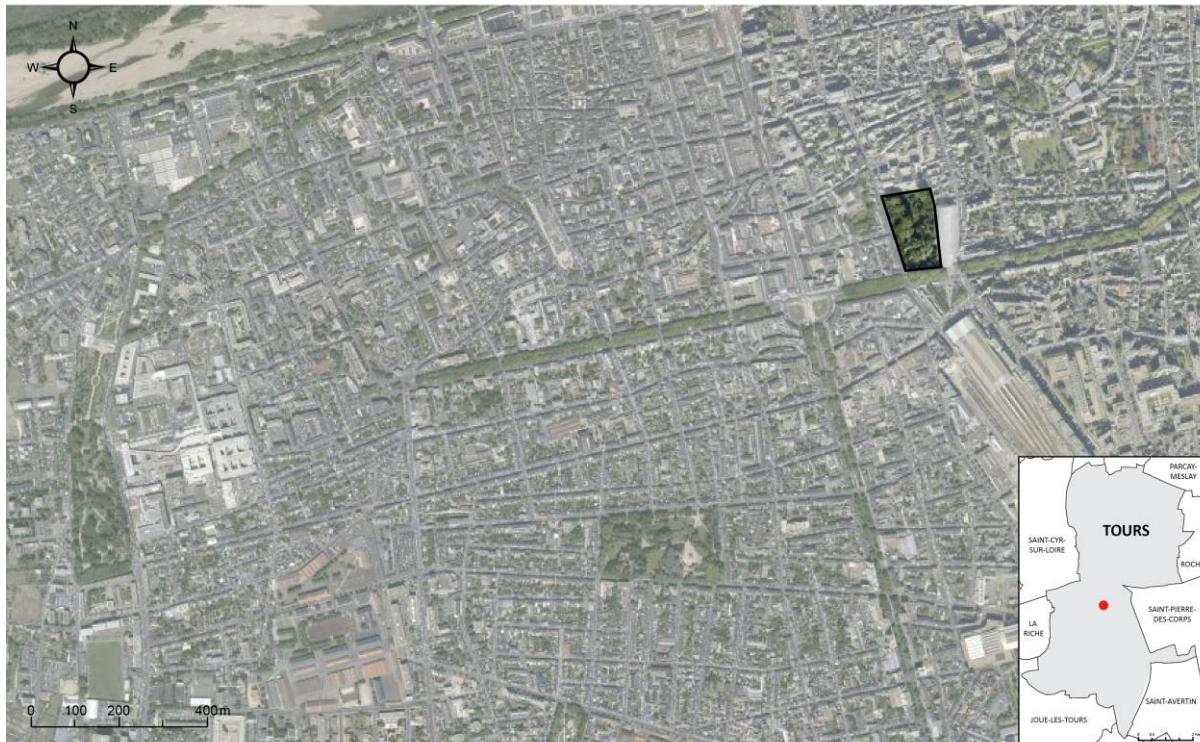


Figure 6 : Pourcentages d'occupation du sol
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

3. LE JARDIN DE LA PREFECTURE

Le Jardin de la Préfecture a été créé en 1634. Il occupe une superficie de 1,5 ha, ce qui en fait le plus petit des jardins étudiés. Aujourd'hui, ce parc urbain est scindé en deux, avec d'une part le square public de la Préfecture, du côté du boulevard Heurteloup, et d'autre part, le jardin privé du préfet, dans la partie nord. L'étude s'est effectuée dans le square public.

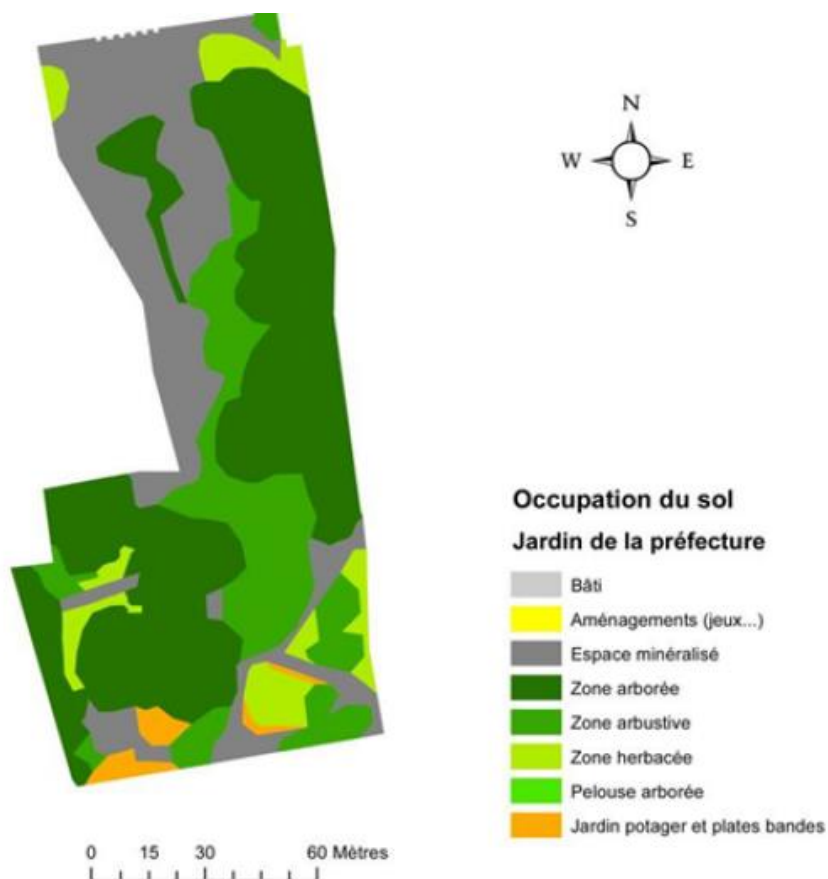


Carte 7 : Localisation du Jardin de la Préfecture

Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

La réalisation de ce parc fut confiée à Louis et René DECORGES en 1932. Le square prit alors l'allure d'un jardin de style « composite », inspiré à la fois du style anglais et du jardin à la française. Aujourd'hui, il est dominé par la présence d'un magnifique platane centenaire et des marronniers forment un écran de verdure.

Au niveau de l'occupation du sol, ce jardin garde tout de même un bon pourcentage de couverture végétale (65%), et présente une surface minéralisée assez importante avec près de 28% de sa superficie totale.



Carte 8 : Carte d'occupation du sol du Jardin de la Préfecture
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

Occupation du sol du Jardin de la Préfecture

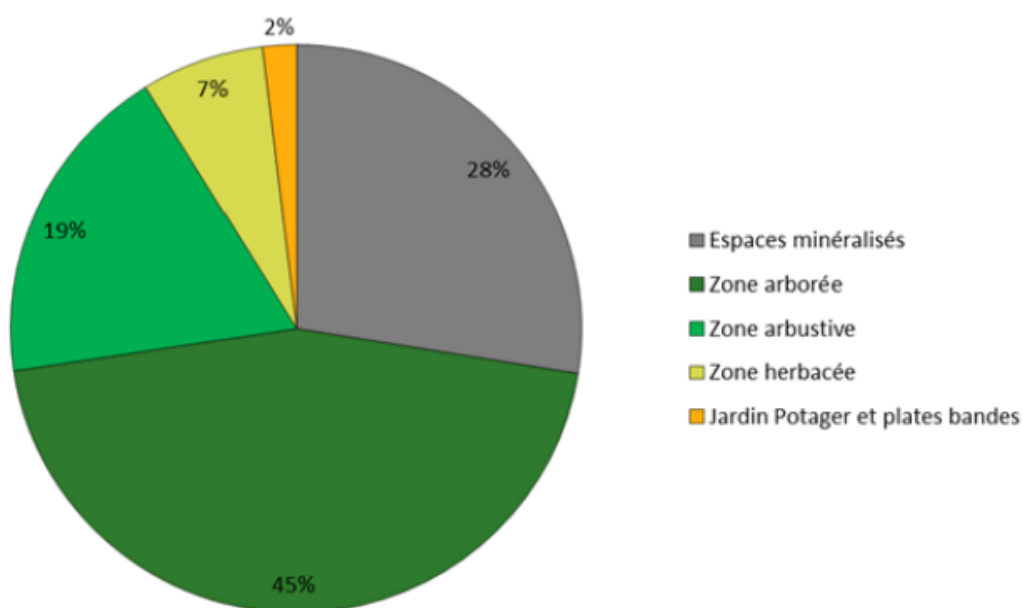


Figure 7 : Pourcentages d'occupation du sol
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

4. LE LAC DE LA BERGEONNERIE

Créé en 1960, le Lac de la Bergeonnerie est un parc public, appartenant à la ville de Tours. Situé au sud de la ville, ce parc de 36 ha, dont 18 ha de plan d'eau, se trouve entre le Cher au nord et le petit Cher au sud. Ce parc suburbain est principalement entouré d'habitations, avec le récent quartier des Deux Lions à l'ouest, le quartier des Fontaines à l'Est et le quartier de la Bergeonnerie et ses jardins familiaux au Sud.



Carte 9 : Localisation du Lac de la Bergeonnerie

Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

Le lac fut créé suite aux extractions des matériaux nécessaires au remblaiement et aux travaux de déviation et de viabilisation du Cher. La végétation retrouvée sur le parc n'est donc pas spontanée, bien qu'adaptée au type de sol. Ce sol est principalement composé d'une couche de remblai recouverte par une fine couche de terre originale. Cette dernière couche est constituée d'alluvions sablo-limoneuses, provenant du lit majeur du Cher. Comme énoncé précédemment, la végétation y est donc ornementale, avec une présence marquée de saules et de peupliers dans la strate arborée.

En ce qui concerne la gestion des espaces verts, le lac fait l'objet d'une gestion différenciée avec beaucoup plus de souplesse que dans les autres parcs urbains étudiés précédemment. La tonte n'est plus systématique, et les cycles naturels sont pris en compte. Comme souligné plus haut, le lac occupe plus de 50% de l'espace, et on retrouve environ 45% de couverture végétale, donc très peu de couvert minéralisé.



Carte 10 : Carte d'occupation du sol du Lac de la Bergeonnerie
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

Occupation du sol du Lac de la Bergeonnerie

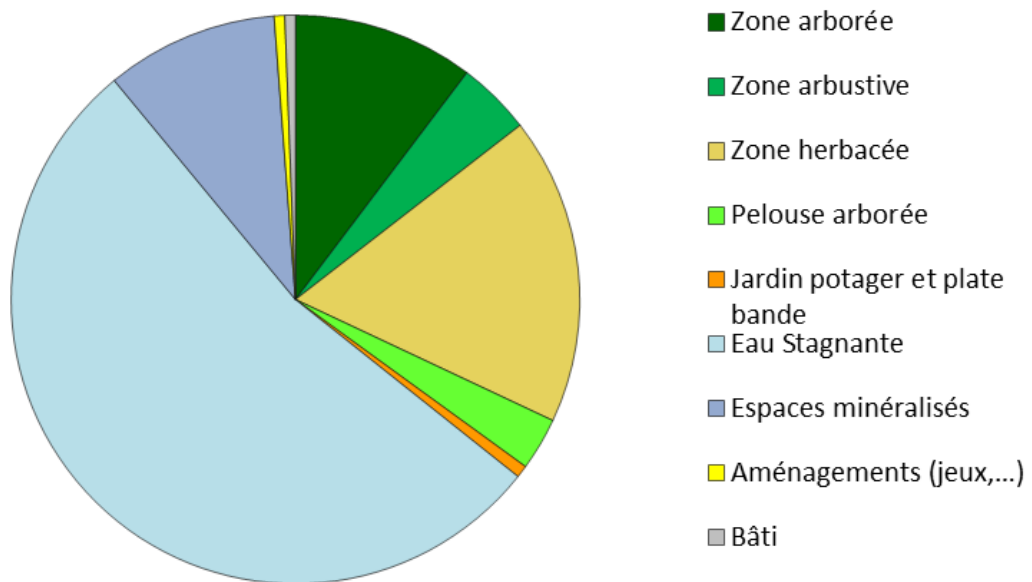


Figure 8 : Pourcentages d'occupation du sol
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

5. LES JARDINS DE VILLANDRY

Les Jardins du château de Villandry se situent dans la commune de Villandry, à la limite Ouest du SCoT. Situé en milieu périurbain, le parc du château s'étend sur 12 ha dont la première moitié est occupée par une forêt et la seconde par des espaces travaillés. En termes de fréquentation, le château enregistre entre 320 000 et 360 000 personnes à l'année.



Carte 11 : Localisation des Jardins de Villandry

Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

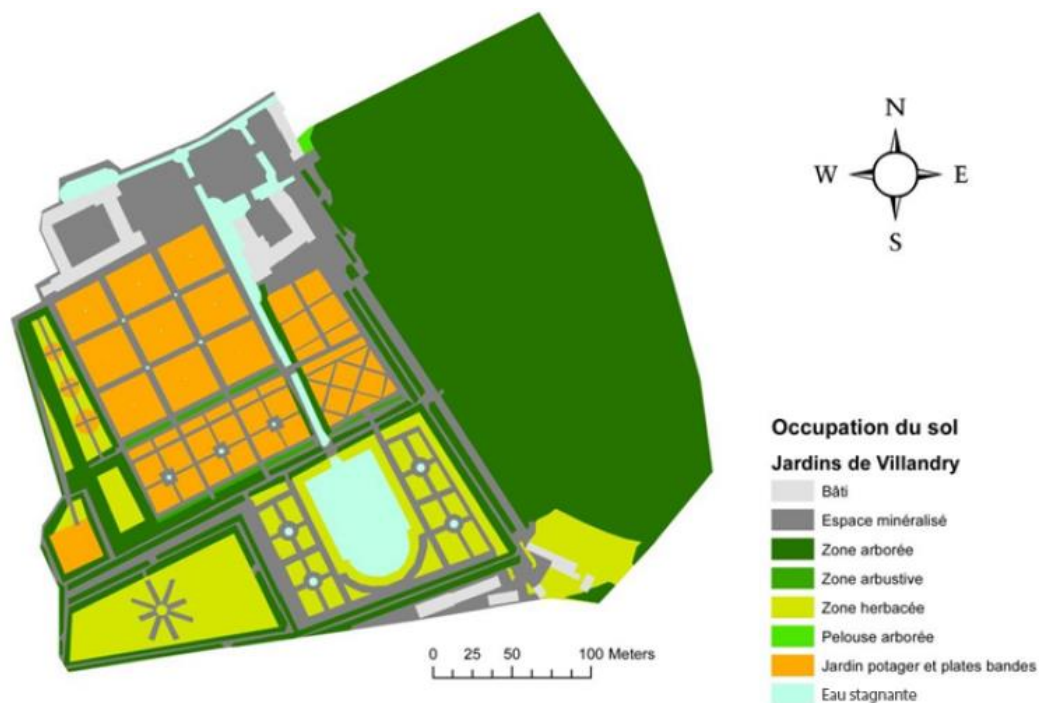
Depuis la construction du château de Villandry en 1532, des jardins remarquables et potagers agrémentent l'édifice. C'est dans ces espaces travaillés, et plus précisément dans le Jardin du Soleil (cf figure 9) que l'observation d'oiseaux et les échantillonnages de micromammifères ont été effectués. Créé en 2008, le jardin du Soleil occupe la seule parcelle du domaine de Villandry qui n'était pas encore occupée par un jardin, il s'étend sur une ancienne prairie entourée de tilleuls, située sur la plus haute terrasse du château.



Figure 9 : Jardin du Soleil ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Les jardins sont gérés avec des désherbages thermiques et manuels. Les jardiniers utilisent des auxiliaires de culture, phytosanitaires naturels et des engrais organiques. Le parc est bien géré du fait de sa fonction ornementale, et du désir de retranscrire le style Renaissance.

Près de la moitié du parc est arborée, mais les piégeages n'ont été réalisés que dans les six autres hectares comme énoncé précédemment. On retrouve donc dans cette zone presque 25% de couverture végétale en comptant le potager.



Carte 12 : Carte d'occupation du sol des Jardins de Villandry
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

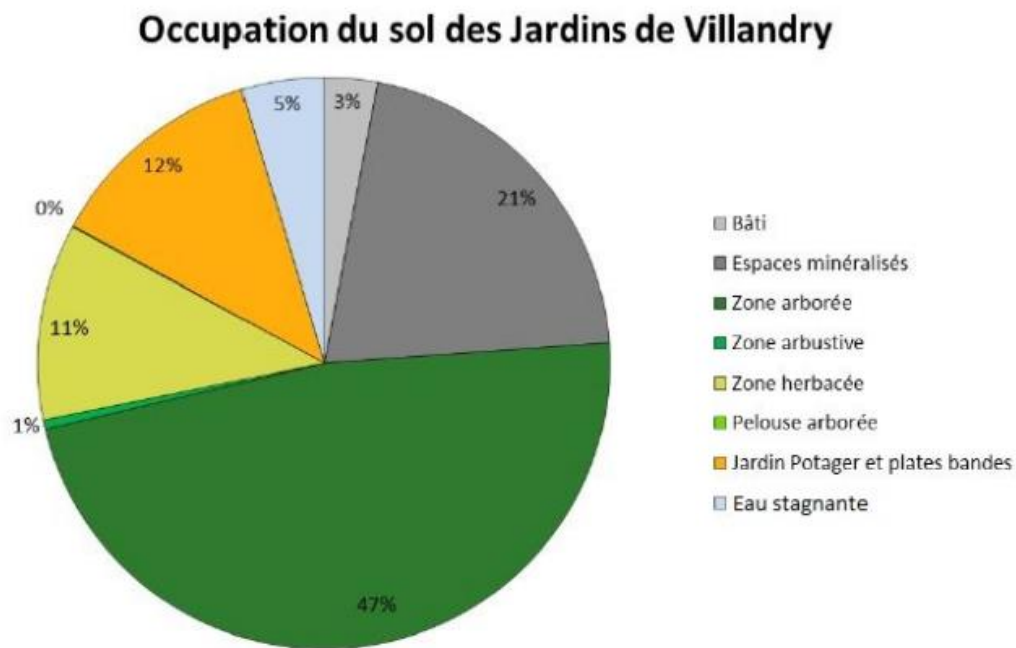
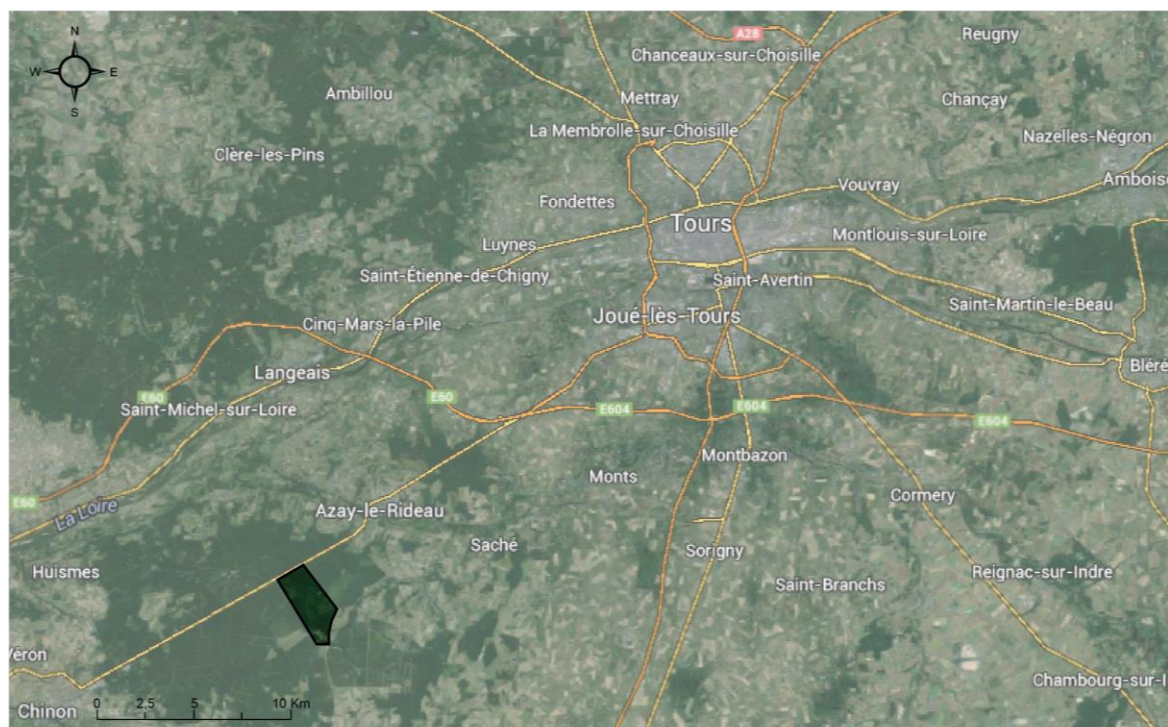


Figure 10 : Pourcentages d'occupation du sol
Sources : SCoT, ATU, GEOFLAT ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

6. UN SITE TEMOIN : LA FORET DE CHINON

La forêt de Chinon s'étend sur près de 12 000 ha, et se divise en plusieurs zones délimitées selon le propriétaire. La forêt est domaniale lorsqu'elle est détenue par ONF (Office National des Forêts) ou par l'Etat, privée lorsqu'elle est détenue par un GDF (Groupement des Forestiers) ou enfin communale lorsqu'elle appartient à la commune. La forêt est ici peuplée de diverses essences, principalement du pin maritime et plusieurs espèces de chênes.



Carte 13 : Localisation de la zone de piégeage en forêt de Chinon

Sources : IGN, GeoPortail, GEOFLAT ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le site étudié se situe dans la commune de Saint-Benoit-la-Forêt. En pleine forêt, il est coupé de toute urbanisation et est peu fréquenté. C'est donc le milieu naturel choisi comme témoin pour notre étude. Celui-ci s'étend sur 12 ha, sur lesquels les essences se répartissent approximativement entre 70% de chênes (dont 1% de chêne d'Amérique), 15% de pins maritimes et 15% de pins sylvestres, tous gérés en futaie. Enfin, les sols sont de type brun ou brun lessivé.



Figure 11 : Lieu du transect dans la forêt de Chinon ;
Réalisation : KLINGELSMIDT, KNOEPFLER, SENE

C. METHODE D'ECHANTILLONNAGE

1. LES MICROMAMMIFERES

L'observation directe de micromammifères reste relativement difficile puisque leur activité est principalement nocturne ou crépusculaire et leur identification précise est délicate. La méthode de piégeage employée est de type capture-marquage-recapture.

La campagne de piégeage a été réalisée de fin septembre à fin novembre. L'automne est la période optimale pour réaliser des piégeages puisque les micromammifères préparent leurs réserves pour l'hiver. Le protocole consiste à réaliser 3 sessions de piégeages par site, à des intervalles réguliers (3 semaines en moyenne) pour balayer différentes conditions météorologiques. Le tableau suivant détaille les différentes sessions de piégeage.

Tableau 1 : Organisation des piégeages
Réalisation personnelle

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Date	29/09 - 03/10	04/10 - 10/10	13/10 - 17/10	20/10 - 24/10	03/11 - 07/11	10/11 - 14/11	17/11 - 21/11	24/11 - 28/11
Sites	Botanique	Bergeonnerie	Villandry	Botanique	Bergeonnerie	Villandry	Botanique	Bergeonnerie
	Préfecture	Prébendes	Chinon	Préfecture	Prébendes	Chinon	Préfecture	Villandry
							Prébendes	Chinon
Nuits-pièges	400	400	400	400	400	400	600	600

Nous avons posé 50 pièges par site et par nuit à raison de 4 nuits consécutives par semaine, soit 200 nuits-pièges par site et par session. Au total, ce sont 600 nuits-pièges par site (3 sessions pour chaque site). Les pièges ont été posés suivant un transect rectiligne en alternant les deux types de pièges utilisés (voir description des pièges ci-après). Cette méthode a pour objectif de favoriser les chances de capture. Cependant, à cause de la géométrie des sites et de leur fréquentation par le public, les pièges n'ont pas toujours pu être disposés suivant un transect linéaire. En effet, il a fallu adapter les transects à l'architecture interne des espaces verts (pose de pièges dans des ilots de verdure peu accessibles ou peu fréquentés par le public), mais aussi camoufler les pièges pour limiter le risque de vol. Les différents transects sont présentés en Annexe 1.

Les appâts utilisés sont des pommes, des lardons, du fromage (emmental) et des croquettes, afin de s'adapter au régime alimentaire du plus grand nombre de micromammifères. Les marquages ont été effectués au vernis.

Deux types de piège ont été utilisés :

- Les premiers dits de type « INRA » : ils présentent un mécanisme de capture à bascule en métal inséré dans une boîte en bois. Lorsque l'animal entre dans le piège, il actionne un système à bascule qui referme la porte. C'est un piège plus adapté aux micromammifères de petite taille qui pourraient s'échapper à travers le grillage de l'autre type de piège utilisé (musaraignes par exemple).

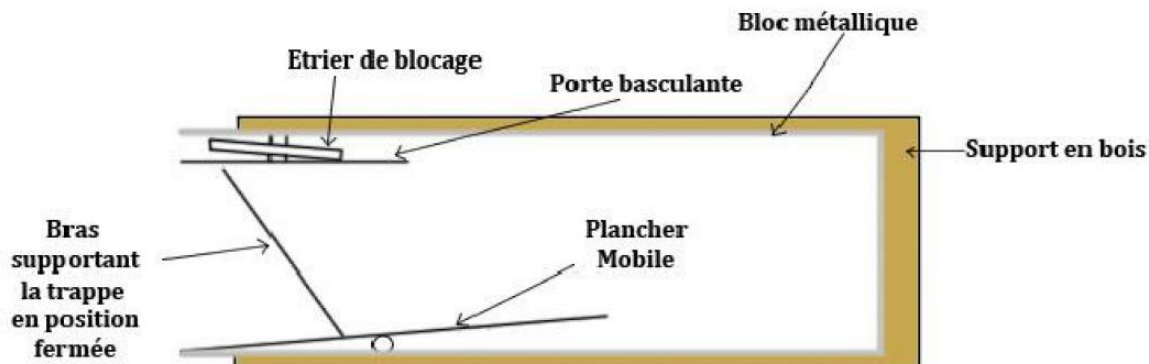


Figure 12 : Vue de profil d'un piège type « INRA »
Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

- Le second type de piège est grillagé et repose sur un socle en bois. La porte se referme lorsque l'animal touche au système sensible sur lequel sont accrochés les appâts.

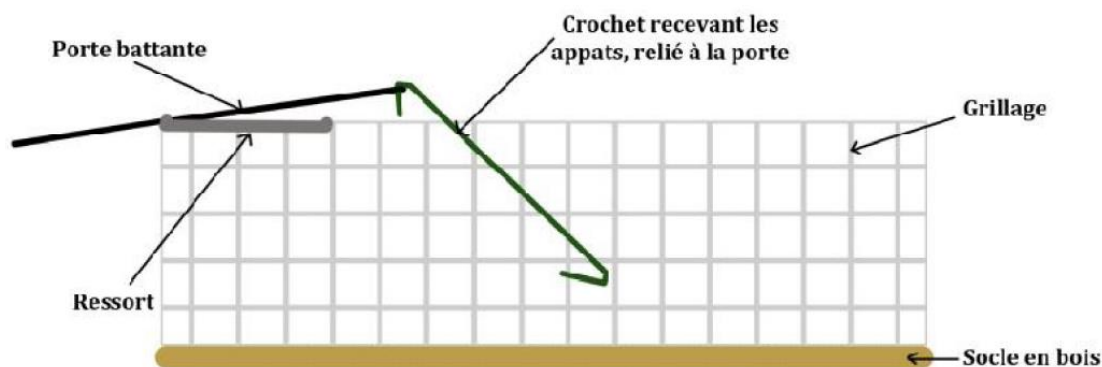


Figure 13 : Vue de profil d'un piège type « INRA »
Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

2. LES OISEAUX

Pour chaque parc, les oiseaux ont été observés, un matin et un soir dans la semaine, en utilisant une méthode de points d'observation. Cette méthode consiste à noter et comptabiliser l'ensemble des oiseaux, entendus ou vus, quelle que soit la distance de détection des espèces pendant une durée de 10 minutes. Les oiseaux aquatiques et de passage sont également recensés mais ne seront pas forcément utilisés dans les interprétations. Pour les oiseaux présents en nuée, il est très difficile, voire impossible, de déterminer le nombre exact d'individus observés, ainsi l'ordre de grandeur (dizaine, centaine...) est déterminé.

Les points d'observations sont disposés de telle manière à ce que les surfaces échantillonnées ne se superposent pas. Pour éviter un double comptage, la distance minimale recommandée entre deux points d'observation est de 150 m (Bibby et al., 1998). Cependant, comme pour la mise en place de transect lors de l'échantillonnage des micromammifères, la géométrie des sites ne permet pas d'appliquer cette distance entre différents points. Il a donc fallu adapter cette distance à chaque parc. Ainsi, l'espace entre deux points d'observation est pour une grande majorité d'au minimum 100 m (60%). Mais, pour certains parcs, cette

distance est inférieure à 100 m, c'est le cas notamment du Jardin de la Préfecture et du Jardin de Villandry, où la distance entre deux points d'observation est respectivement de l'ordre de 30 m et de 60 m. C'est pourquoi le nombre de points d'observations est relativement proportionnel à la superficie totale de l'espace vert étudié.

Les points d'observation ont également été répartis en fonction et de l'angle d'observation et de points d'alimentation que nous avons installés dans les arbres. En effet, nous avons mis dans chaque parc différentes boules d'alimentation afin d'attirer un plus grand nombre d'oiseaux présents dans le parc en un même lieu. Les surfaces échantillonnées à chaque point d'observation présentent au minimum une source en alimentation.

Les différents points d'observation et sources en alimentation sont présentés en Annexe 2.

D. METHODE D'ANALYSE DES DONNEES

L'analyse des données se fera en différentes parties, et elle englobera, pour les micromammifères, les résultats des deux campagnes de piégeage précédentes. Dans un premier temps seront illustrés et analysés les résultats généraux des captures de micromammifères et observations d'oiseaux. Ensuite, nous nous intéresserons à étudier les relations entre les captures de micromammifères et observations d'oiseaux avec les caractéristiques des espaces verts, c'est-à-dire leur taille et leur occupation au sol. Par la suite, nous étudierons les relations avec la structure du paysage urbain, en confirmant ou en infirmant ainsi les conclusions de l'année dernière. Enfin, nous nous attacherons à étudier l'influence de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et oiseaux.

1. INDICATEUR DE RESULTATS DES CAPTURES ET OBSERVATIONS

Les résultats globaux des campagnes de piégeages de micromammifères et des observations d'oiseaux seront exprimés dans l'ordre suivant :

- Abondance spécifique sur l'ensemble des espaces verts cumulés pour les micromammifères et oiseaux. Pour les micromammifères, il s'agit du nombre d'individus capturés de chaque espèce exprimé tous sites confondus. En revanche, pour les oiseaux, il s'agit du nombre moyen d'individus observés lors d'une visite dans l'ensemble des sites étudiés.
- Succès de piégeage⁴ des micromammifères par espace vert (toutes espèces confondues).
- Succès de recapture⁵ des micromammifères par espace vert (toutes espèces confondues).
- Richesse spécifique par espace vert (nombre d'espèces différentes capturées par site) pour les micromammifères et oiseaux.
- Richesse spécifique par régime alimentaire pour chaque espace vert pour les micromammifères et oiseaux

2. ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LES CARACTERISTIQUES DES ESPACES VERTS ET LES DONNEES DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

a. Taille des espaces verts

Afin de mettre en évidence les relations entre la surface des sites et les captures ou observations d'espèces animales, nous avons mis en relation :

- Succès de piégeage cumulé des micromammifères en fonction de la surface (m²) de chaque site étudié.
- Richesse spécifique des micromammifères et oiseaux toujours en fonction de la surface de chaque site.

A noter que la forêt de Chinon n'est pas prise en compte dans ces différentes analyses afin de faciliter la lecture des graphiques. En effet, du fait de son importante superficie par rapport aux autres espaces verts, les graphiques obtenus seraient très difficiles à analyser.

b. Pourcentages d'Occupation au Sol

Les données numériques des caractéristiques des espaces verts sont exprimées en pourcentage pour avoir une information qualitative et quantitative relative à l'espace vert. Chaque espace vert est décomposé en 7

⁴ Exprimé en pourcentage, il s'agit du rapport entre le nombre d'individus capturés par site et le nombre de nuits-pièges effectuées sur ce site.

⁵ Exprimé en pourcentage, il s'agit du rapport entre le nombre d'individus recapturés par site et le nombre total d'individus capturés sur ce site.

différents types de zones appelés, dans le tableau des résultats, Pourcentage d'Occupation au Sol des espaces verts (POS arbre, POS arbuste, POS herbe, POS pelouse arborée, POS jardins potagers et plates-bandes, POS eau et POS surface minérale). La somme de ces 7 types de zones correspond à la surface totale des espaces verts considérés.

Ces données sont issues d'un traitement SIG des cartographies d'occupation des sols des différents jardins étudiés. Le tableau ci-dessous résume les sources et le type de données utilisés pour tous les traitements SIG qui suivront.

Tableau 2 : Sources et données utilisées pour le traitement SIG ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSSILLE

Données cartographiques	Sources	Objectifs
BD Ortho 2007	IGN 2007	Modéliser sous formes d'occupations de toutes les zones verts (Jardin privé, pelouse...) présent en milieu urbain autour des espaces verts étudiés
PIDUD occupation du sol SCoT de Tours	Agence d'urbanisme de l'agglomération tourangelle	
Les espaces verts communaux	Agence d'urbanisme de l'agglomération tourangelle	
Espaces verts du SCoT de Tours Occupation des sols	Agence d'urbanisme de l'agglomération tourangelle	Déterminer l'occupation des sols au sein des espaces verts étudiés

Les données numériques des captures et observations sont exprimées en succès de piégeage par espèce, en succès de piégeage cumulé (somme des 5 succès de piégeage) ou abondance et en richesse spécifique pour chaque site.

La méthode de l'ACP (Analyse en Composantes Principales) a été adoptée pour mettre en relation les données issues des captures de micromammifères et des observations d'oiseaux avec celles de l'analyse spatiale des espaces verts où les captures et observations ont été réalisées.

Grâce à cette méthode, les corrélations plus ou moins fortes entre variables permettent de comprendre l'incidence des caractéristiques physiques des espaces verts et de la structure du paysage urbain sur les communautés de micromammifères et aviaires le long du gradient d'urbanisation considéré.

Aussi, pour exprimer les relations entre les caractéristiques des espaces verts et les données de micromammifères et oiseaux, trois types d'ACP ont été réalisées pour les micromammifères et les oiseaux:

- La première vise à corréler les caractéristiques des espaces verts avec les succès de piégeage par espèce, ACP réalisée uniquement pour les micromammifères.
- La deuxième vise à corréler les caractéristiques des espaces verts avec la richesse spécifique et le succès de piégeage cumulé pour les micromammifères ou l'abondance pour les oiseaux.
- La troisième vise à corréler les caractéristiques des espaces verts avec le régime alimentaire des micromammifères et des oiseaux.

3. ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LA STRUCTURE DU PAYSAGE URBAIN AUTOUR DES ESPACES VERTS ET LES DONNEES DE MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

Les données numériques relatives à la structure du paysage urbain sont exprimées en m². Elles quantifient, site par site, les différents types de couvert végétal dans des buffers de 700, 350 et 100 m autour des espaces verts. Les différents types de couvert végétal sont : les jardins privés, les milieux ouverts à végétation basse, les autres espaces verts, les jardins ouvriers, les zones agricoles et la forêt. Afin de pouvoir corréler les données des micromammifères et oiseaux en fonction du degré d'urbanisation, un type

de couvert, nommé Urbanisation, a également été pris en compte dans les différentes ACP. Ce dernier n'est autre que l'ensemble des surfaces n'étant pas un type de couvert végétal.

Une analyse spatiale par SIG va mettre en évidence l'occupation des sols autour de chaque espace vert par la réalisation de buffer. Deux traitements SIG ont dû être réalisés :

- A partir de l'ORTHO photo et des données de l'ATU, une réalisation d'une cartographie des zones vertes en différentes classes de couvert végétal autour des espaces verts étudiés est réalisée. Une occupation au sol précise du couvert végétal a pu être réalisée.
- A partir d'un traitement SIG de l'occupation du sol réalisée, trois buffers de 700, 350 et 100 m autour de chaque espace vert étudié ont été réalisés afin de déterminer l'occupation des sols de ces trois zones tampons. Afin de déterminer les aires de chaque type de surface composant l'occupation des sols, des traitements SIG ont été réalisés.

Les buffers étaient initialement de 900, 400 et 100 m, 900 m étant la distance maximale de déplacement des micromammifères. Cependant du fait de la proximité des jardins les plus urbains et afin que leurs buffers ne se recoupent pas, un buffer maximal de 700 m a été déterminé. Les autres buffers de 350 et 100 m permettent de mettre en évidence l'importance des couverts végétaux à proximité des espaces verts qui auront plus d'influence, notamment sur les populations de micromammifères, que des couverts végétaux éloignés.

Les données numériques des captures et observations sont exprimées en succès de piégeage cumulé (somme des 5 succès de piégeage) pour les micromammifères ou en abondance pour les oiseaux, et en richesse spécifique toujours site par site. Les captures de micromammifères ont également été exprimées en succès de piégeage par espèce.

Par ailleurs, afin de mettre en évidence le gradient urbain et de positionner chaque espace vert sur ce gradient, nous avons utilisé le buffer de 700 m pour évaluer la surface de couvert végétal par mètre carré autour des espaces verts. Cette surface de couvert végétal a été ramenée en pourcentage car la surface des buffers de 700 m est différente autour de chaque site et il aurait été impossible de comparer les différents sites entre eux.

Pour exprimer les relations entre ces données numériques, deux catégories d'ACP ont été réalisées :

- Une première série d'ACP permettant de corréler le degré d'urbanisation avec les succès de piégeage par espèce de micromammifères. Une ACP est réalisée par buffer (700, 350, 100).
- Une deuxième série d'ACP permettant de corréler le degré d'urbanisation avec la richesse spécifique et le succès de piégeage cumulé (micromammifères) ou l'abondance (oiseaux). De même, une ACP est réalisée par buffer (700, 350, 100).

Enfin, une dernière ACP entre le degré d'urbanisation dans un buffer de 700 m et l'ensemble des espèces d'oiseaux a été effectuée. Cette ACP permet ainsi de déterminer si la répartition des oiseaux est liée au degré d'urbanisation.

4. ANALYSE DE LA CONNECTIVITE DES ESPACES VERTS SUR LA REPARTITION DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

Afin de mettre en évidence l'influence de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et oiseaux, il a tout d'abord été nécessaire de déterminer les corridors reliant les espaces verts entres eux en centre-ville de Tours.

Ne disposant pas de logiciel SIG, ni de programmes permettant de modéliser un réseau à partir d'un fond de carte, il a fallu s'adapter et construire les corridors manuellement à l'aide d'un logiciel SIG. Pour construire ces corridors, la première étape consistait à déterminer les espaces verts de la ville de Tours étant

reliés aux sites d'études (Jardin Botanique, Jardin des Prébendes d'Oé et Jardin de la Préfecture) et susceptibles d'abriter d'autre populations de micromammifères.

Le choix du chemin parcouru par les micromammifères pour rejoindre d'autres espaces verts a été déterminé en utilisant « le chemin de moindre coût ». En effet, cette notion permet de définir le chemin potentiellement emprunté par une espèce qui lui demandera le moins d'effort et d'énergie. D'autres corridors sont modélisables sur la carte, cependant, ils ont des chemins plus longs ou sont confrontés à des barrières imperméables (complexe militaire, ligne de chemin de fer...).

A noter que la typologie en taches d'habitats de la structure de la Trame verte dans ce milieu urbain contraint d'avoir une trame verte en « pas japonais ».

Enfin, une fois chaque corridor déterminé, plusieurs données ont pu être extraites à l'aide d'un traitement SIG :

- Distances entre les taches d'habitats (patches) composant les corridors (m)
- Nombre de taches d'habitats
- Nombre de liens
- Surfaces cumulées des taches d'habitat (m²)
- Longueur de chaque corridor (m)

Ces données ont ensuite été mises en relation avec les données relatives aux micromammifères et oiseaux :

- Succès de piégeage cumulé (micromammifères) ou abondance (oiseaux) en fonction de la surface des patches cumulés
- Richesse spécifique en fonction de la surface des patches cumulés
- Succès de piégeage cumulé (micromammifères) ou abondance (oiseaux) en fonction du nombre de patches
- Richesse spécifique en fonction du nombre de patches

RESULTATS

A.RESULTATS GENERAUX DES CAPTURES ET DES OBSERVATIONS

Pour les micromammifères, les campagnes de piégeage ont été réalisées selon le même protocole sur cinq espaces verts entre la zone périurbaine et le centre-ville de Tours ainsi que dans la zone témoin située en forêt de Chinon (voir partie Méthodes). Les résultats généraux de ces campagnes de piégeage montrent des tendances nettes notamment en termes d'abondance et de richesse spécifique aussi bien sur l'ensemble des espaces verts confondus que site par site. Les résultats sont exprimés pour 2012, 2013, 2014 et pour les trois années cumulées.

Pour les oiseaux, la méthode d'observation s'est effectuée de manière analogue pour les cinq espaces verts présentant un degré d'urbanisation (voir partie Méthode). En revanche, aucune observation n'a été effectuée dans la forêt de Chinon, puisque ce milieu fermé rend l'observation des oiseaux très difficile.

1. ABONDANCE ET RICHESSE SPECIFIQUES SUR L'ENSEMBLE DES SITES D'ETUDE

a. Données des micromammifères

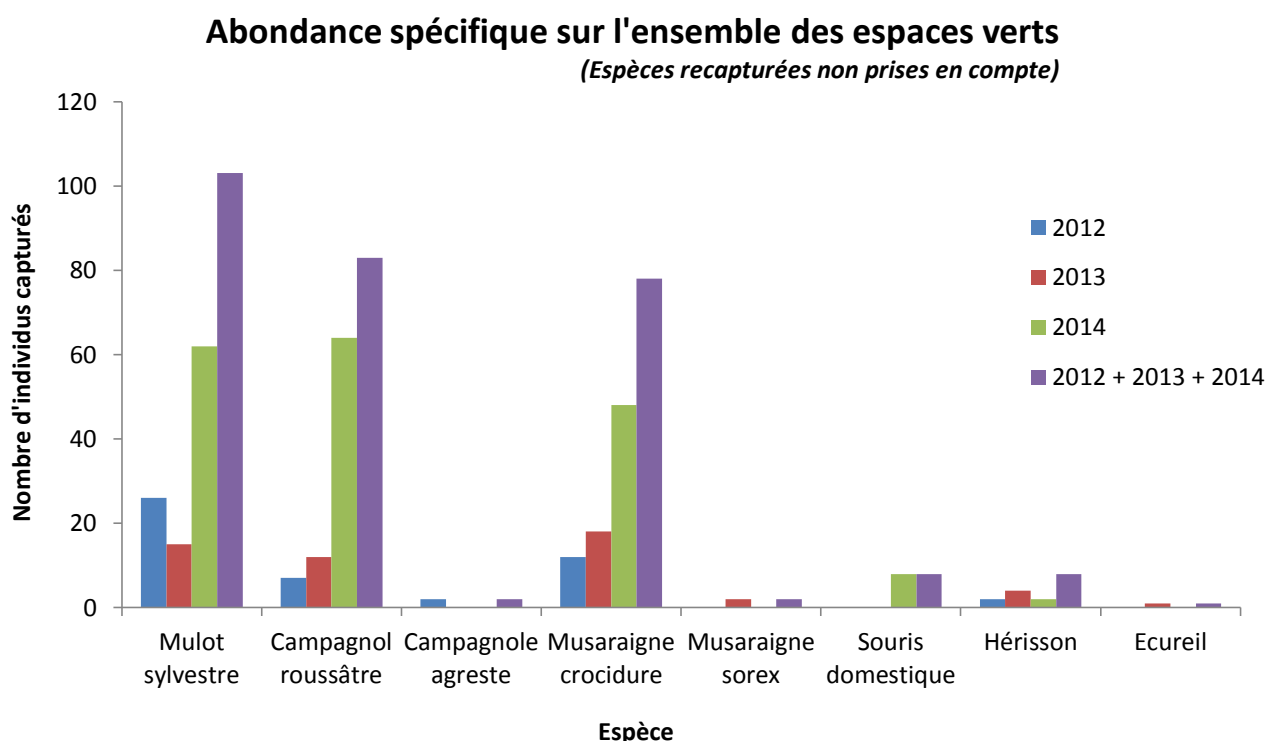


Figure 14 : Abondance spécifique des micromammifères sur l'ensemble des espaces pour les trois campagnes de piégeages ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Au cours des campagnes de piégeage de 2014, 190 individus ont été capturés, contre 63 et 49 individus respectivement en 2013 et 2012. Ce résultat sera relativisé par la suite puisque le nombre de nuits-pièges effectuées a été plus important qu'en 2013 et 2014.

En 2014, 5 espèces différentes ont été capturées : 64 campagnols roussâtres (*Clethrionomys glareolus*), 62 mulots sylvestres (*Apodemus sylvaticus*), 48 musaraignes crocidures (*Crocidura leucodon*), 2 hérissons (*Erinaceus europaeus*), et une nouvelle espèce qui n'avait pas été capturée en 2012 et 2013 : 8 souris

domestiques (*Mus musculus*). En revanche, nous n'avons pas capturé de campagnol agreste (*Microtus agretis*) contrairement à 2012, ni de musaraigne sores (*Sorex sp.*) et d'écureuil (*Sciurus vulgaris*) capturés en 2013. Dans la suite des résultats, nous ne prendrons pas en compte les hérissons et l'écureuil, car les pièges utilisés n'étaient pas adaptés à leur gabarit.



Photo 1 : Campagnol roussâtre ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH



Photo 2 : Mulot sylvestre ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Les captures de 2014 suivent la même tendance observée en 2012 et 2013, à savoir que le campagnol roussâtre, le mulot sylvestre et la musaraigne crocidure sont principalement capturés. Cependant, le mulot sylvestre n'est plus le micromammifère majoritairement capturé, c'est le campagnol roussâtre. La capture d'autres espèces demeure moins réquente.

b. Données des oiseaux

Abondance spécifique moyenne sur l'ensemble des espaces verts

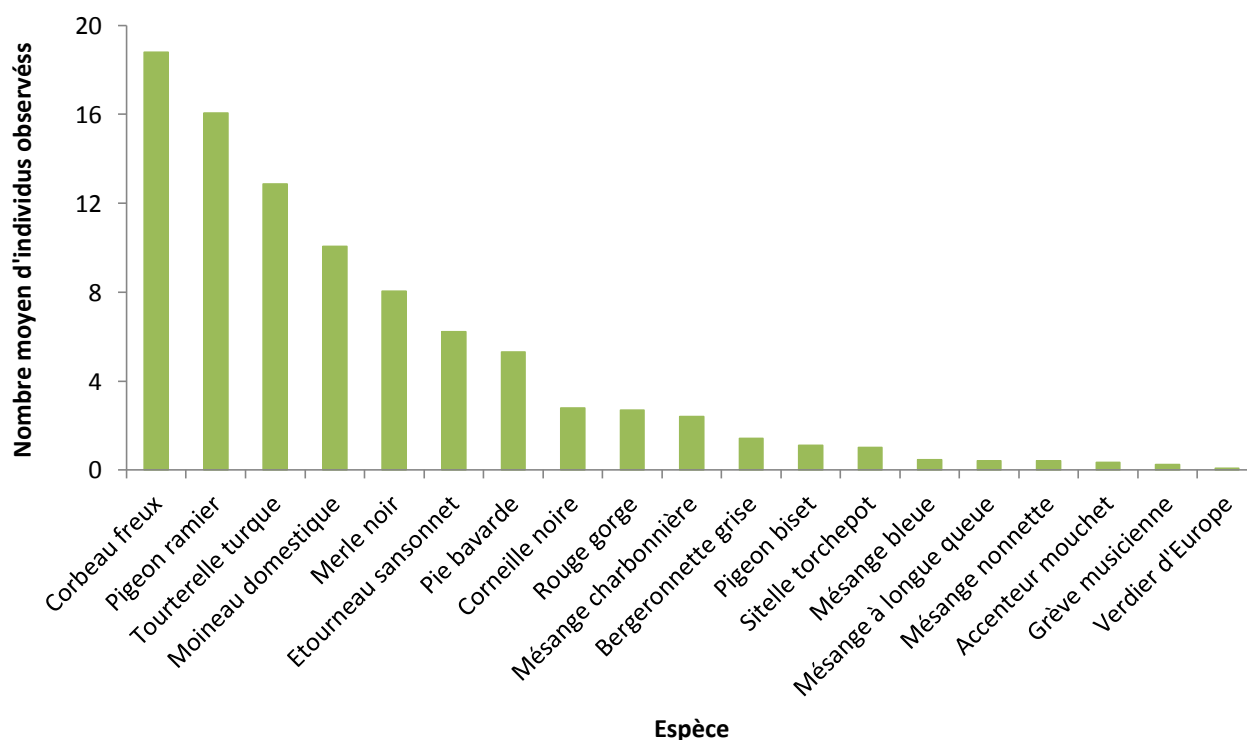


Figure 15 : Abondance spécifique moyenne des oiseaux sur l'ensemble des espaces verts en 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Au cours des observations sur l'ensemble des espaces verts, 26 espèces d'oiseaux ont été identifiées dont 7 espèces liées aux milieux de vie aquatique (Canard Colvert, Gallinule poule-d'eau, Goéland leucopnée...). Ces 7 dernières espèces ne seront pas prises en compte lors des différentes analyses, hormis pour la richesse spécifique.

Certains oiseaux n'ont été observés que très rarement et en nombres très faibles, c'est notamment le cas du Verdier d'Europe (*Chloris chloris*) où un unique individu a été observé au Jardin de Villandry (soit 0,08 individus observés en moyenne sur l'ensemble des observations pour l'ensemble des espaces verts). D'autres en revanche sont observés en nuée donc en très grande quantité, leur nombre n'est donc pas précis mais indique l'ordre de grandeur de la quantité d'individus observés. C'est principalement le cas des oiseaux présents au Lac de la Bergeonnerie, tels que les Corbeaux freux (*Corvus frugilegus*).

2. ABONDANCE ET RICHESSE SPECIFIQUES PAR SITE ETUDIE

a. Données des micromammifères

Dans cette partie, nous exprimons l'abondance de toutes les espèces confondues sous la forme du succès de piégeage qui est le rapport entre le nombre d'individus capturés et le nombre de nuits-pièges effectués. Le succès de piégeage est exprimé en pourcentage.

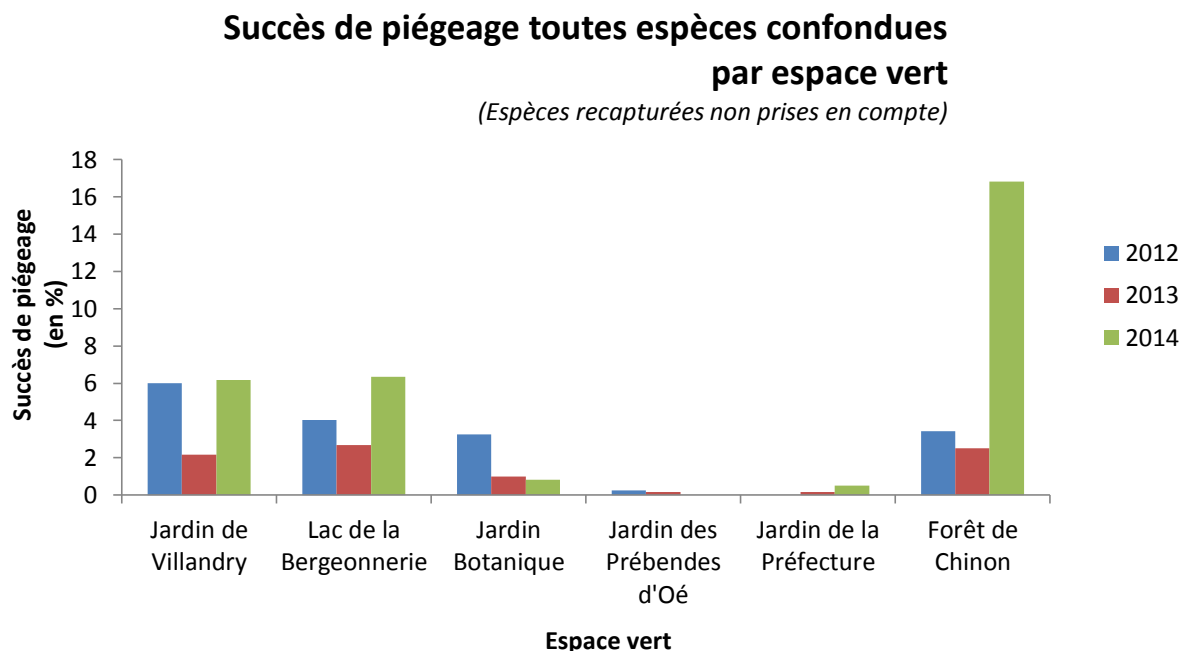


Figure 16 : Succès de piégeage toutes espèces confondues de micromammifères par espace vert ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Nous pouvons, tout d'abord, remarquer que le succès de piégeage augmente très nettement pour 3 espaces verts : le Jardin de la Préfecture, le Lac de la Bergeonnerie et la Forêt de Chinon. Pour ce dernier site d'étude, le succès de piégeage a été multiplié par presque sept entre 2013 et 2014. Au contraire, pour le Jardin des Prébendes d'Oé et le Jardin Botanique, le succès de piégeage obtenu en 2014 diminue légèrement par rapport à celui obtenu en 2013.

Ainsi, le succès de piégeage global obtenu en 2014 est de 5,11%, alors que ceux de 2012 et 2013 sont respectivement de 2,67% et 1,45%.

Les succès de piégeage obtenus en 2014 suivent globalement la même tendance qu'en 2012 et 2013, à savoir qu'ils diminuent graduellement selon le gradient d'urbanisation. Le Jardin de la Préfecture ne suit pas cette règle, puisque nous y retrouvons un succès de piégeage plus important qu'au Jardin des Prébendes d'Oé. Cela s'explique probablement par la présence du jardin privé du préfet, espace très peu fréquenté et donc permettant aux micromammifères de moins subir la pression de l'urbanisation. A noter que les trois espaces verts situés en milieu urbain présentent tous un succès de piégeage compris entre 0 et 1%.

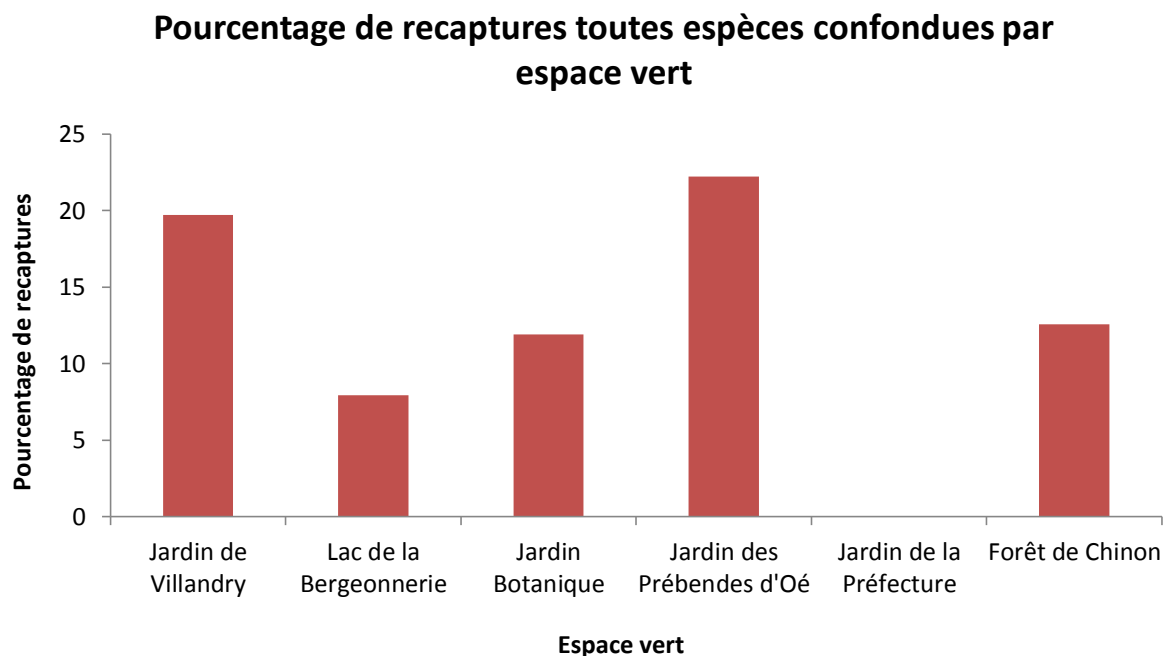


Figure 17 : Pourcentage de recaptures toutes espèces confondues de micromammifères par espace vert (cumulé sur les trois années) ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le principe de capture-marquage-recapture permet une estimation de la population totale. Les taux de recaptures obtenus en 2014 ne suivent pas ceux obtenus en 2012 et 2013. En effet, pour cette année, seuls le Jardin de Villedary, le Jardin Botanique et la Forêt de Chinon présentent des recaptures. Or durant les deux précédentes campagnes de piégeages, des recaptures ont été retrouvées au Jardin de Villedary, Lac de la Bergeonnerie, Jardin des Prébendes d'Oé et Forêt de Chinon dans des proportions très hétérogènes. Il est ainsi difficile d'établir une tendance nette corrélée au gradient d'urbanisation entre ces trois années.

En analysant le pourcentage cumulé de recaptures sur les trois années de piégeages, le Jardin des Prébendes d'Oé présente un très haut pourcentage. En effet, plus de 1 animal sur 4 a été de nouveau capturé par la suite. En revanche, aucune recapture n'a été réalisée au Jardin de la Préfecture. La Forêt de Chinon et le Jardin Botanique présentent quant à eux un taux de recapture quasi-équivalent et proche de 12%.

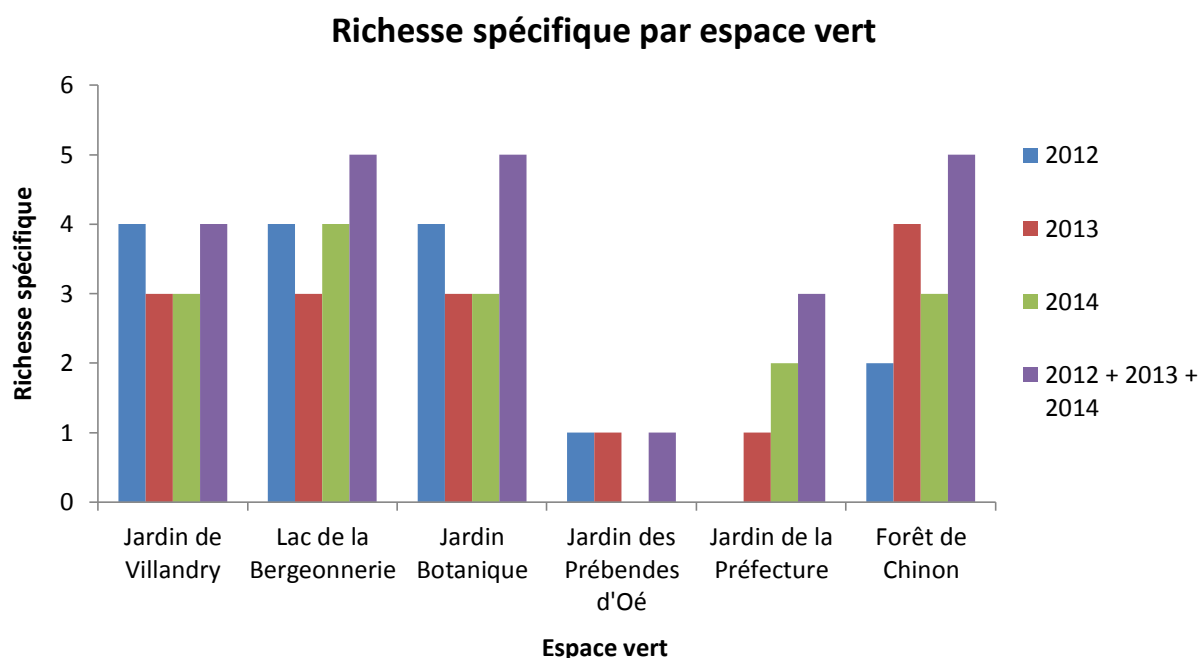


Figure 18 : Richesse spécifique de micromammifères par espace vert pour les trois campagnes de piégeages ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

La richesse spécifique observée par espace vert en 2014 suit la même tendance qu'en 2012 et 2013. A noter qu'elle a cependant doublé pour le site présentant le degré d'urbanisation le plus important, le Jardin de la Préfecture.

Pour les trois espaces verts situés en milieu urbain, le Jardin Botanique se démarque des deux autres puisqu'il présente une richesse spécifique bien plus importante. En effet, le Jardin des Prébendes d'Oé et de la Préfecture possèdent une richesse spécifique comprise entre 0 et 2, alors qu'elle est au minimum de 3 pour le Jardin Botanique.

b. Données des oiseaux

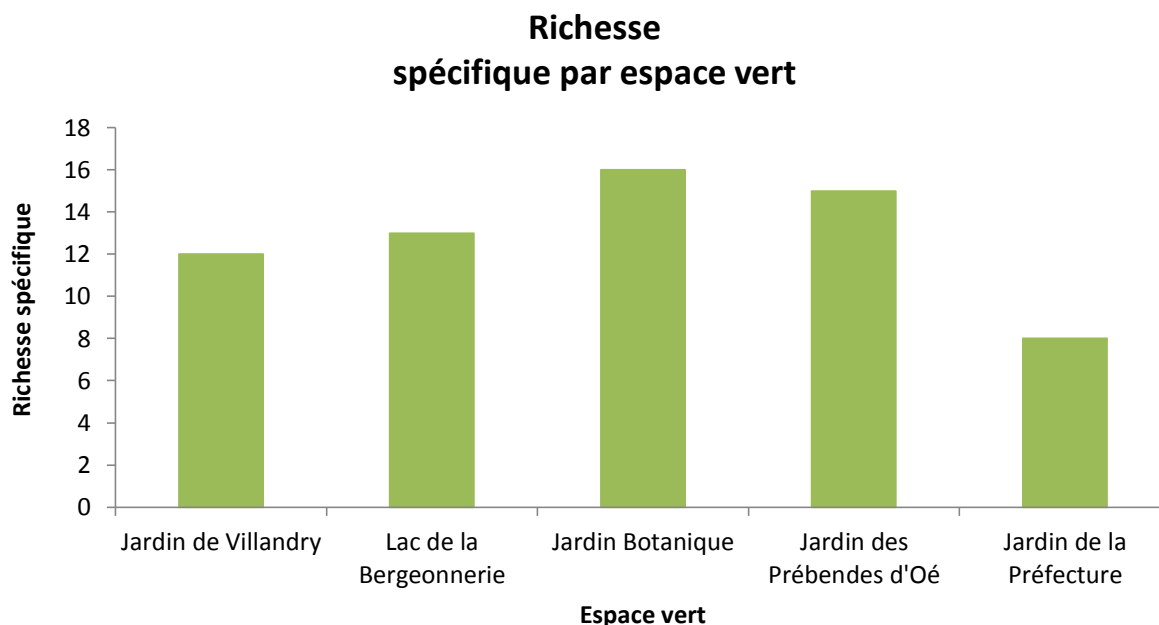


Figure 19 : Richesse spécifique d'oiseaux par espace vert ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

La richesse spécifique ne semble pas être impactée par le degré d'urbanisation. En effet, celle-ci augmente puis diminue, plus l'espace vert se situe dans une zone urbaine. A noter cependant que c'est le Jardin de la Préfecture qui présente la plus faible richesse spécifique (8 espèces différentes) et la richesse spécifique est maximale au Jardin Botanique avec 16 espèces différentes.

3. ABONDANCE ET RICHESSE SPECIFIQUE PAR REGIME ALIMENTAIRE PAR SITE ETUDIE

a. Données des micromammifères

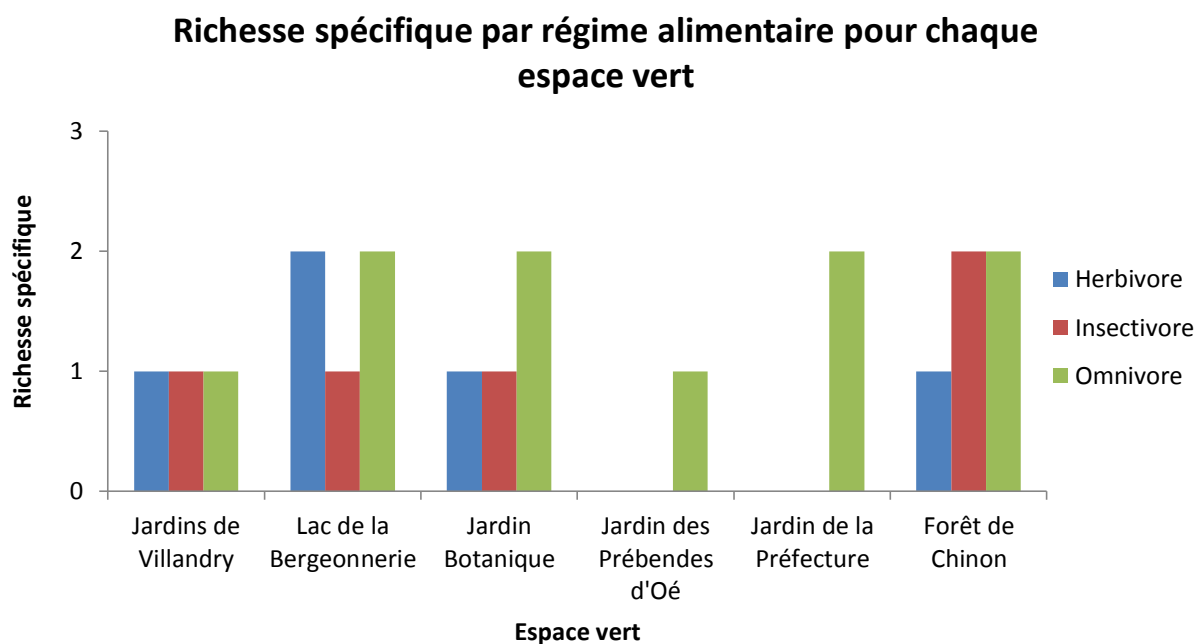
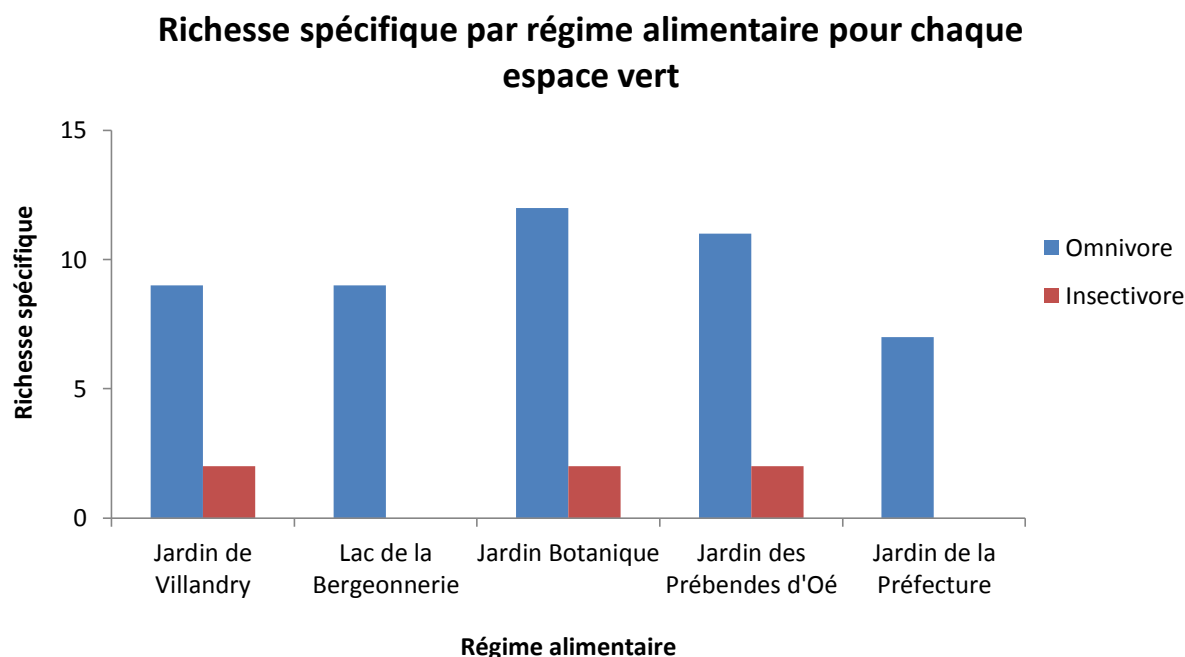


Figure 20 : Richesse spécifique de micromammifères par régime alimentaire pour chaque espace vert ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

La richesse spécifique par régime alimentaire pour les micromammifères montre une diversité de tendances. En premier lieu, il est possible de constater que la richesse spécifique des insectivores est plus importante en Forêt de Chinon et semble diminuer plus la pression de l'urbanisation grandit. Celle des omnivores et herbivores semblent être propre à l'espace vert.

On constate également une diminution du nombre de régime alimentaire représenté avec la croissance du gradient urbain. En effet, seuls des micromammifères étant omnivores ont été capturés dans les espaces verts du Jardin des Prébendes et de la Préfecture. Le régime omnivore semble donc le plus important sur l'ensemble des sites étudiés.

b. Données des Oiseaux



**Figure 21 : Richesse spécifique d'oiseaux par régime alimentaire pour chaque espace vert ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH**

Sur l'ensemble des oiseaux observés dans les cinq sites étudiés, seuls deux régimes alimentaires ont été répertoriés, celui des omnivores (94% des individus) et celui des insectivores.

A partir de ce graphique, il est possible d'observer une faible quantité d'espèces insectivores sur l'ensemble des espaces verts étudiés alors que celle des omnivores est 4 à 6 fois plus importante selon le parc. Pour l'ensemble des espèces omnivores, les résultats semblent se rejoindre en termes de quantité avec le maximum d'espèces observées au jardin Botanique (12 espèces) pour un minimum de 7 au jardin de la Préfecture. En ce qui concerne les espèces insectivores, il est possible de constater un maximum de 2 espèces pour le Jardin de Villandry, le Jardin Botanique et le Jardin des Prébendes d'Oé.

B. ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LES CARACTERISTIQUES INTERNES DES ESPACES VERTS ET LES DONNEES DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

Les variables relatives aux caractéristiques des espaces verts considérés permettent d'évaluer la qualité de ces tâches d'habitat pour les micromammifères. Le but de cette partie est de voir s'il est possible de corréler certaines caractéristiques internes des espaces verts avec nos résultats de capture et d'observation.

1. DONNEES NUMERIQUES DES CARACTERISTIQUES DES ESPACES VERTS ET DES CAPTURES ET OBSERVATIONS

Tableau 3 : Pourcentages d'Occupation au Sol des différents types de couvert par rapport à la surface totale de chaque espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH (d'après BOYER, REMOND, ROUSSILLE)

Espace vert	POS arbres	POS arbustes	POS Herbe	POS pelouse arborée	POS Jardin potager	POS eau	POS surface minérale	POS fruitiers
Parc de la Préfecture	45,1	18,6	6,9	0,0	0,8	0,0	28,7	2,0
Jardin des Prébendes	59,5	6,2	9,9	1,3	0,8	11,7	10,5	4,1
Jardin Botanique	38,5	0,9	14,5	3,0	11,7	3,6	27,7	15,9
Lac de la Bergeonnerie	10,4	4,3	17,7	3,1	0,8	53,7	9,9	0,4
Jardin de Villandry	15,8	0,8	17,8	0,1	19,8	7,3	38,4	11,7
Forêt de Chinon	98,2	0,4	1,3	0,0	0,0	0,1	0,0	91,7

Hormis la Forêt de Chinon qui est caractérisée par sa strate arborescente, le Jardin des Prébendes compte un pourcentage d'occupation au sol d'arbre majoritaire (59,5 %). Le Lac de la Bergeonnerie et le Jardin de Villandry comptent quant à eux un pourcentage d'occupation au sol d'herbe important (plus de 17 %), même si le premier se caractérise par une surface en eau majoritaire (près de 54 %) et le second par d'importantes surfaces minérales (38,4 %). Enfin, le Jardin Botanique, en plus d'un POS d'arbres assez important, est caractérisé par un grand nombre de fruitiers (15,9%).

Tableau 4 : Succès de piégeage et richesse spécifique des micromammifères par espace vert sur 2012-2013-2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Espace vert	Succès de piégeage (%)						Richesse spécifique	Succès de piégeage cumulé en %
	Mulot sylvestre	Campagnol roussâtre	Campagnol agreste	Musaraigne crocidure	Musaraigne sorex	Souris domestique		
Parc de la Préfecture	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	3,00	0,14
Jardin des Prébendes	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,13
Jardin Botanique	0,50	0,06	0,00	0,50	0,00	0,06	5,00	1,06
Lac de la Bergeonnerie	0,93	1,00	0,14	2,22	0,00	0,14	5,00	4,29
Jardin de Villandry	1,36	0,21	0,00	2,72	0,00	0,00	4,00	4,29
Forêt de Chinon	3,61	3,97	0,00	0,06	0,12	0,24	5,00	7,76

A noter, que pour les micromammifères, les hérissons et l'écureuil ne sont pas pris en compte dans les succès de piégeage, mais le sont dans la richesse spécifique. Comme évoqué précédemment, les succès de piégeage sont nettement plus importants en 2014 par rapport à 2012 et 2013. En prenant en compte les trois années cumulées, le succès de piégeage est logiquement le plus important dans les espaces verts suburbains, périurbains et ruraux où il varie entre 4,29 et 3,01. A l'inverse, il est compris entre 0,13 et 1,06 dans les sites urbains.

Tableau 5 : Abondance et richesse spécifique des oiseaux par espace vert en 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Espace vert	Abondance	Richesse spécifique
Parc de la Préfecture	3,75	7,00
Jardin des Prébendes	17,50	13,00
Jardin Botanique	32,17	14,00
Lac de la Bergeonnerie	26,50	9,00
Jardin de Villandry	10,83	11,00

Les oiseaux d'eau ne sont pas pris en compte dans l'abondance et la richesse spécifique. La richesse spécifique et l'abondance sont considérables pour l'ensemble des jardins, hormis pour la Jardin de la Préfecture qui ne présente que 7 espèces et une abondance inférieure à 5.

2. RELATION ENTRE LA SURFACE DES ESPACES ET LES DONNEES DE CAPTURE ET D'OBSERVATION

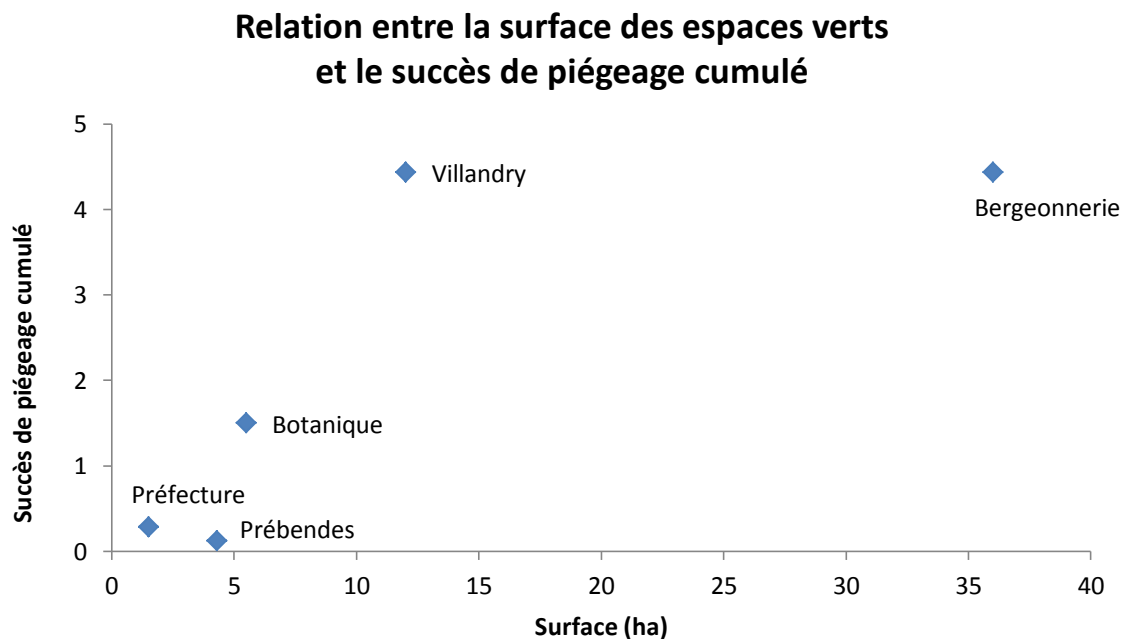


Figure 22 : Relation entre la surface des espaces verts et le succès de piégeage cumulé de micromammifères de 2012 à 2014 ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

L'analyse du succès de piégeage cumulé des micromammifères avec la surface des différents espaces verts permet d'observer que les deux plus petits parcs (superficie inférieure à 5ha), que sont le Jardin de la Préfecture et celui des Prébendes d'Oé possèdent un faible succès de piégeage. Le Jardin Botanique, de taille intermédiaire, c'est-à-dire comprise entre 5 et 10 ha, présente un succès de piégeage modéré (autour de 1,5%). Enfin, les parcs ayant une superficie supérieure à 10-12 ha tels que le Jardin de Villandry, le Lac de la Bergeonnerie ou la Forêt de Chinon possèdent un succès de piégeage conséquent (supérieur à 4%).

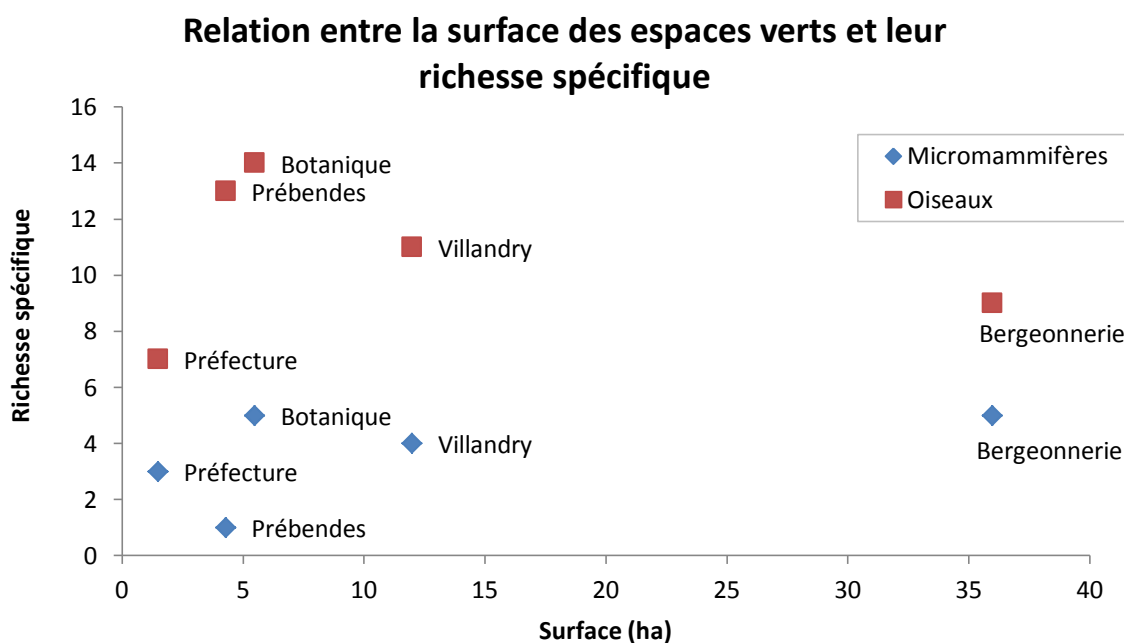


Figure 23 : Relation entre la surface des espaces verts et leurs richesse spécifique en micromammifères et oiseaux ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Que ce soit pour le modèle biologique des micromammifères ou celui des oiseaux, il est impossible de dégager une tendance générale quant à l'influence de la superficie sur la richesse spécifique en espèce.

Si l'on s'intéresse désormais aux données, non plus prises séparément entre les deux modèles biologiques, on constate une légère corrélation, hormis pour le Jardin des Prébendes d'Oé et le Lac de la Bergeonnerie, entre la richesse spécifique en oiseaux et en micromammifères en fonction du parc étudié. En effet, le Jardin Botanique est l'espace vert qui présente à la fois la plus forte richesse spécifique en oiseaux et en micromammifères. Il est même possible de constater une classification qui se répète pour la richesse spécifique des deux modèles biologiques : Jardin Botanique > Jardin de Villandry > Jardin de la Préfecture.

3. POURCENTAGES D'OCCUPATION AU SOL

a. Relation entre les caractéristiques des espaces verts et le succès de piégeage

A partir du cercle de corrélation issu de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) entre l'occupation au sol des espaces verts et le succès de piégeage des différentes espèces de micromammifères (figure 24), il ressort que :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 74,37% de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes principales d'exprimer une bonne corrélation des variables et de déduire les éléments qui suivent.
- L'axe des abscisses F1 peut représenter le type de couvert : de gauche à droite, le milieu va d'un espace ouvert (zone herbacée) à un espace fermé (zone arborée). En revanche, l'axe des ordonnées F2 n'exprime pas de tendance nette.
- La musaraigne crocidure et le campagnol agreste sont davantage liés à des espaces ouverts. En effet, les coefficients de corrélation entre la présence de la musaraigne crocidure et le POS d'herbe est de 0,810. Pour le campagnol agreste, le coefficient de corrélation entre sa présence et le POS de pelouse arborée est égal à 0,616.
- La musaraigne sorex, le mulot sylvestre, le campagnol roussâtre et la souris domestique sont quant à eux corrélés à des espaces fermés qui peuvent présenter des espèces végétales fruitières. Les coefficients de corrélation les plus importants parmi l'ensemble des variables sont ceux entre ces différentes espèces et le POS des fruitiers (0,986 pour la musaraigne sorex, 0,938 pour le campagnol roussâtre...).

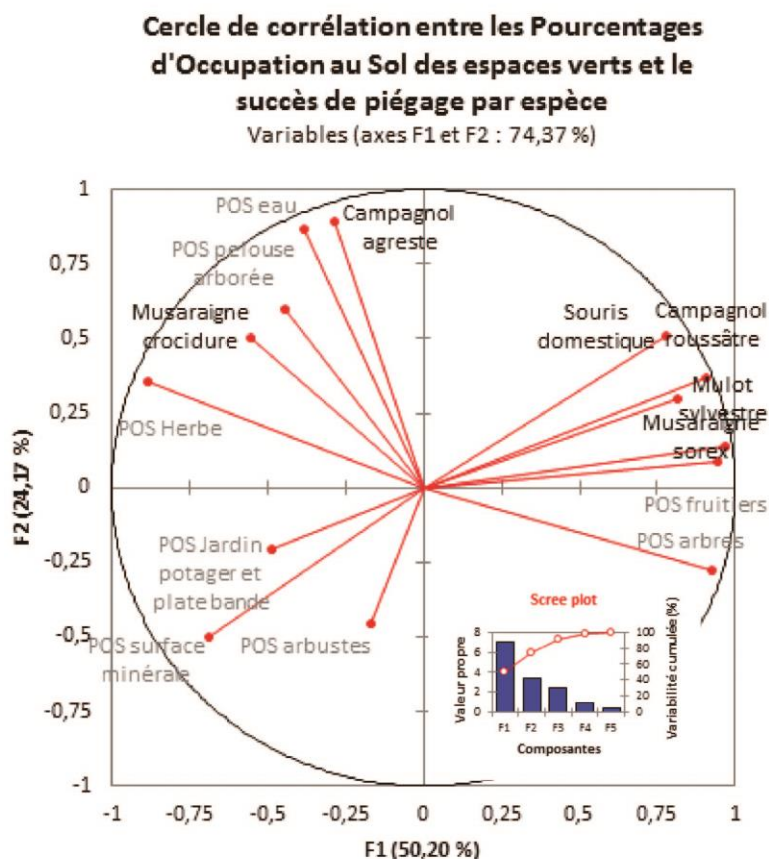


Figure 24 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le succès de piégeage (%) de micromammifères de 2012 à 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

A partir de cette ACP, il est également possible d'analyser la position des espaces verts en fonction des composantes principales (cf figure 25).

- Les différents espaces verts sont répartis selon un axe représentant l'ouverture ou non du parc, allant du plus ouvert à gauche au plus fermé à droite.
- La Forêt de Chinon se situe dans un espace totalement fermé.
- Le Jardin des Prébendes d'Oé, et de la Préfecture sont des espaces verts relativement fermés, caractérisés par des strates arborées et arbustives significatives.
- Enfin, le Jardin Botanique et de Villandry sont plus ouverts et comptent des jardins potagers, des plates-bandes et des fruitiers en nombre. Le Lac de la Bergeonnerie est également un espace ouvert par la présence de ces nombreuses pelouses arborées et son importante surface d'eau.

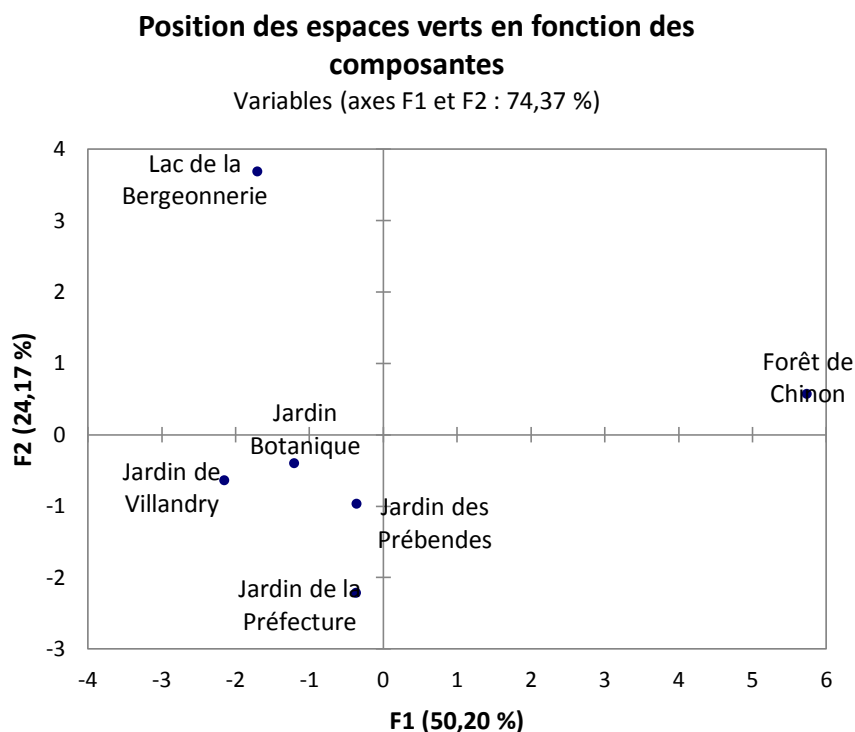


Figure 25 : Représentation de la position des différents espaces verts en fonction des succès de piégeage par espèce de micromammifères de 2012 à 2014 sur le plan factoriel ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

b. Relations entre les caractéristiques des espaces verts, la richesse spécifique et le succès de piégeage cumulé ou l'abondance

L'analyse du cercle de corrélation ayant pour espèce les micromammifères (figure 26) permet de voir que :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 67,66 % de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes principales d'exprimer une corrélation moyenne des variables et de déduire les éléments qui vont suivre.
- L'abscisse F1 représente le type de couvert avec une tendance allant d'un milieu fermé à un milieu ouvert (de la gauche vers la droite sur le cercle de corrélation). Cependant, l'ordonnée F2 est moins intuitive et ne permet pas d'exprimer une tendance précise.
- En premier lieu, il est possible de constater que le succès piégeage cumulé semble davantage lié aux espaces fermés qu'aux espaces ouverts. En effet, le coefficient de corrélation entre le succès de piégeage cumulé et le POS fruitiers est de 0,769 et 0,291 pour le POS arbre.
- Quant à la richesse spécifique, cette dernière est liée ni à l'ouverture ni à la fermeture des milieux car elle se trouve au milieu du cercle.
- A noter donc que le succès de piégeage cumulé semble opposé aux milieux ouverts. Cette tendance est notamment fortement liée à l'importance du nombre d'individus capturés dans la forêt de Chinon.

**Cercle de corrélation entre les Pourcentages
d'Occupation au Sol des espaces verts, le
succès de piégeage cumulé et la richesse
spécifique**

Variables (axes F1 et F2 : 67,66 %)

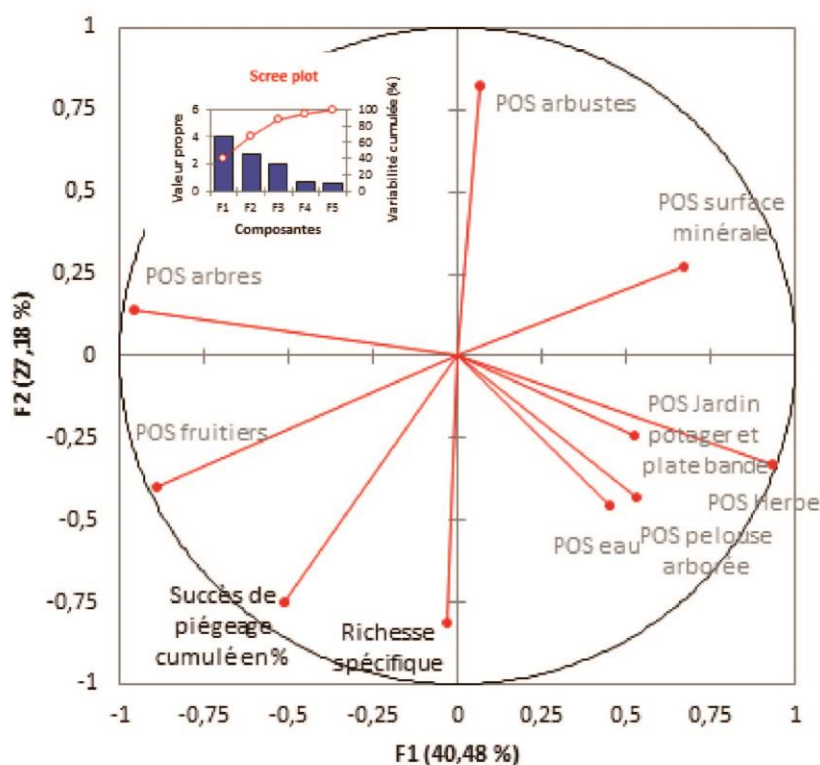


Figure 26 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%), la richesse spécifique et le succès de piégeage (%) de micromammifères de 2012 à 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

La lecture du cercle de corrélation ayant pour espèce les oiseaux (figure 27) permet de voir que :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 75,66% de la variabilité, ces deux composantes principales expriment donc la corrélation entre variables convenablement.
- L'axe F1, en abscisse, correspond à une variation du degré de fermeture du milieu. Ainsi, de gauche à droite, on peut lire une progression dans la fermeture du milieu.
- L'analyse des résultats semble démontrer qu'aucun lien ne peut véritablement être établi entre la richesse spécifique des oiseaux et la couverture végétale au sein des espaces verts de Tours étant donnée sa faible corrélation avec le facteur étudié.
- Au contraire, même si les résultats restent à nuancer, l'abondance d'oiseaux semble liée au degré d'ouverture ou fermeture d'un milieu. En effet, celle-ci est la plus importante lorsque le milieu est davantage ouvert, c'est-à-dire présente une hauteur de couverture végétale faible comme c'est le cas pour les zones herbacées et de pelouses.

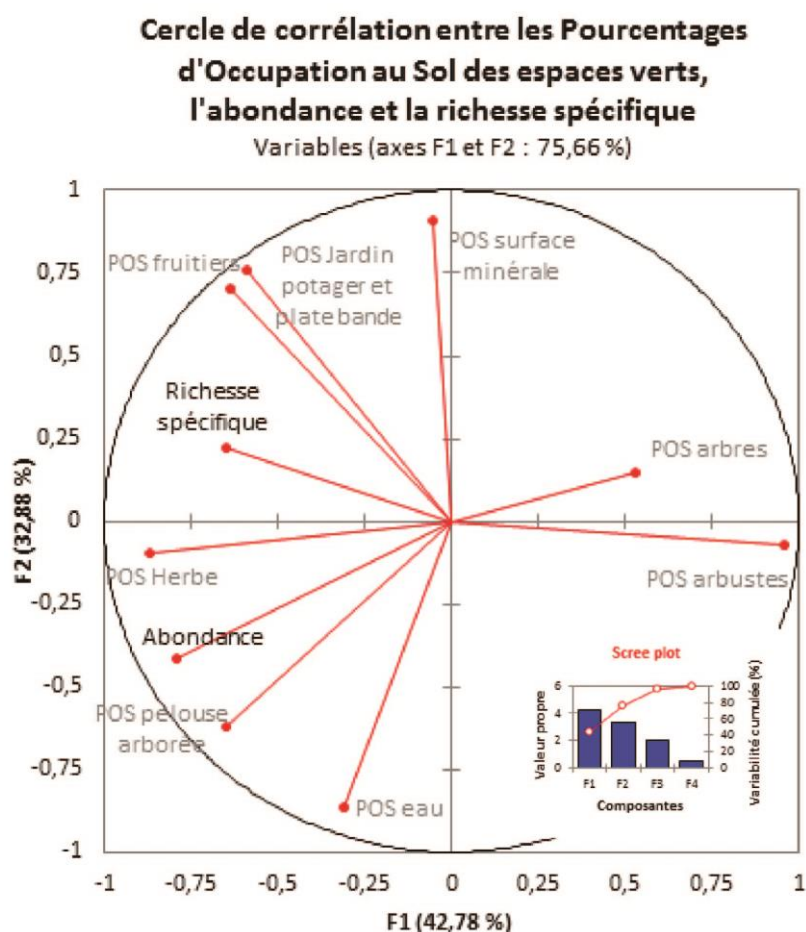


Figure 27 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%), la richesse spécifique et l'abondance d'oiseaux ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

c. Relation entre les caractéristiques des espaces verts et le régime alimentaire

L'analyse du cercle de corrélation pour les micromammifères (figure 28) permet de voir que :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 72,82% de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes principales d'exprimer une corrélation convenable entre variables.
- L'axe des abscisses F1 peut représenter le type de couvert : de gauche à droite, le milieu va d'un espace ouvert (zone herbacée) à un espace fermé (zone arborée). En revanche, l'axe des ordonnées F2 n'exprime pas de tendance nette.
- Les espèces herbivores et omnivores sont principalement corrélées à la présence de fruitiers dans l'espace vert, mais également d'arbres. En effet, les coefficients de corrélation entre ces deux régimes alimentaires et le POS de fruitiers sont de 0,940 et 0,958. Ils sont avec le POS d'arbres égaux à 0,693 et 0,629.
- Les insectivores, c'est-à-dire les musaraignes crocidures et sorex, sont corrélés à des espaces ouverts avec un coefficient de corrélation avec les zones herbacées (POS d'herbes) égal à 0,793.

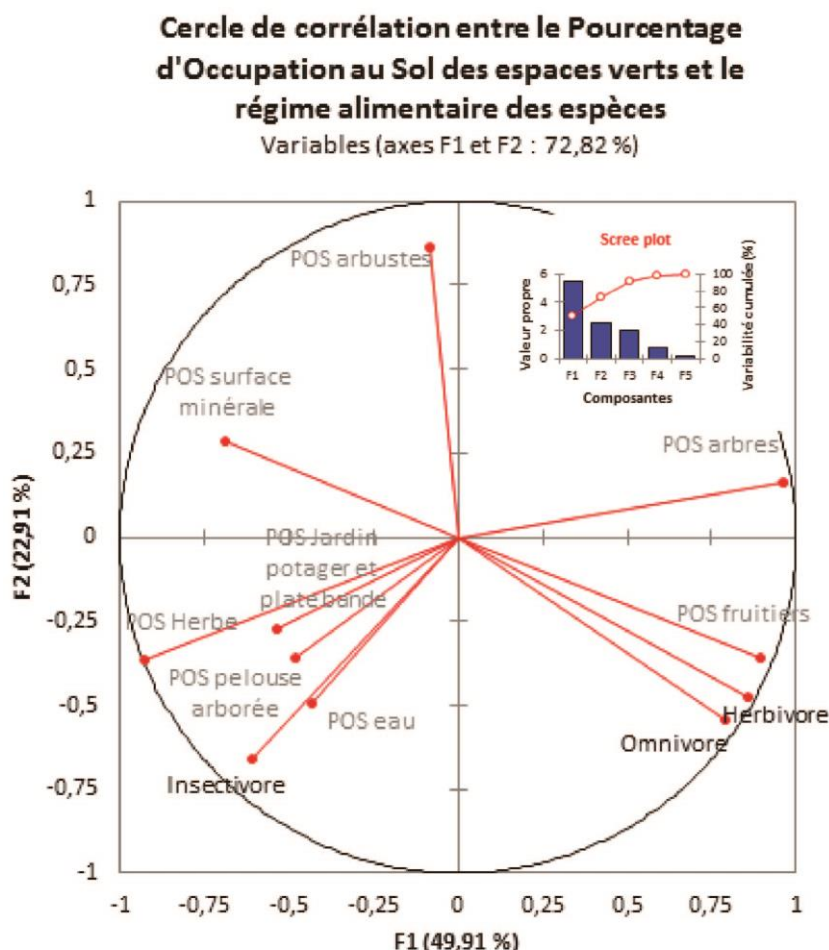


Figure 28 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le régime alimentaire des micromammifères de 2012 à 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le cercle de corrélation issu de l'ACP entre les POS des espaces verts et le régime alimentaires des oiseaux (figure 29) donne les résultats suivants :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 81,69% de la variabilité, exprimant ainsi une très bonne corrélation entre variables.
- L'axe F2 en ordonnée correspond à une variation du degré de fermeture du milieu. Ainsi, de gauche à droite, on peut lire une progression dans l'ouverture du milieu.
- L'analyse des résultats semble montrer une préférence des omnivores pour les milieux ouverts de type pelouse et une attraction plus forte des insectivores pour les milieux mixtes de type jardin potager, platebande, arbres fruitiers.

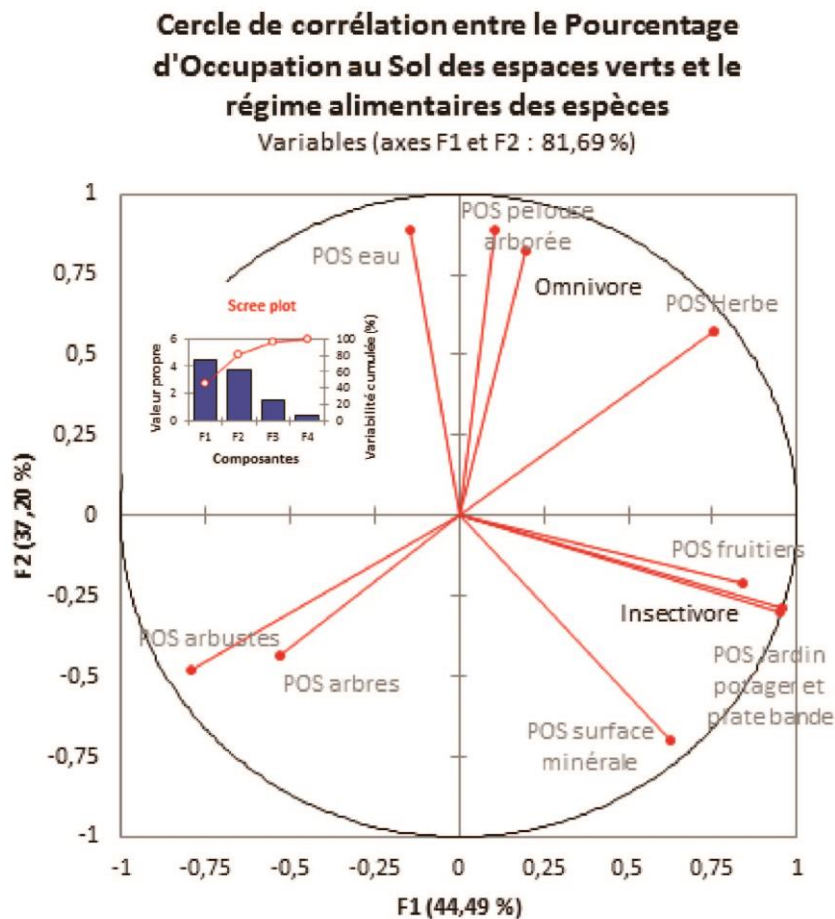


Figure 29 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le régime alimentaire des oiseaux ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

C. ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LES CARACTERISTIQUES EXTERNES DES ESPACES VERTS ET LES DONNEES DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

La structure du paysage urbain entourant les espaces verts, en considérant les différents corridors et les différents types de végétaux qui les composent, peut expliquer la présence ou non des micromammifères et oiseaux dans ces trames vertes.

1. RELATIONS ENTRE LA STRUCTURE DU PAYSAGE URBAIN AUTOUR DES ESPACES VERTS ET LES DONNEES DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

a. Données numériques relatives à la structure du paysage urbain et aux captures et observations

Le choix des espaces verts étudiés s'est fait suivant une logique de gradient urbain avec d'une part des espaces verts situés en milieu très urbanisé et d'autre part des espaces verts situés en zone plus rurale. Ce gradient d'urbanisation peut être mis en évidence grâce au pourcentage de couvert végétal entourant l'espace vert dans un buffer de 700 mètres (cf figure 30).

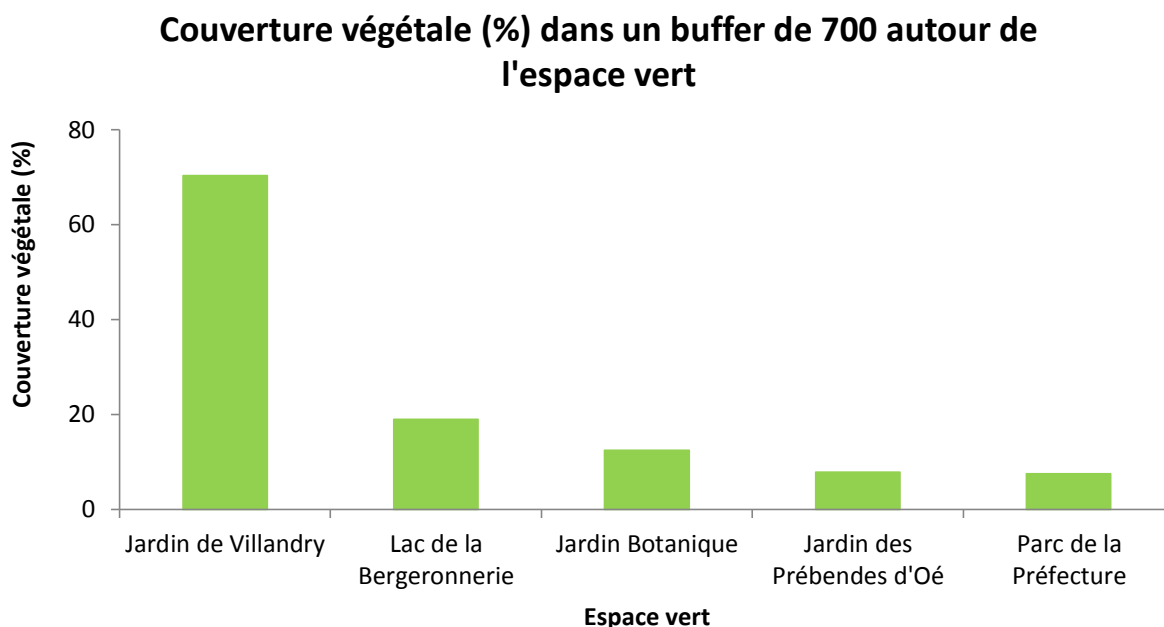


Figure 30 : Couverture végétale (%) dans un buffer de 700m autour de l'espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

b. Décomposition des relations entre le degré d'urbanisation et les données de captures et d'observations

➤ Relation avec le succès de piégeage par espèce

Le degré d'urbanisation est étudié à partir de l'analyse des relations entre la surface (m²) des différents types de couverts végétaux présents dans des buffers de 700, 350 et 100m du parc et le succès de piégeage des différentes espèces (figure 31).

Les valeurs propres F1 et F2 totalisent respectivement 96,03%, 96,37% et 96,65% de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes d'exprimer une très bonne corrélation entre variables.

L'analyse des cercles de corrélation permet de ressortir quelques conclusions, notamment sur l'adaptation des animaux face au degré d'urbanisation :

- La présence du mulot sylvestre est fortement corrélée à des milieux forestiers. Face au degré d'urbanisation, cette espèce favorise principalement les zones forestières comme milieu de vie. En effet, les coefficients de corrélation entre ce micromammifère et les forêts passent de 0,787 puis 0,791 et 0,929 lorsque les buffers sont de 100, 350 et 700m. A noter que la présence de mulot sylvestre est corrélée avec celle de musaraigne crocidure (coefficient égale à 0,979).
- Les présences de souris domestiques, de campagnols agrestes et roussâtres sont fortement corrélées entre elles (coefficient de corrélation compris entre 0,7 et 0,9). Leur présence est corrélée à des milieux tels les jardins privatifs ou ouvriers. Les coefficients de corrélation correspondants à ces espèces et ces milieux sont toujours supérieurs à 0,703. Face au degré d'urbanisation, les trois espèces ont tendance à favoriser ces milieux, par exemple pour la souris domestique, les coefficients de corrélation passent de 0,7 à 0,8 lorsque le buffer augmente. Pour finir, au contraire du mulot sylvestre, la présence de ces trois espèces n'est pas du tout corrélée avec les milieux à basse végétation dans les buffers de 700 et 350m, mais l'est fortement dans celui de 100m.

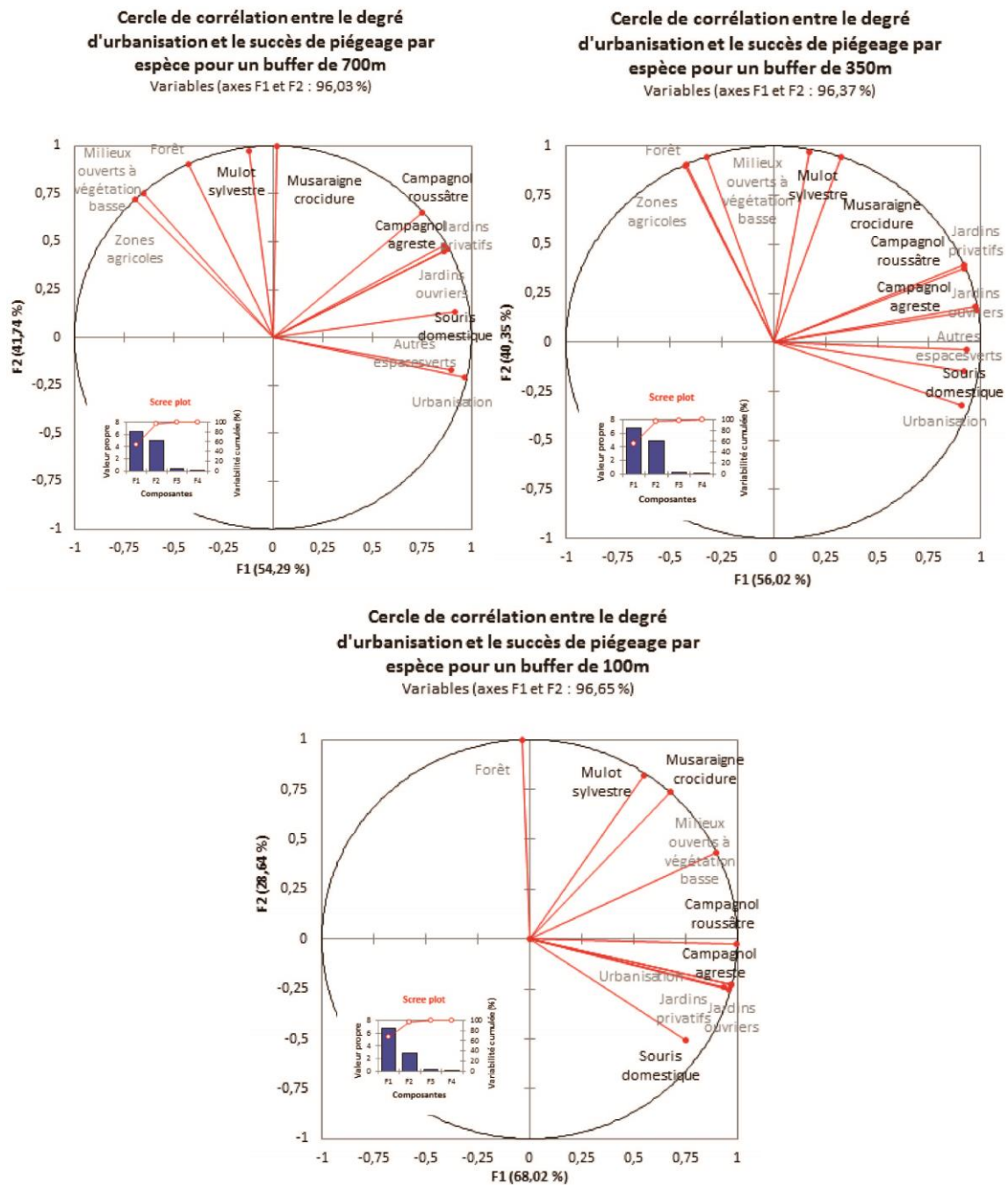


Figure 31 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m et le succès de piégeage par espèce de micromammifères ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

➤ ***Relation avec la richesse spécifique et le succès de piégeage cumulé***

Pour les micromammifères, l'analyse des trois cercles de corrélation (figure 32) permet de voir que :

- Les valeurs propres F1 et F2 des ACP totalisent entre 90,56 % et 92,01 de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes principales d'exprimer une très bonne corrélation des variables et de déduire les éléments qui suivent, et ce, en lien avec les buffers de 700 m, 350 m et 100 m.
- Selon l'axe F1, la tendance allant de gauche à droite montre les milieux du plus naturel au plus urbanisé pour les buffers 700 m et 350 m. Cependant, pour le buffer 100 m, c'est l'axe F2 qui montre une tendance allant de haut en bas donc allant des milieux les plus naturels aux plus urbanisés.
- Pour un buffer de 350 ou 700 m, le succès de piégeage cumulé est davantage corrélé à des milieux plutôt naturels qu'urbains. Ainsi, plus le milieu sera naturel, plus le succès de piégeage cumulé sera important.

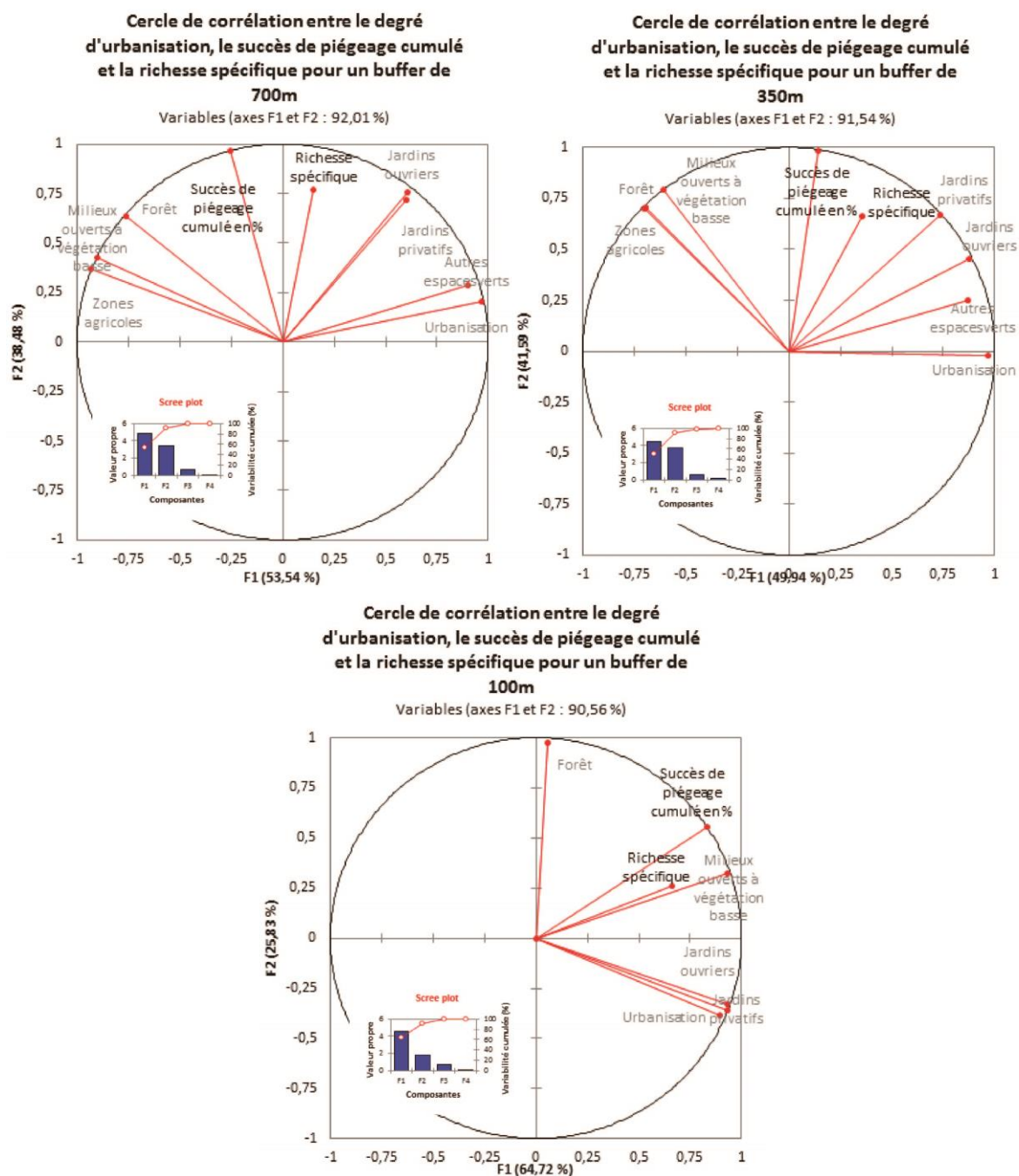


Figure 32 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m, le succès de piégeage cumulé et la richesse spécifique de micromammifères ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

L'analyse des cercles de corrélation pour les oiseaux (figure 33) amène à plusieurs conclusions :

- Les valeurs propres F1 et F3 totalisent respectivement 73,58%, 71,53%, et 73,41% de la variabilité, ce qui permet à ces deux composantes d'exprimer une corrélation convenable entre variables.
- A la lecture des ACP correspondant au buffer 700 et 350m, l'axe F1, en abscisse, correspond à une variation du degré d'urbanisation du milieu. Ainsi, de gauche à droite, on peut lire une augmentation du degré d'urbanisation. Au contraire, il n'est pas possible de ressortir un axe d'orientation du degré d'urbanisation pour l'ACP présentant le buffer de 100m. Ainsi, il n'est pas possible d'interpréter cette dernière.
- Avec un buffer de 700m, la richesse spécifique ne semble pas liée au degré d'urbanisation. L'abondance d'oiseaux semble légèrement corrélée à ce degré d'urbanisation se traduisant par une abondance plus importante lorsque le milieu est davantage urbanisé.
- Avec un buffer de 350m, on retrouve des résultats semblables pour l'abondance d'oiseaux, même si ces derniers sont un peu plus accentués (ex : 0,652 contre 0,609 de corrélation entre l'abondance et l'urbanisation). Il est aussi possible d'observer désormais une relative corrélation entre le degré d'urbanisation et la richesse spécifique en espèce d'oiseaux dans le sens d'une plus forte importance de cette dernière lorsque le milieu est moins urbanisé.

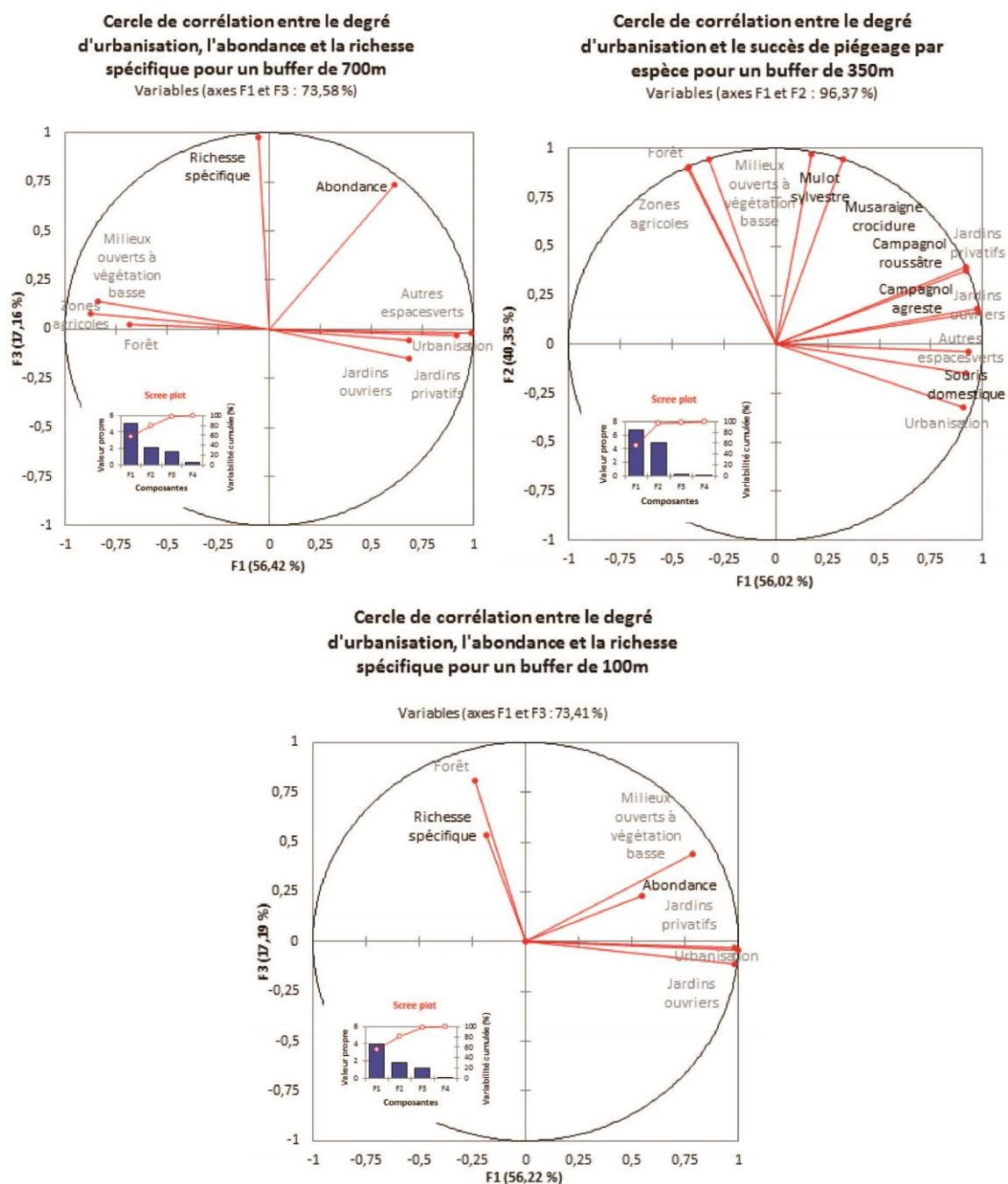


Figure 33 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m, l'abondance et la richesse spécifique d'oiseaux ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le cercle de corrélation issu de l'ACP entre le degré d'urbanisation dans un buffer de 700m et les différentes espèces d'oiseaux (figure 35) donne les résultats suivants :

- Les valeurs propres F1 et F2 totalisent 73,50% de la variabilité, exprimant ainsi une bonne corrélation entre variables.
- Il est difficile de déterminer une tendance nette des deux axes.
- L'analyse des résultats semble montrer qu'il existe une différence de réponse au degré d'urbanisation entre chacune des espèces d'oiseaux recensées. Certaines privilégient les milieux fortement urbanisés (ex : Pie bavarde) alors que d'autres favorisent les milieux plus « naturels » (ex : le Verdier d'Europe).

Ces différentes classes sont présentées par la figure suivante :

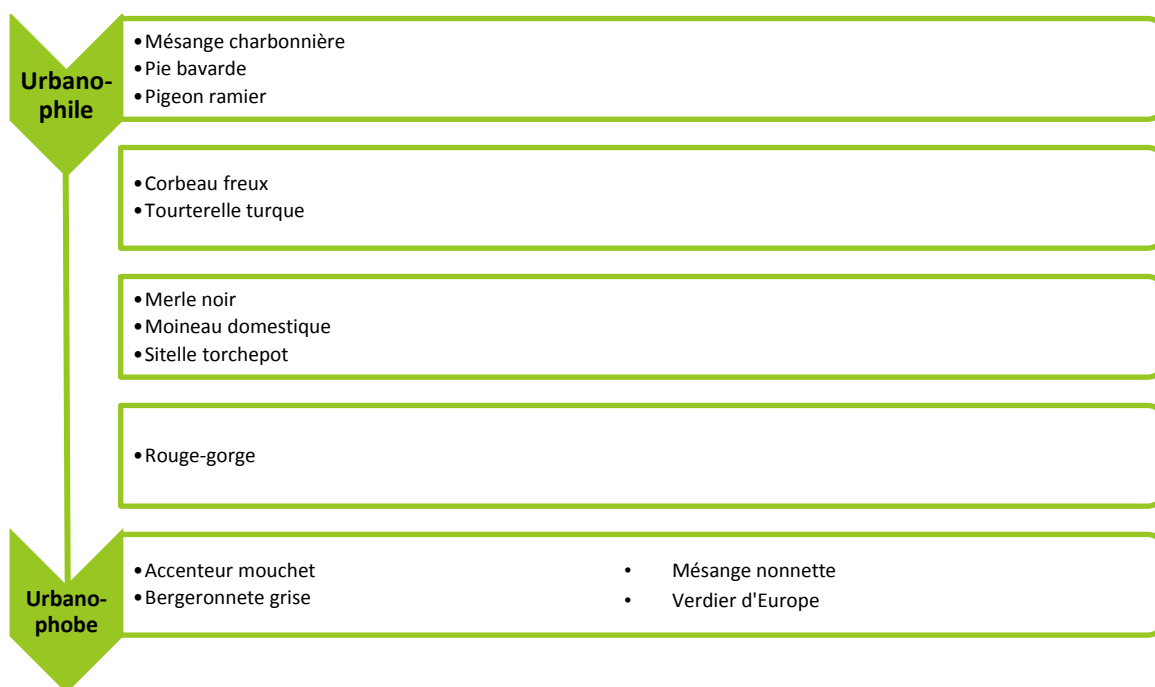


Figure 34 : Classification des espèces d'oiseaux observées selon leur adaptation au degré d'urbanisation ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

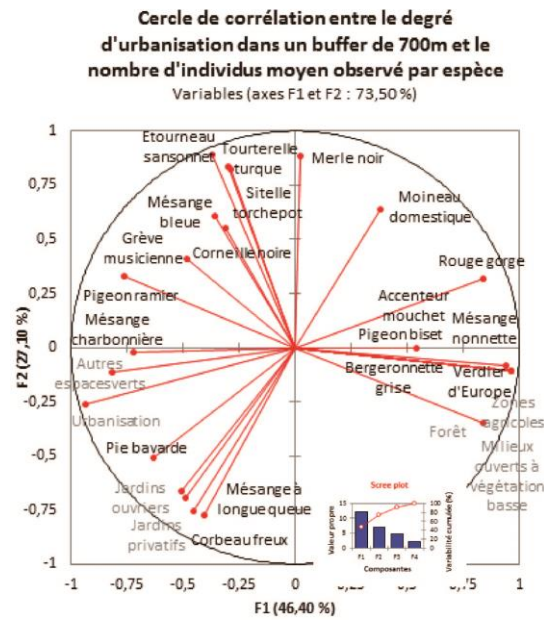


Figure 35 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans un buffer de 700m et les différentes espèces d'oiseaux ;
Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

2. ANALYSE DE LA CONNECTIVITE DES ESPACES VERTS SUR LA REPARTITION DES MICROMAMMIFERES ET OISEAUX

Lors de la première année de recherche, les deux étudiants (Nouk REMOND et Raphaël ROUSSILLE) ont essayé de connaître et comprendre l'importance des corridors existants entre les différents espaces verts étudiés du centre-ville de Tours (Jardin Botanique, Jardin de la Préfecture et Jardin des Prébendes d'Oé). Nous avons décidé de reprendre cette démarche afin, d'une part d'affirmer ou non les différentes conclusions tirées à l'époque, et d'autre part de tenter de l'appliquer au nouveau modèle biologique étudié que sont les oiseaux.

Malgré une mutation perpétuelle des centres urbains tels que celui de Tours, la structure des corridors écologiques connectés à nos trois espaces a très peu évolué ce qui n'entraîne aucune modification majeure des données initiales. Ainsi, nous avons cherché au contraire l'influence du rôle joué par ces corridors sur la présence de micromammifères et des oiseaux grâce à ces mêmes données initiales couplées aux données expérimentales des trois années.

La cartographie ci-dessous rappelle le nombre et la localisation des différents corridors identifiés. Chacun d'eux fait la jonction entre un ou deux espaces verts étudiés et est susceptible de permettre ou de faciliter le déplacement de populations de micromammifères ou d'oiseaux.



Structure des corridors écologiques connectés aux espaces verts au sein de la ville de Tours.



Réalisation : Nouk Remond & Raphaël Roussille
Source : IGN BD ORTHO®, ATU

a. Caractéristiques des corridors biologiques identifiés

De nombreuses caractéristiques sur la composition de ces différents espaces verts ont été étudiées. Parmi elles, le nombre et la surface des patchs cumulés composant chacun des corridors, qui sont au nombre de 9, sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ces deux composantes nous apparaissent comme étant les principales données caractérisant chacun des corridors, c'est pourquoi ce sont ces critères qui ont été retenus pour répondre à notre hypothèse.

Tableau 6 : Caractéristiques des corridors ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSILLE

Corridors N°	Surface des patchs cumulée (m²)	Nombre de patchs
1	75 271	47
2	42603	38
3	12 883	10
4	15 977	9
5	347	1
6	14 692	10
7	15 511	14
8	51 055	8
9	37 222	12

Pour juger de l'influence ou non de ces corridors sur la répartition de nos deux modèles biologiques, le succès de piégeage cumulé ainsi que la richesse spécifique des trois années de recherche sont donc étudiés en fonction des deux critères, rapportés à chaque espace vert étudié et présents dans le tableau ci-dessous, retenus précédemment.

Tableau 7 : Caractéristiques des corridors par espace verts ; Réalisation : BOYER, REMOND, ROUSILLE

Jardins	Surface des patchs cumulée	Nombre de patchs
Botanique	206 152	105
Prébendes	146 270	109
Préfecture	46 530	34

b. Relations entre les caractéristiques des corridors et les captures de micromammifères et les observations d'oiseaux

Les deux modèles biologiques sont étudiés séparément.

- Pour les micromammifères :

➤ Surface des patches cumulés

Succès de piégeage cumulé en % en fonction de la surface des patches cumulée

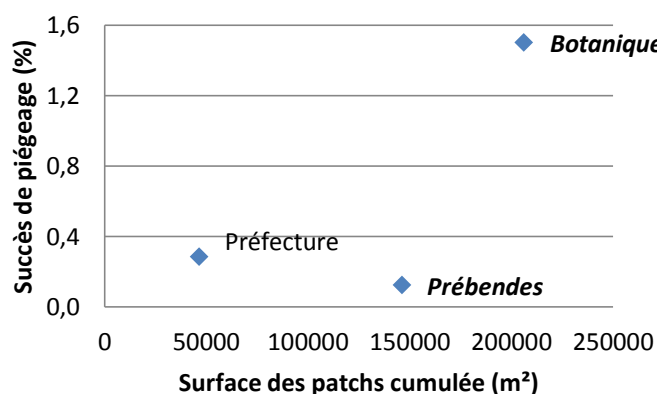


Figure 36 : Succès de piégeage de micromammifères en fonction de la surface de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Richesse spécifique de micromammifères en fonction de la surface des patches cumulée

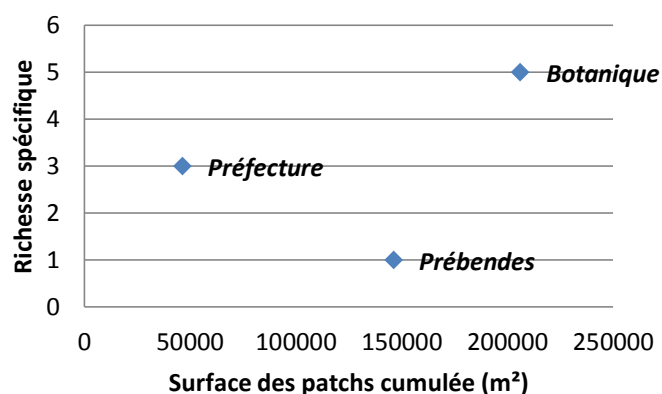


Figure 37 : Richesse spécifique de micromammifères en fonction de la surface de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le graphique de gauche ci-dessus montre que, globalement, plus la surface de patches cumulée est grande et plus le succès de piégeage de micromammifères est important. Cependant le nombre d'individus n'augmente pas linéairement en fonction de la surface de patches cumulé mais à priori à partir d'une certaine surface seuil (> 15 ha).

Etant donné la présence de hérissons au Jardin Botanique et d'écureuils au Jardin de la Préfecture, qui augmentent la richesse spécifique de ces deux parcs, il ne semble pas exister de corrélation entre la surface de patches cumulée et la richesse spécifique d'espèces de micromammifères.

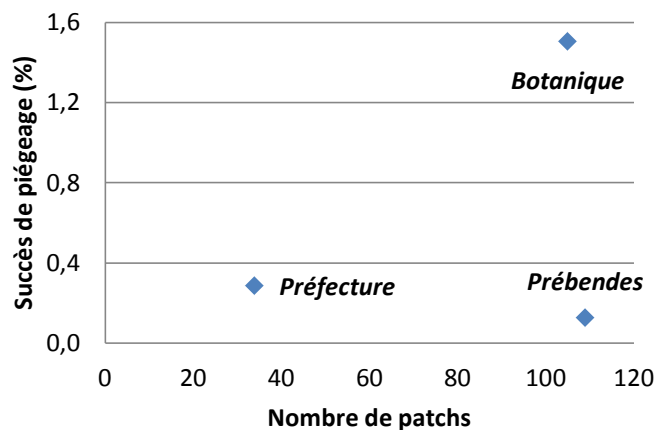
➤ Nombre de patches**Succès de piégeage cumulé en % en fonction du nombre de patches**

Figure 38 : Succès de piégeage de micromammifères en fonction du nombre de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

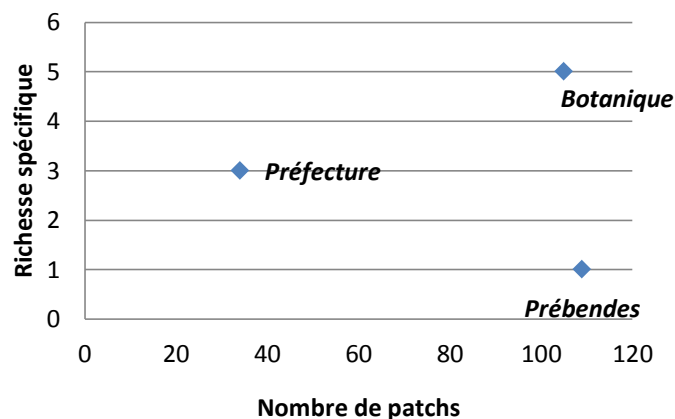
Richesse spécifique de micromammifères en fonction du nombre de patches

Figure 39 : Richesse spécifique de micromammifères en fonction du nombre de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Le nombre de patches constituant un corridor biologique ne semble ni être corrélé au succès de piégeage ni même à la richesse spécifique de micromammifères.

- Pour les oiseaux :

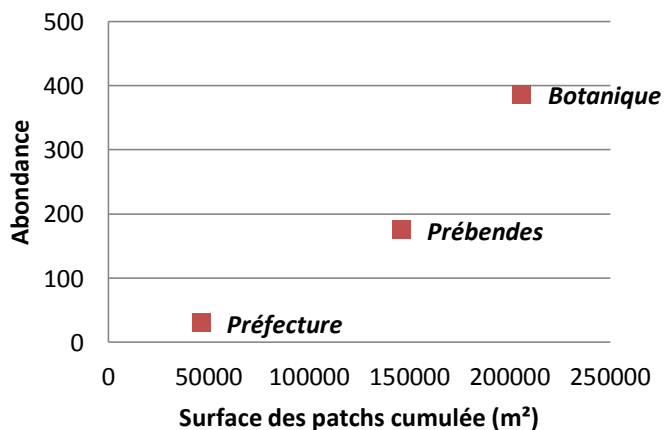
➤ Surface des patches cumulée**Abondance d'oiseaux en fonction de la surface des patches cumulée**

Figure 40 : Abondance d'oiseaux en fonction de la surface de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

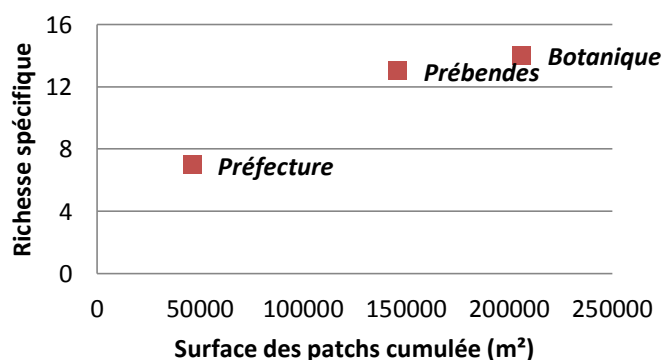
Richesse spécifique d'espèces d'oiseaux en fonction de la surface des patches cumulée

Figure 41 : Richesse spécifique d'oiseaux en fonction de la surface de patches cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Pour les oiseaux, l'analyse de la surface des patches cumulés avec l'abondance des oiseaux montre que plus la surface de patches cumulée est grande et plus l'abondance d'oiseaux est importante. De même, plus la surface de patches cumulée est grande et plus le nombre d'espèces d'oiseaux est important.

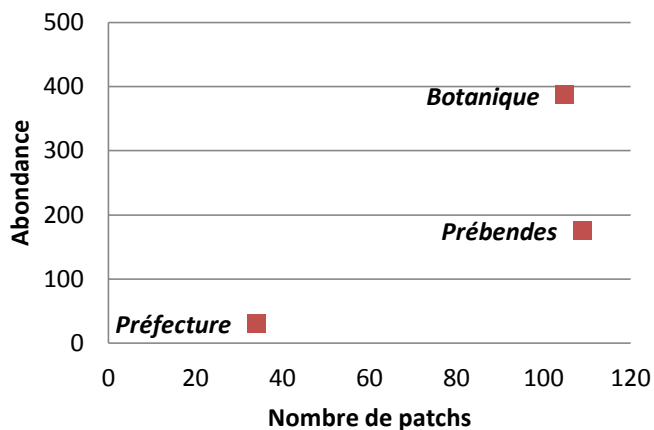
➤ **Nombre de patchs****Abondance d'oiseaux en fonction du nombre de patchs**

Figure 42 : Abondance d'oiseaux en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

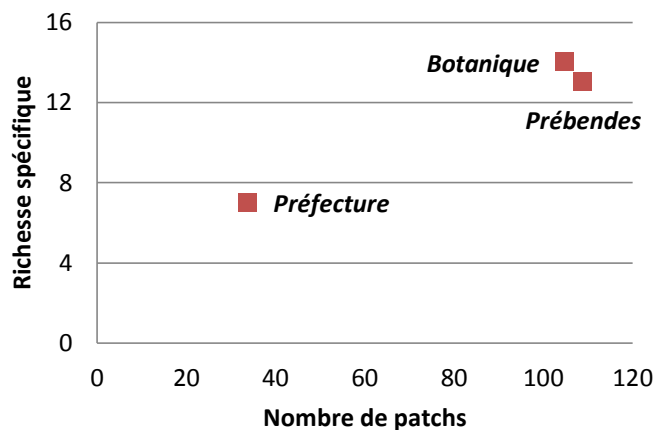
Richesse spécifique d'espèces d'oiseaux en fonction du nombre de patchs

Figure 43 : Richesse spécifique d'oiseaux en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

En revanche, il ne semble pas avoir de corrélation entre le nombre de patchs cumulée et l'abondance d'oiseaux.

Cependant, de même qu'avec la surface des patchs cumulés, il existe une corrélation positive avec la richesse spécifique d'espèces d'oiseaux. En effet, il semblerait que, globalement, une augmentation du nombre de patchs implique une augmentation du nombre d'espèces d'oiseaux.

DISCUSSION

A. UN SUCCES DE PIEGEAGE ET UNE RICHESSE SPECIFIQUE RELATIVEMENT ELEVES

1. UN SUCCES DE PIEGEAGE EN HAUSSE

Les résultats de la campagne de piégeage en 2014 sont beaucoup plus importants que ceux de 2013 et 2012. En effet, 190 individus ont été capturés, contre 63 et 49 en 2013 et 2012. Cependant, le nombre de nuits-pièges a été cette année légèrement plus important qu'en 2013 et bien plus conséquent qu'en 2012 (3600 en 2014, 3591 en 2013 et 1835 en 2012). Le succès de piégeage obtenu en 2014 est bien plus important que les deux années précédentes, et s'élève à 5,11%. Les campagnes de piégeage menées en 2013 et en 2012 ont respectivement un succès de piégeage de 1,45% et 2,67%.

Sur les trois années, ce succès de piégeage s'élève donc à 3,16%. A titre de comparaison, les campagnes de piépages de G. DUPUY, B. GROSBETY et P.A. DEJAIFVE réalisées entre 1998 et 2003 dans la réserve Naturelle Nationale du Val d'Allier ont donné un succès de piégeage moyen de 6,7% par cage. De même, les campagnes de piégeage de S. CROCI, P. CLERGEAU et A. BUTET, réalisées en 2004 et 2005 à Rennes, ont donné un succès de piégeage moyen de 7% par cage.

Enfin, le succès de piégeage dans un milieu ne présentant pas d'urbanisation est relativement élevé : celui de la forêt de Chinon atteint 8,01% pour les trois années consécutives. Cette importante valeur est due aux piépages réalisés en 2014. En effet, pour les années 2012 et 2013, le succès de piégeage n'était que de 3,57% alors que celui de l'année 2014 est de 16,83%. Cet important succès de piégeage confirme que ce milieu offre de bonnes conditions d'habitat pour les communautés de micromammifères (présence de ressources trophiques, peu de fréquentation, continuité écologique entre les zones d'habitat des populations...).

Différentes hypothèses peuvent expliquer les faibles résultats obtenus en 2012 et 2013 et leur amélioration en 2014 :

- Tout d'abord, les conditions climatiques de l'agglomération tourangelles ont été particulières durant ces trois dernières années. Concernant l'année 2012, la température minimale du mois de février a été, selon Météo France, plus froide que la moyenne des 60 dernières années, avec une température moyenne inférieure de 3,8°C à la normale saisonnière en France. En revanche, le mois d'août a été particulièrement sec et chaud, avec plus de 80% de déficits en précipitations. En outre, la température sur l'ensemble du pays et du mois a été supérieure de 1,3 °C à la normale de ce mois sur 60 ans. La fin de l'année 2012 ainsi que la première moitié de l'année 2013 ont connu d'intenses événements pluvieux. Avec une augmentation de près de 15% de la pluviométrie par rapport à la normale sur l'ensemble du territoire français, le cumul moyen annuel de précipitations est ainsi déjà atteint au 1^{er} novembre 2013 en région Centre selon Météo France. En revanche, l'année 2014 a connu une température supérieure à la normale saisonnière en France pour les mois de Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre. Les hauteurs mensuelles ont également été moins importantes pour les mois de Septembre, Octobre et Novembre qu'en 2013. Ainsi, les intenses précipitations en 2012 et 2013 ont pu avoir un effet négatif sur la richesse biologique des espaces verts et zones naturelles étudiées puisqu'elles se sont étendues sur une longue période.

Les articles scientifiques traitant de la valence écologique des micromammifères ne prennent pas en compte l'influence de conditions climatiques particulières sur les populations (2). Cependant, la reproduction du mulot sylvestre, des campagnols roussâtre et agreste se déroule principalement entre Février et Juin ou entre Août et Novembre, une baisse nette des températures ou une forte hausse des précipitations durant ces périodes peut ainsi compromettre leur reproduction (18).

- Les faibles valeurs de succès de piégeage obtenues sur les trois années consécutives peuvent également s'expliquer par des conditions météorologiques particulièrement chaudes lors du commencement de la campagne de piégeage. En effet, pour l'année 2014, les premières semaines de piégeage présentaient une température minimale moyenne comprise entre 10 et 13°C. Cette température a ensuite diminué pour la deuxième session de piégeage (comprise entre 4 et 9°C). Or d'après la figure 44, le succès de piégeage a augmenté entre ces deux semaines. Ces observations confirment bien que les micromammifères ont plutôt tendance à s'activer dans leur recherche de nourriture à des périodes où la température commence à décroître. Ces constats ont également été observés lors des campagnes de piégeages en 2012 et 2013.

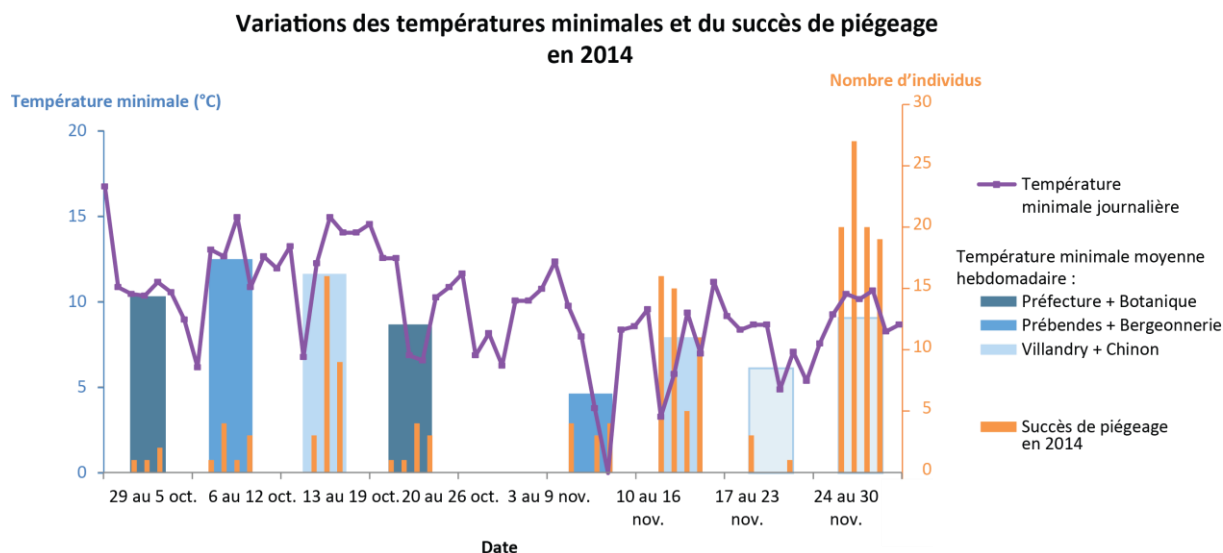


Figure 44 : Variations des températures et du succès de piégeages durant la campagne de piégeage de 2014 ; Réalisation : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH

Avec un succès de piégeage en hausse, l'espèce la plus capturée en 2014 reste le mulot sylvestre. 67 individus ont été capturés dans l'ensemble des espaces verts hormis pour le jardin des Prébendes d'Oé, ce qui renforce les résultats des campagnes de piégeages de micromammifères réalisées par CLERGEAU & coll. Ou encore BOYER, REMOND et ROUSSILLE en 2012 et KLINGELSCHMIDT, KNOEPFFLER et SENE en 2013. Cette espèce est retrouvée tout le long du gradient d'urbanisation, ce qui confirme que c'est une espèce ubiquiste (19).

2. UN TAUX DE RECAPTURE PEU INTERPRETABLE

Plus le taux de succès de piégeage est important et plus la fiabilité des conclusions apportées sur les données de la recapture est grande.

Par exemple, le pourcentage élevé de recapture au Jardin des Prébendes d'Oé est difficilement exploitable étant donné que son succès de piégeage n'est seulement que de 0,1%. Ainsi, le pourcentage élevé de recapture de cet espace vert corrélé à la seule capture de mulot sylvestre n'implique pas nécessairement une faible taille de population de cette espèce dans ce parc.

En suivant le même raisonnement, le pourcentage de recapture de 19,6% au Jardin de Villandry semble plus fiable, étant donné un succès de piégeage plus conséquent (4,4%) et un nombre de recapture plus important (12), pour tirer de réelles conclusions quant à la taille des populations. Etant donné que 100% des recaptures réalisées au sein de cet espace sont des mulots sylvestres, il semble possible de tirer des conclusions sur la taille de cette population sur cet espace. Le Lac de la Bergeonnerie présente une situation similaire mais cette fois avec la musaraigne crocidure.

Pour Chinon, le taux de recapture important (12,7%) ne s'interprète pas aussi facilement car il se partage entre deux espèces (mulot sylvestre et campagnol roussâtre). Le faible nombre de recaptures pour le campagnol roussâtre risque de diminuer la fiabilité des conclusions tirées sur la taille de la population de cette espèce.

D'après la bibliographie, il est impossible d'évaluer la taille de ces populations d'après notre méthode d'expérimentation pour deux raisons.

La première raison est qu'il n'est pas possible de poursuivre la méthode capture recapture d'une année sur l'autre étant donné que, d'une part, le marquage a disparu et, d'autre part, la population a fortement été renouvelée, l'espérance de vie des espèces étant faible.

On pourrait donc évaluer la taille des populations par année et estimer l'évolution de celle-ci au cours des trois années. Cependant, il a été indiqué lors des deux années précédentes, uniquement le nombre total de recaptures par espèce et par parc mais pas le jour exact des recaptures. En effet, pour le calcul de cette population, le nombre de captures initial au premier jour est nécessaire.

Une estimation de la taille des populations pourrait donc être mise en place uniquement à partir des recaptures de la dernière année, ce qui augmenterait, tout de même, assez fortement l'incertitude. Il est possible de réaliser ce calcul à partir de l'aide de logiciels tels que Removal Sampling 2 ou Mark.

3. RICHESSE SPECIFIQUE

- Pour les micromammifères :

Pour l'année 2014, 5 espèces ont été piégées sur l'ensemble des campagnes de piégeages pour les 6 sites étudiés. Trois d'entre elles l'ont été de façon très significative. Il s'agit des espèces : *Apodemus sylvaticus*, *Clethrionomys glareolus* et *Crocidura leucodon*. Les espèces *Mus musculus* et *Erinaceus europaeus* ont été très peu capturées (respectivement 8 et 3 individus) mais contribuent à cette richesse spécifique.

La richesse spécifique des campagnes précédentes s'élevait à 5 en 2012 et 6 en 2013. Elles ont cependant capturé différentes espèces, notamment *Microtus agrestis* (2 individus capturés en 2012), *Sorex sp* (2 individus capturés en 2013) et *Sciurus vulgaris* (1 individu capturé en 2013). Au total, la richesse spécifique de l'ensemble des piégeages menés sur l'agglomération tourangelles au cours de ces trois années s'élève donc à 8.

A titre de comparaison, les campagnes de piégeage de S. CROCI, P. CLERGEAU et A. BUTET, réalisées en 2004 et 2005 à Rennes et à Angers, ont permis de capturer 4 espèces différentes (à Rennes : mulot sylvestre, campagnol roussâtre, musaraigne crocidure, et musaraigne sores ; Angers : mulot sylvestre, campagnol roussâtre, campagnol agreste et musaraigne crocidure).

La richesse spécifique de nos campagnes de piégeage se révèle donc largement plus élevée que dans d'autres études du même type, et semble indiquer que si l'abondance de micromammifères dans l'agglomération tourangelles est faible, sa diversité en termes d'espèces est quant à elle relativement élevée.

- Pour les oiseaux :

Pour les oiseaux, il a été observé au total 1 411 individus de 26 espèces différentes sur l'ensemble des espaces verts, dont 7 espèces avifaunes aquatiques. Pour une très grande majorité de ces espèces, un seul individu a été observé (8 espèces) sur l'ensemble des parcs, entre 1 et 5 individus ont été observés pour 10 espèces. Enfin 8 espèces ont été observées de manière plus abondante (au minimum 10 individus).

Cette richesse spécifique est assez faible si on la compare à d'autres études d'observation d'oiseaux en fonction d'un degré d'urbanisation. En effet, l'étude menée par P. I. GARAFFA, J. FILLOY, M.I. BELLOCQ en 2007 leur a permis d'observer 2 564 individus d'oiseaux de 52 espèces différentes.

B. INFLUENCE DE L'OUVERTURE DU MILIEU ET DES RESSOURCES TROPHIQUES

1. SUPERFICIE DES ESPACES VERTS

Chacun des micromammifères recensés au sein de cette étude possède une surface minimale vitale qui lui est propre (voir annexe 3). Celle-ci joue donc un rôle important dans leur répartition au sein des différents milieux de vie. La superficie des espaces verts étudiés respecte cette surface minimale vitale de chacune des espèces même si pour certains parcs comme le jardin de la Préfecture (1,5 ha), sa superficie reste très limitée. Etant donné que cet espace de vie minimal est conservé, on peut s'attendre à observer chacune des espèces au sein des parcs et jardins, ce qui explique en partie l'absence de corrélation entre la richesse spécifique et la taille des espaces verts. On note toutefois que cette richesse spécifique n'est pas équivalente dans chacun des parcs et jardins, cela peut s'expliquer par d'autres facteurs comme la structure interne du parc, leurs liens avec des corridors écologiques ou encore leur degré d'urbanisation. Ainsi, on ne retrouve pas les mêmes conclusions que le travail de Jokimaki réalisé dans la ville d'Oulu en Finlande du Nord selon lequel, plus un parc est grand est plus la richesse spécifique en espèces (micromammifères) est grande

Bien qu'ils aient l'opportunité de résider dans chacun des espaces verts étudiés, puisque la superficie leur permet, les micromammifères semblent tout de même privilégier les milieux à grande superficie. Ainsi, plus un espace vert est de taille conséquente et plus la proportion de micromammifères est grande. La pression plus forte des prédateurs au sein d'un espace de plus petite taille peut-être une des explications à ce phénomène. D'autant plus que le chat, l'un des principaux prédateurs des micromammifères, est très présent dans les espaces les plus urbanisés du centre-ville où la taille des parcs et jardins est la plus réduite. De plus, une seconde explication peut être apportée par le CERTU qui a démontré que le seuil de superficie pour qu'un espace vert puisse être un bon habitat pour des populations de micromammifères est de 5 ha. La perte de ressources alimentaires avec la notion de compétition entre espèces est encore une autre possible explication. Cette notion rejoint l'idée que plus un espace est de petite taille et moins il répond aux exigences dont ont besoin les oiseaux (20) mais aussi les micromammifères. Cependant, on trouve tout de même des populations faunistiques au sein de ces petits espaces, certains y trouvent tout de même un milieu favorable. Par exemple, certaines espèces d'oiseaux se retrouvent à l'abri de compétiteurs ou de prédateurs dans ces espaces réduits.

Cela permet d'expliquer notamment l'observation d'un seuil (5 ha) entre le jardin de la Préfecture et des Prébendes par rapport au jardin Botanique.

Cependant, étant donné que chacun des espaces verts étudiés est très différent, d'autres liens directs ou non peuvent jouer un rôle et expliquer ce phénomène.

De même que pour les micromammifères, la superficie d'un espace vert ne semble pas influencer de façon directe la richesse spécifique du modèle biologique des oiseaux. Néanmoins, il pourrait exister une corrélation entre la richesse spécifique de nos deux modèles biologiques dans le sens où plus la richesse spécifique en oiseau est importante plus la richesse spécifique en micromammifères est importante et/ou inversement. Néanmoins, cette corrélation ne se vérifie pas pour tous les parcs donc est à nuancer. De même, cette tendance peut-être également liée à un ou plusieurs autres facteurs non pris en compte ici, étant donné

qu'aucune information sur une possible relation entre les deux modèles n'a été trouvée au sein de la bibliographie.

2. OCCUPATION AU SOL

A partir des ACP (Analyses en Composantes Principales) mettant en relation les captures ou observations réalisées et les différentes caractéristiques morphologiques des espaces verts étudiés, différents constats sont révélés sur l'orientation des espèces à un milieu particulier (ouvert, fermé...).

Tout d'abord, les campagnols agrestes et musaraignes crocidures sont plus présents dans des espaces verts composés majoritairement de zones herbacées. Ces corrélations semblent être en accord avec ce que l'on connaît des modes de vie et des habitats de ces micromammifères (REDEKER, & coll., 2006, Innes and Millar 1994). Le campagnol roussâtre et la souris domestique sont quant à eux corrélés à des espaces davantage fermés. Le mulot sylvestre est légèrement moins corrélé aux zones forestières que les deux autres espèces. Cette diminution de la corrélation au milieu fermé est due au caractère ubiquiste de cette espèce (Butet 1984).

Le micromammifère semble donc être un modèle biologique particulièrement assez sensible couvert végétal. Néanmoins certaines espèces ubiquistes comme le Mulot Sylvestre, possèdent une capacité d'adaptation plus importante à des milieux variés ou n'a pas de milieu de vie réellement préférentiel.

De plus, il semble, d'après les corrélations entre variables, que plus le milieu est fermé, plus l'abondance et la richesse spécifique en micromammifères sont importantes. La structure interne du parc influence également la richesse spécifique en espèce d'oiseaux (20). Ces résultats sont, cependant, certainement biaisés par la forte proportion de piégeage obtenus en forêt de Chinon. En ne prenant pas compte de la forêt de Chinon, site témoin de cette étude, il semblerait que l'abondance et la richesse spécifique en micromammifère soit importante pour des milieux ouverts, comme le montre les jardins de Villandry ou le Lac de la Bergeonnerie qui sont les deux espaces verts présentant le plus de piégeage après la forêt de Chinon. Malgré tout, il reste admis que l'abondance et la richesse spécifique des communautés de micromammifères sont déterminées par la présence, dans un site donné, de milieux ouverts hétérogènes et de différents types de végétations fournissant des ressources trophiques variées (21).

On retrouve une tendance similaire pour le modèle biologique des oiseaux. En effet, lorsque l'espace est davantage ouvert, l'abondance des oiseaux est d'autant plus importante. La corrélation entre l'abondance et l'ouverture du milieu demande à être confirmée par l'étude d'autres sites présentant les mêmes caractéristiques.

Il n'est à priori pas surprenant de retrouver une quantité importante d'oiseaux au sein des milieux ouverts. En effet, ce type d'espace leur confère de nombreux avantages dont le plus important est très certainement celui de la recherche de nourriture grâce à un champ de vision important. De même, cet angle de vue important lui permet aussi de repérer plus aisément les possibles prédateurs présents au sein du milieu. Il est bien entendu que le milieu doit néanmoins offrir une part importante de couvert végétal avec des strates différenciées afin de répondre aux différents besoins de chacun des types d'oiseaux (nidification, refuge,...). Les milieux hétérogènes seront donc particulièrement appréciés par ce type d'animaux. Il est difficile de tirer les mêmes conclusions pour le modèle biologique des micromammifères étant donné qu'ils se différencient en de nombreux points (mode de déplacement, champ de vision réduit, ...).

.En analysant le régime alimentaire des micromammifères et oiseaux retrouvés dans chaque espace vert en fonction de l'occupation au sol qui correspond à chaque site, il ressort que les micromammifères étant herbivore et omnivores sont principalement retrouvés dans des espaces fermés. Les micromammifères de

type insectivores sont en revanche retrouvés dans des espaces ouverts présentant d'importantes zones herbacées.

Concernant les oiseaux, les insectivores privilégieraient les milieux fermés, confirmant ainsi les résultats obtenus par des études menées en plein cœur urbain de Paris (22). Les omnivores favorisent quant à eux des espaces ouverts de type pelouse. Ces espaces ouverts sont principalement retrouvés au Lac de la Bergeonnerie, aux Jardins Botanique et des Prébendes d'Oé, espaces verts considéré comme urbain et périurbain. Or, les espèces omnivores sont connus pour bien s'adapter à des environnements urbains (23). De plus, ces trois espaces verts présentent une importante fréquentation citadine. La large quantité de nourriture potentielle fournit pas les Humains dans les villes favorise d'autant plus les oiseaux omnivores (17,24), ce qui peut ainsi expliquer l'importante part de ce type d'oiseau dans ces zones.

Le régime alimentaire des micromammifères et des oiseaux semblent donc être un élément important qui influence la répartition de ces groupes au sein des espaces verts.

C. GRADIENT D'URBANISATION

Durant cette étude, il a été possible de s'intéresser davantage à un facteur qui semble essentiel : le gradient d'urbanisation. En effet, ce dernier a été mis en corrélation avec plusieurs données (richesse spécifique, abondance, succès de piégeage) en lien avec les modèles biologiques qui sont les peuplements de micromammifères et d'oiseaux. Cette discussion va permettre d'aborder plus de précisions son impact sur la répartition des espèces animales étudiés.

A noter, que le témoin, la forêt de Chinon n'a pas pu être prise en compte dans cette analyse. Etant donné la très forte présence de campagnol roussâtre au sein de ce site témoin, l'interprétation de son cas est particulière.

Chacune des espèces de micromammifères ne semble pas avoir la même sensibilité face à l'impact de l'urbanisation qui affecte leur milieu de vie. Certaines apparaissent comme très réfractaires au milieu urbanisé et d'autres au contraire semblent y trouver leur compte (ex : Souris domestique). Ainsi, il semble difficile, ce que confirme les ACP de la richesse spécifique, d'émettre quelconque conclusions sur une augmentation ou non de la richesse spécifique en fonction du degré d'urbanisation étant donné que chacune des espèces répond de façon distincte à ce phénomène anthropique.

Néanmoins, ces mêmes résultats démontrent que plus le milieu semble impacté par l'urbanisation et plus la présence de micromammifères est faible. On peut tenter d'interpréter ce résultat selon l'analyse suivante. Les micromammifères présents en centre-urbain (ex : Souris domestique et Mulot sylvestre) arrivent à s'adapter à la pression de l'urbanisation mais rencontrent tout de même des difficultés. En effet, malgré cette capacité d'adaptation, ce milieu ne correspond pas à leur milieu de vie le plus propice, c'est pourquoi ils ne prolifèrent pas et que leur nombre reste limité. Au contraire, les espèces peu ou pas présentes dans l'espace très urbanisé (Musaraigne Corcidure et Campagnol Roussâtre) que représente le centre ville, trouvent des conditions de vie très favorables dans des milieux comme le Jardin de Villandry et la forêt de Chinon d'où leur prolifération.

Des études similaires permettent de retrouver certaines des interprétations présentées ici. C'est par exemple le cas des études menées dans plusieurs villes de France (Rennes, Nantes, Angers, Paris, Marseille) par P. Clergeau (2013) qui précisent que l'abondance serait plus faible lorsque le gradient d'urbanisation devient de plus en plus important. Une autre étude de piégeage menée par un étudiant, Yasmen SAÏAH, en 2013, à Lausanne (Suisse) montre également que dans le tissu urbain la richesse spécifique et l'abondance des micromammifères capturés diminuent rapidement lorsque les biotopes deviennent de plus en plus isolés au sein de ce tissu urbain.

En ce qui concerne les oiseaux, selon nos graphiques et ACP, il a été observé que plus le degré d'urbanisation est important et plus la richesse spécifique est faible. Inversement plus le gradient d'urbanisation est fort et plus l'abondance des oiseaux est importante.

L'oiseau apparaît donc être un modèle biologique particulièrement sensible au degré d'urbanisation et semble donc se répartir en fonction de celui-ci. Il semblerait qu'une grande majorité des espèces d'oiseaux adoptent le même comportement face à l'urbanisation. Ainsi, ces espèces, qui représentent la majorité, ont tendance à fuir le centre urbain ce qui limite leur nombre. Ce sont les urbanophobes (bergeronnette grise, verdier d'Europe, accenteur Mouchet etc.). Leur présence s'explique tout de même par la forte capacité d'adaptation des oiseaux, liée notamment à leur mode de locomotion. Cependant, étant donné que le centre urbain leur est majoritairement défavorable (présence humaine, bruit, pollution, espace réduit,...), seuls quelques individus de l'espèce sont perceptibles. Néanmoins, il existe tout de même certaines espèces, minoritaires, qui ont une forte capacité d'adaptation à ces milieux fortement urbanisés, ce sont des urbanophiles (pie bavarde, pigeon ramier, tourterelle turque). En effet, celles-ci se révèlent moins sensibles à la présence de l'Homme car moins craintives. De plus, les centre-villes leur offrent une nourriture en abondance qui les satisfait amplement. Enfin, parmi elles, certaines bénéficient d'un milieu où l'absence de compétiteurs les réjouit.

Des conclusions similaires peuvent être apportées par d'autres études. Selon Sandström, il a été montré que, pour les oiseaux, plus le degré d'urbanisation est important et plus la richesse spécifique est faible. Ce constat est aussi vérifié par l'étude menée par Clergeau (2013) dans plusieurs villes de France et qui précise aussi que plus le gradient d'urbanisation est fort et plus l'abondance des oiseaux est grande et que la richesse spécifique serait plus faible lorsque le gradient d'urbanisation devient important.

Comme il l'a été soulevé précédemment dans cette discussion, le régime alimentaire des deux modèles biologiques choisis peut être source de distribution de nos deux modèles biologiques en fonction du degré d'urbanisation.

L'abondance des micromammifères en fonction du régime alimentaire a aussi été étudiée et, d'après les résultats, il en ressort que plus le gradient d'urbanisation est faible et plus le nombre d'herbivores et d'insectivores est important. Il est peut-être possible d'expliquer cette tendance de plusieurs façons. En effet, plus on s'éloigne du centre urbain et moins la pression de l'Homme est forte. C'est-à-dire que l'Homme peut directement ou indirectement avoir un rôle sur la présence de certaines ressources alimentaires (ex : la gestion et de la fréquentation des espaces verts). De plus, le gradient d'urbanisation est lié à la pollution ; ce qui peut avoir un impact sur les insectes notamment. La richesse spécifique a été étudiée en fonction du régime alimentaire et de ce gradient d'urbanisation. Ainsi, cette richesse spécifique diminue en se rapprochant du centre-urbain. Il y a une tendance décroissante.

Il est possible d'observer une même tendance pour les oiseaux et les micromammifères. En effet, les insectivores semblent davantage présents dans le péri-urbain que dans le centre urbain. Cela peut s'expliquer, dans un premier temps, par une pollution de moins en moins présente et néfaste pour les insectes et deuxièmement par la présence de milieux plus propices à leur développement. Cela pourrait donc se traduire par une plus disponibilité en ressource alimentaire pour les oiseaux en ce qui concerne les insectes. Cependant, il est à noter que des insectivores sont également présents au Jardin Botanique et au Jardin des Prébendes d'Oé et non au lac de la Bergeonnerie qui se situe, tout de même, en suburbain. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le lac de la Bergeonnerie puisse être considéré comme un espace vert plus pauvre en végétation. Pour conforter cette justification, le jardin des Prébendes et le jardin Botanique sont des espaces verts où la végétation est nettement plus présente que ce dernier. En effet, l'absence d'insectivores et la plus faible quantité d'omnivores au jardin de la Préfecture peut s'interpréter aisément du fait d'un passage plus important de véhicules motorisés ce qui engendre davantage de nuisances sonores et de pollution. De

plus, la présence plus abondante de personnes à l'intérieur et à l'extérieur du jardin peut avoir une influence directe sur la faible présence d'oiseaux (tout régime alimentaire confondu).

Selon Jean-François Dejonghe (1983), La présence des oiseaux dépend des surfaces végétales, ainsi que de la qualité ; les pollutions réduisant la quantité d'insectes nécessaire à leur alimentation. Lorsque les pollutions s'atténuent (comme l'étude menée à Londres) les effectifs d'oiseaux insectivores augmentent. Il semblerait donc que les milieux aux tissus lâches (zone périurbaine), et en lien avec un gradient d'urbanisation plus faible, montreraient une répartition beaucoup plus équilibrée des différentes catégories alimentaires. Cela confirme la tendance observée sur l'ensemble des sites étudiés pour les oiseaux.

La présence abondante d'oiseaux omnivores peut éventuellement s'expliquer par une adaptation plus aisée au milieu urbain. Force est de constater qu'une plus large diversité de nourriture au sein de milieux urbains, notamment à cause de la présence de l'homme, apporte cette diversité d'alimentation dont les oiseaux peuvent bénéficier. De plus, nombre d'espèces sont devenues sédentaires en milieu urbain, qui à l'origine, était un milieu hostile pour celles-ci.

Ainsi, les hypothèses émises en introduction semblent être majoritairement validées. Néanmoins, le seul facteur qu'est le gradient d'urbanisation n'est pas forcément suffisant pour tirer de réelles conclusions car les autres facteurs cités semblent aussi avoir un rôle à jouer dans la répartition des espèces en fonction de leur régime alimentaire notamment le couvert végétal. Ces deux facteurs semblent aller de pair. Par ailleurs, il faut souligner que la catégorisation d'un site en urbain, suburbain ou périurbain est en partie subjective ce qui peut impliquer une divergence dans les résultats. De plus, d'autres facteurs peuvent intervenir notamment la prédation qui pourrait influencer la répartition de ces espèces animales au sein des espaces verts étudiés.

D. ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA CONNECTIVITE DES ESPACES VERTS SUR LA REPARTITION DES MICROMAMMIFERES ET DES OISEAUX.

Certaines espèces de micromammifères semblent plus sensibles que d'autres à l'environnement autour duquel ils vivent (ex : Mulot Sylvestre et Musaraigne Crocidure). En effet, celles-ci ont tendance alors à s'accumuler davantage dans les espaces où la possibilité de mobilité extérieure est plus importante (ex : Botanique). D'autres au contraire, semblent peu sensibles à ce facteur (Ex : Campagnol Roussâtre. Cette réaction différente qui semble être propre à chacune des espèces de micromammifères pourrait expliquer cette augmentation de l'abondance d'individus, au sein des espaces verts connectés à des corridors possédant des patchs avec une surface importante. De même, elle permettrait de justifier la probable absence d'influence de cette surface de patchs cumulée au sein d'un corridor sur la richesse spécifique en espèce de micromammifères. Les espèces peu sensibles à cette donnée se répartissent au sein de ces espaces verts en fonction de d'autres facteurs.

Bien qu'il existe également certaines différences entre les espèces d'oiseaux, globalement, le modèle biologique des oiseaux semble sensible à l'environnement autour de l'espace vert dans lequel il vient nicher, se poser ou rechercher de la nourriture. En effet, de par sa facilité de mobilité, l'oiseau semble davantage considérer un espace vert et les patchs à proximité de celui-ci comme un ensemble. Il est au contraire beaucoup plus difficile de raisonner ainsi pour les micromammifères. Ainsi, plus le nombre de patchs autour est important, plus les richesses à disposition autour du parc sont variées et plus les oiseaux semblent y trouver un milieu propice. Cela se confirme pour bon nombre d'espèces d'oiseaux d'où l'augmentation de la richesse spécifique en fonction de la surface de patchs cumulée.

Le nombre de patchs permettant la connectivité d'un espace vert source à d'autres puits ne semble avoir aucune influence sur la répartition des espèces de micromammifères. En effet, comme il l'a pu être déjà souligné lors de la première année de recherche, la configuration en « pas japonais » des corridors ne semble pas être très adaptée au modèle biologique des micromammifères. Il est vrai que les différents patchs recensés afin d'identifier de probables corridors biologiques sont essentiellement des jardins privés fermés. Ainsi, le mode de déplacement des micromammifères rend l'accès à ces patchs beaucoup plus difficile qu'il ne peut l'être pour les oiseaux. Malgré tout, le nombre de patchs n'a à priori pas une influence déterminante sur la répartition du modèle biologique des oiseaux étant donné que (6) c'est avant tout la taille de ces derniers qui semble être prédominante. En effet, il est plus probable de trouver une espèce d'oiseaux particulière et en nombre important au sein d'un espace vert présentant quelques patchs d'envergure à proximité qu'un nombre important de patchs de petites tailles. Cette interprétation est tirée de la comparaison entre le jardin Botanique et celui des Prébendes.

Malgré leur capacité de dispersion relativement importante (Angold & al, 2005), les micromammifères semblent être davantage affectés que les oiseaux par la fragmentation des habitats provoquée par l'urbanisation. « *La fragmentation des parcelles d'habitat n'est pas rédhibitoire pour les oiseaux, en effet d'autres critères ou facteurs peuvent contre balancer cette isolement comme l'abondance de nourriture ou de ressources en type de couverture végétal* ». Actuellement, la seule présence de patchs en nombre important ou non ne semble pas pouvoir garantir efficacement le déplacement des populations des micromammifères contrairement aux oiseaux. Cette analyse reflète que des préconisations en termes de maintien de la biodiversité en ville doivent être étudiées pour chacun des groupes taxonomiques et parfois même pour chacune des espèces. La question de savoir quelle est la Trame verte la plus adaptée, dans le sens la plus propice à la dispersion des espèces animales au sein du tissu urbain, reste toujours fondamentale.

Néanmoins, il faut toujours lire ces interprétations avec une certaine méfiance étant donné que premièrement, cette analyse ne repose que sur trois parcs et jardins du centre-ville, chacun au degré d'urbanisation important et proche mais qui possèdent de nombreuses différences dans leur structure. Ainsi, la seule variabilité entre ces espaces n'est pas uniquement externe (nombre de patchs, superficie de patchs cumulée,...). Deuxièmement, ces différents espaces verts ne présentent qu'un faible taux de succès de piégeage et une pauvre richesse spécifique en micromammifères ; c'est pourquoi les résultats observés sont d'autant moins fiables.

LIMITES

Notre étude s'est portée sur les espaces verts de la commune de Tours et la forêt de Chinon, site témoin. Notre volonté première était de mettre en avant quel pouvait être l'impact de certaines composantes internes ou externes de ces espaces verts sur la répartition animale. Les facteurs étudiés (corridor écologique, couvert végétal, gradient d'urbanisation, taille des sites étudiés) sont ceux qui nous semblaient les plus pertinents dans le cadre de cette étude en fonction notamment des données et des moyens mis à notre disposition. Cependant, il est vrai que si nous avions eu la possibilité d'obtenir davantage de données sur certaines composantes internes ou externes, il aurait été possible de compléter davantage notre analyse et donc d'apporter d'autres réponses concernant notre problématique générale. Cela aurait permis d'interpréter et de comprendre davantage les relations entre les modèles biologiques sélectionnés et les espaces étudiés.

Il est vrai que, durant cette étude, un seul paramètre a été véritablement pris en compte, la présence ou non d'espaces verts. Il semblerait judicieux, à l'avenir, et si l'étude était approfondie, de prendre en compte d'autres paramètres. Cela permettrait certainement de justifier davantage de résultats et d'interprétations.

Outre cela, la campagne de piégeage et d'observation effectuée repose sur un nombre de résultats assez faibles, principalement pour le modèle biologique des oiseaux, ce qui implique une limite dans la validité statistique des conclusions déduites. D'autre part, il pourrait s'avérer intéressant de prolonger la durée de la campagne de piégeage et d'observation. En effet, au vu de nos lectures et d'études faites, il a été possible de constater que certaines campagnes de piégeages duraient plus longtemps apportant ainsi des succès de piégeage plus importants (succès de piégeage atteignant 12% lors d'une étude ayant réalisé 11 424 piégeages en Ile-et-Vilaine réalisée par Michel, Burel, Legendre et Butet). Cela permettrait d'avoir un plus grand nombre d'individus capturés et donc de se faire une idée plus précise des peuplements de micromammifères.

A noter aussi que c'est la première année où l'étude des oiseaux est faite. Notre méthode d'observation a été faite selon nos recherches bibliographiques mais, bien entendu, il existe un plus large panel d'études et d'articles scientifiques mettant en avant d'autres méthodes pouvant montrer d'autres caractéristiques entre les peuplements ornithologiques et les espaces verts. Ainsi, la méthode utilisée ici reste approximative étant donné qu'elle se réalise à l'œil nu et sans marquage. De plus, l'oiseau reste un modèle biologique difficile à observer par sa réactivité et sa fragilité. *« Avant toute observation, il faut savoir combien les oiseaux sont fragiles. Déjà soumis à maintes agressions, ils ne doivent en aucun cas pâtir des activités ornithologiques : le respect d'un code de conduite s'impose donc. »* (14).

D'autres méthodes pourraient permettre certainement d'en savoir plus sur leur comportement, sur leur nombre exact et sur leur déplacement. En effet, une localisation GPS des animaux pourrait être très intéressante car elle permettrait d'enregistrer leurs déplacements et donc de savoir, par exemple, l'efficacité des corridors à travers les chemins empruntés. De plus, contrairement aux micromammifères, la recherche de la répartition des oiseaux au sein des parcs et espaces verts de Tours ne bénéficie pas d'un recul de trois années d'expériences. Les résultats obtenus ne sont donc peut-être pas représentatifs pour en tirer des conclusions solides. Une poursuite des observations pourrait ainsi permettre de confirmer ou infirmer les résultats actuels.

Par ailleurs, la faible quantité d'espaces verts étudiée peut être considérée comme un frein à cette étude puisque les caractéristiques de ces espaces sont parfois très divergentes. Ces différences impliquent une difficulté dans le traitement statistique des relations entre les facteurs étudiés et les résultats des piégeages obtenus.

Par surcroît, étant donné la diversité de la structure interne des espaces verts, il est difficile de tirer des conclusions quant à l'influence directe d'un facteur. En effet, il se peut qu'un autre facteur intervienne également et donc remette en cause la véracité de nos interprétations. C'est pourquoi, il pourrait s'avérer très intéressant d'une part de réaliser ces mêmes études sur d'autres villes similaires (types d'espaces verts, degré d'urbanisation, climat,...) et d'autre part sur une ville présentant au sein de son urbanisation des espaces

verts très similaires. Cependant, très peu de villes possèdent ce type de caractéristiques, hormis les grandes villes ou métropoles (ex : Paris).

Il s'ajoute à la diversité de la structure interne, différents types de gestion qui influencent ainsi les populations animales, notamment par l'utilisation de produits phytosanitaires et par la fréquence d'entretien (25). Malgré une absence d'utilisation d'intrants chimiques dans les espaces verts étudiés, l'entretien (tailles, tontes...) diffère selon le type d'espace vert. Les données n'ont pas mis en évidence une différence significative dans le nombre de captures entre un jardin très entretenu tel que Villandry et un autre moins entretenu, comme le lac de la Bergeonnerie.

Enfin, la prédation en ville est difficile à évaluer. Elle est essentiellement soumise à la présence des chats (26). Ce critère n'a pas fait l'objet de véritable étude ni de véritable évaluation pour les micromammifères. En revanche, des études ont déjà été réalisées sur la prédation des oiseaux le long d'un gradient rural-urbain et montrent que la concentration de chats en centre-ville et en zone suburbaine est plus importante qu'en zone périurbaine (27). Pour notre étude, lors des campagnes de piégeage et d'observation aucun chat n'a été observé et il nous a été impossible de déterminer si le centre-ville de Tours présentait un nombre plus important de chat qu'en zone péri-urbaine.

Ainsi, une étude sur davantage de sites, avec des outils plus nombreux et sur une durée plus importante permettrait de renforcer les résultats obtenus et donc d'en déduire des conclusions plus solides et peut-être plus cohérentes.

CONCLUSION

L'urbanisation croissante de ces dernières décennies amène aujourd'hui à s'intéresser toujours plus à la place de la biodiversité dans les territoires urbains. Les communautés animales sont largement impactées par ce phénomène. Il semble essentiel de mener des études sur les conséquences de cette urbanisation et de voir comment ces peuplements réagissent face la fragmentation de leur habitat afin de trouver de nouvelles solutions. Ces espèces doivent s'adapter à un nouveau milieu. L'étude qui a été faite pendant trois années a tenté de mettre en évidence certaines relations entre les communautés animales et les espaces verts de la ville de Tours en prenant comme site témoin la forêt de Chinon qui est censé être un espace végétalisé se rapprochant le plus d'un milieu totalement naturel. Ainsi, il a été possible d'étudier des facteurs pouvant influencer la répartition des espèces animales (oiseaux et micromammifères) au sein des sites étudiés. Plus précisément, les facteurs choisis (corridors écologiques, gradient d'urbanisation, couvert végétal et superficie des espaces verts) ont été décrits et leur choix justifié. Par la suite, il a été mis en avant l'impact de ces facteurs sur la distribution des modèles biologiques.

La campagne de piégeage de cette année confirme, d'une manière générale, les tendances observées les années précédentes. A savoir que le succès de piégeage est lié au gradient d'urbanisation, il augmente quand l'environnement de l'espace vert devient plus de plus végétalisé. En outre, les préférences des micromammifères quant à leur milieu de vie semblent être confirmées.

A noter que le succès de piégeage observé cette année, en 2014, (5,1 %) est nettement supérieur à ceux des deux dernières années (1,5% en 2013 et 2,67% en 2012).

Il a été montré aussi pour les oiseaux que le gradient d'urbanisation avait un impact sur leur répartition. En effet, plus le gradient d'urbanisation est important plus la richesse spécifique est faible et plus l'abondance est grande. Comme l'ont montré certaines études, malgré le fait que les villes sont attendues à abriter plus d'oiseaux individuels que la campagne environnante la richesse spécifique des oiseaux est globalement plus faible (Beissinger & Osborne, 1982). De ce fait, l'urbanisation favorise seulement un nombre limité d'espèces d'oiseaux, « agissant sur les traits biologiques comme un filtre environnemental » (Crocì, Butet, & Clergeau, 2008).

Les vrais réservoirs de biodiversité ou noyaux primaires, se trouvent en périurbain ou juste en bordure de ville. Il est possible de considérer certains parcs publics, en fonction de leur taille, comme des noyaux secondaires, donc des relais pour de nombreuses petites espèces animales mobiles. (Clergeau et al, 2013).

La taille du parc peut être aussi un facteur important quant à la présence ou non d'une espèce particulière dans le sens où celle-ci joue sur la notion de prédation. En effet, plus la dimension d'un parc ou jardin est faible et plus la pression du prédateur sur sa proie est importante. Néanmoins ce facteur est étroitement corrélé à d'autres facteurs comme la densité du couvert végétal ou le type d'essences que l'on peut observer au sein de l'espace vert en question, étant donné que chaque espèce a des préférences quant à son milieu de vie. Cependant, notre cas, que ce soit pour le modèle biologique des micromammifères ou celui des oiseaux, il est impossible de dégager une tendance générale quant à l'influence de la superficie sur la richesse spécifique en espèce.

En ce qui concerne l'analyse des patchs, on a pu observer que seule la taille des patchs avait une influence sur la répartition des oiseaux et non le nombre. La répartition des micromammifères n'a pas été corrélée à ces patchs.

Le couvert végétal est un facteur qui a une réelle influence sur la répartition des modèles biologiques choisis et notamment sur leur régime alimentaire. La tendance observée est que lorsque l'espace est davantage ouvert, l'abondance des oiseaux et des micromammifères est d'autant plus importante ainsi que la richesse spécifique des microammifères.

La campagne de piégeage, accompagnée d'analyses de résultats et d'interprétations, a permis de mettre en évidence certaines relations entre les espaces verts et les communautés animales étudiées. En effet, les micromammifères et les peuplements ornithologiques sont sensibles quant à la qualité de leur habitat et il est donc nécessaire de comprendre quels étaient les facteurs qui les impactaient directement. Ainsi, il a été possible de confirmer certaines des hypothèses émises au tout début de cette étude. Il est donc nécessaire d'approfondir ce type d'études pour mieux comprendre les besoins de la biodiversité, et ainsi, pouvoir la préserver en mettant en place des moyens considérables.

OUVERTURE :
VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DE LA
BIODIVERSITE URBAINE AU TRAVERS D'OUTILS
COHERENTS

La mise en place d'une trame verte est une préoccupation majeure du Grenelle de l'environnement et se doit d'être adaptée dans le milieu urbain, en termes écologiques (quelles espèces, quels espaces ?), et sociétal (quelle place dans la ville, dans l'optique du bien-être des habitants ? quelle importance dans l'élaboration du paysage de la ville de demain ?). En effet, l'intégration de ces outils de l'aménagement du territoire dans l'espace urbain impose le fait de concevoir des méthodes de transferts de connaissances, de la science à l'action publique et aux citoyens. De plus, la biodiversité peut être interprétée différemment selon les types d'acteur : acteur du territoire, scientifique ou habitant.

De ce fait, l'étude des relations entre les populations animales telles que les micromammifères et les oiseaux et la structure de certains espaces verts de Tours permet de mieux apprécier, qualitativement et quantitativement, la contribution de ces espaces verts ainsi que leur impact sur la répartition des modèles biologiques sélectionnés. Au vu de nos lectures, le choix de ces modèles biologiques semble judicieux. Les conclusions tirées de ce type d'études peuvent permettre d'apporter des réponses à l'ensemble des acteurs concernés et à l'importance des outils mis en place comme par exemple la trame verte. Ainsi, des modifications et des améliorations de ces outils pourraient être apportées grâce à l'ensemble de ces acteurs.

Outre cela, les villes ne possèdent pas suffisamment de zones naturelles pour assurer la pérennité de populations animales voire végétales. En conséquence, ces espèces sont obligées de se déplacer pour trouver les ressources nécessaires à leur survie. Il est donc nécessaire de veiller à maintenir voire à créer au sein des espaces urbains de petites surfaces naturelles sous forme de haies, de rangées d'arbres, bocages etc. Cela est nécessaire afin de mettre en place des corridors biologiques essentiels au déplacement de la biodiversité. Des quantités importantes de végétation naturelle telles que de larges arbres et des multiples couches de végétation sont des composants importants pour maintenir la diversité des oiseaux dans les espaces verts. (Sandström et al. 2006)

Comprendre les réactions de la biodiversité face aux diverses perturbations en milieux anthropisés peut permettre de mieux comprendre les réactions que la biodiversité adoptera en milieu naturel. La compréhension de ces réactions peut également être utile pour atténuer les effets de l'expansion urbaine en appréhendant mieux l'impact de chacune des activités humaines sur la biodiversité. (Dearborn, 2010).

La préservation d'une biodiversité urbaine est également une opportunité pour sensibiliser les habitants aux problèmes environnementaux. En effet, montrer aux citoyens qu'il existe aussi une biodiversité à proximité de chez eux, en ville, et qu'elle est soumise à de très nombreuses menaces (destruction des habitats, pollution, réchauffement climatique, prélèvements...) peut être un bon moyen de sensibiliser ces personnes pour qu'ils se sentent davantage concernés. Il est important de préciser qu'une grande majorité des Hommes vit en milieu urbain. Ainsi, il est nécessaire d'avoir un engagement environnemental de l'ensemble des personnes qui vivent en milieu urbain. En effet, les villes sont de plus en plus les lieux de décisions sur le plan politique, économique, social, écologique etc. Il est donc important que les décideurs soient sensibilisés aux questions environnementales, à l'importance et à l'utilité de la biodiversité. Par voie de conséquence, l'avenir d'espaces naturels dépend d'eux.

Le développement de cet outil est intéressant aussi dans le sens où la biodiversité rend des services à l'Homme. Ces services peuvent même être présents en milieu urbain avec de simples espaces verts. Par exemple, des petits milieux humides peuvent rendre des services à l'homme en jouant rôle de tampon contre les inondations ou en absorbant des contaminants. De plus, l'installation de toits végétalisés dans les villes peut également avoir divers avantages : réduire les coûts de chauffage et le refroidissement des bâtiments, ralentir le ruissellement en cas de fortes pluies et d'améliorer la biodiversité locale (insectes, plantes, oiseaux,...). Les écosystèmes urbains peuvent avoir aussi un rôle dans l'amélioration de la qualité de l'air. (Dearborn, 2010)

Il semble donc nécessaire d'amplifier et d'améliorer le suivi des modèles biologiques choisis ce qui permettrait d'apporter de plus amples informations quant à leur présence dans le milieu urbain et à leur qualité de vie.

La Trame verte semble donc être un outil pouvant contribuer à la préservation de la biodiversité urbaine mais son efficacité n'est pas encore prouvée dans sa totalité en milieu urbain. Cet outil doit être mis en relation avec l'ensemble des acteurs pour apporter de véritables solutions. Ainsi, il est nécessaire de réaliser davantage d'études sur ces sujets, d'informer et de sensibiliser l'ensemble des acteurs. De ce fait, l'amélioration de la trame verte urbaine pourrait permettre la mise en place d'un réseau écologique cohérent amenant donc les espèces animales à se disperser et se développer plus aisément au sein de cette matrice urbaine.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexandre, J.-F., Lesaffre, G., Suïro, P.L., Desbordes, F., 1984. Regardez vivre les oiseaux. Falco, Paris.
- Allen, A.P., O'Connor, R.J., 2000. Hierarchical Correlates of Bird Assemblage Structure on Northeastern U.S.A. Lakes. *Environ Monit Assess* 62, 15–37. doi:10.1023/A:1006244932033
- Barrett, G.W., Peles, J.D., 1999. *Landscape Ecology of Small Mammals*. Springer Science & Business Media.
- Beissinger, S.R., Osborne, D.R., 1982. Effects of Urbanization on Avian Community Organization. *The Condor* 84, 75. doi:10.2307/1367825
- Bezzel, 1985. Birdlife in intensively used rural and urban environments. *Ornis Fennica*.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., Mustoe, S., 2000. *Bird Census Techniques*, 2nd Revised edition. ed. Academic Press Inc, London; San Diego.
- Blair, R.B., 1996. Land Use and Avian Species Diversity Along an Urban Gradient. *Ecological Applications* 6, 506. doi:10.2307/2269387
- Blondel, J., 1975. L'Analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. Société nationale de protection de la nature et d'acclimatation de France.
- Bougé, F., 2008. Caractérisation des espaces verts publics en fonction de leur place dans le gradient urbain - rural Cas d'étude : la trame verte de l'Agglomération Tourangelle (Projet de Fin d'Etudes). Ecole Polytechnique de l'université de Tours - Génie de l'Aménagement, Tours.
- Butet, A., 1984. Approche de la relation animal-végétation à travers un modèle rongeur: le régime alimentaire d'une population de Mulots sylvestres, (*Apodemus sylvaticus* L., 1758) dans une lande incendiée en cours de recolonisation. Université de Rennes I, U.E.R. des Sciences de la vie et de l'environnement.
- Carbó-Ramírez, P., Zuria, I., 2011. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. *Landscape and Urban Planning* 100, 213–222. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.12.008
- Cavia, R., Cueto, G.R., Suárez, O.V., 2009. Changes in rodent communities according to the landscape structure in an urban ecosystem. *Landscape and Urban Planning* 90, 11–19. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.017
- Chace, J.F., Walsh, J.J., 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74, 46–69. doi:10.1016/j.landurbplan.2004.08.007
- Château et jardins de Villandry – site officiel [WWW Document], n.d. URL <http://www.chateauvillandry.fr/> (accessed 11.9.14).
- Clergeau, P., 2012. « Services écologiques et Trame Verte Urbaine ». *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Clergeau, P., 2013. Continuités écologiques : Des concepts d'écologie du paysage au projet urbain.
- Clergeau, P., Blanc, N., 2013. *Trames vertes urbaines*. Le Moniteur Editions.
- Clergeau, P., Jokimäki, J., Snep, R., 2006. Using hierarchical levels for urban ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 21, 660–661. doi:10.1016/j.tree.2006.09.006
- Clergeau, P., Muratet, A., 2010. Les continuités écologiques en milieu urbanisé : Spécificités et mesures de la connectivité.
- Clergeau, P., Sauvage, A., Lemoine, A., Marchand, J., Dubs, F., Mennechez, G., 1997. QUELS OISEAUX DANS LA VILLE ?
- Croci, S., Butet, A., Clergeau, P., 2008. Does Urbanization Filter Birds on the Basis of Their Biological Traits. *The Condor* 110, 223–240. doi:10.1525/cond.2008.8409
- Dearborn, D.C., Kark, S., 2010. Motivations for conserving urban biodiversity. *Conserv. Biol.* 24, 432–440. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01328.x
- Decout, S., Luque, S., 2010. ECOTRAM Comparaison de méthodes pour l'application de la trame verte et bleue en Région Rhône-Alpes : Approche intégrée de diagnostic de connectivité appliqué aux amphibiens. Cemagref de Grenoble, Unité de Recherches Ecosystèmes

Montagnards, Grenoble.

- Déforêt, T., Morin, C., 2008. Etude ornithologique dans le cadre de la mise en œuvre du document d'objectif du site Natura 2000 "Pelouses de Champitte et étang de Theuley-les-Vars."
- Dejonghe, J.-F., 1983. Les oiseaux des villes et des villages. Wolters Kluwer France.
- Deraison, H., 2010. Analyse de la structure de la communauté de Carabidae en système céréalier intensif (Rapport de stage). Université de Rennes 1, Rennes.
- Dugravot, S., n.d. Facteurs structurant les communautés d'oiseaux et sélection de l'habitat Exemple des passereaux en période de reproduction.
- Dupuis, V., Jiguet, F., Deceuninck, B., Micol, T., 2011. Etat et tendances de l'Avifaune nicheuse en France métropolitaine.
- Dupuy, G., Grosbety, B., Dejaifve, P.A, 2004. Suivi par piégeages de 6 espèces de micromammifères dans la Réserve Naturelle Nationale du Val d'Allier.
- Evans, K.L., Chamberlain, D.E., Hatchwell, B.J., Gregory, R.D., Gaston, K.J., 2011. What makes an urban bird? *Global Change Biology* 17, 32–44. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02247.x
- Fontana, S., Sattler, T., Bontadina, F., Moretti, M., 2011. How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning* 101, 278–285. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.02.033
- Furness, G., 1993. Birds as monitors of environmental change. Chapman & Hall.
- Garaffa, P.I., Filloy, J., Bellocq, M.I., 2009. Bird community responses along urban–rural gradients: Does the size of the urbanized area matter? *Landscape and Urban Planning* 90, 33–41. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.004
- González-Oreja, J.A., 2011. Birds of different biogeographic origins respond in contrasting ways to urbanization. *Biological Conservation* 144, 234–242. doi:10.1016/j.biocon.2010.08.021
- Grand, B., Frochot, B., n.d. Le forestier & l'oiseau - Prise en compte des oiseaux dans la gestion forestière.
- Innes, D.G. I., Millar, J.S., 1994. Life histories of *Clethrionomys* and *Microtus* (Microtinae). *Mammal Review* 24, 179–207. doi:10.1111/j.1365-2907.1994.tb00142.x
- Jiguet, F., 2012. 100 oiseaux des parcs et des jardins. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Jokimäki, J., 1999. Occurrence of breeding bird species in urban parks: Effects of park structure and broad-scale variables. *Urban Ecosystems* 3, 21–34. doi:10.1023/A:1009505418327
- Jokimäki, J., Suhonen, J., 1998. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments. *Landscape and Urban Planning* 39, 253–263. doi:10.1016/S0169-2046(97)00089-3
- Jukka Jokimäki, J.S., 1993. Effects of urbanization on the breeding bird species richness in Finland: a biogeographical comparison. *Ornis Fennica* 70, 71–77.
- Knoepffler V., Sene D., Klingschmidt F., 2013. Evaluation de la structure de la Trame Verte Urbaine au travers des communautés de micromammifères.
- Knopf, F., Johnson, R.R., Rich, T., Samson, F.B., Szaro, C., 1988. Conservation of riparian ecosystems in the United States.
- Lancaster, R.K., Rees, W.E., 1979. Bird communities and the structure of urban habitats. *Can. J. Zool.* 57, 2358–2368. doi:10.1139/z79-307
- Legrand, P., Bartoli, M., 2005. Des pics et des arbres. *Revue Forestière Française* 57, 513–524. doi:10.4267/2042/5009
- Lepczyk, C.A., Mertig, A.G., Liu, J., 2004. Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes. *Biological Conservation* 115, 191–201. doi:10.1016/S0006-3207(03)00107-1
- Les indicateurs de diversité –évaluer la biodiversité | Biodiversité positive, n.d.
- Levins, R., 1969. Some Demographic and Genetic Consequences of Environmental Heterogeneity for Biological Control. *Bulletin of the ESA* 15, 237–240.
- Lim, H.C., Sodhi, N.S., 2004. Responses of avian guilds to urbanisation in a tropical city. *Landscape and Urban Planning* 66, 199–215. doi:10.1016/S0169-2046(03)00111-7
- Liste des espèces d'oiseaux de l'annexe I de la Directive Oiseaux présents sur le site Marais Breton, n.d.

- MacArthur, R.H., 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- Marzluff, J., Bowman, R., Donnelly, R., 2001. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Springer Science & Business Media.
- McDonnell, M.J., Hahs, A.K., 2008. The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions. *Landscape Ecol* 23, 1143–1155. doi:10.1007/s10980-008-9253-4
- Melles, S., Glenn, S., Martin, K., 2003. Urban Bird Diversity and Landscape Complexity: Species–environment Associations Along a Multiscale Habitat Gradient.
- Merritt, J.F., 2010. *The Biology of Small Mammals*. JHU Press.
- Michael C. Calver, J.G., 2011. Applying the precautionary principle to the issue of impacts by pet cats on urban wildlife. *Biological Conservation* 144, 1895–1901. doi:10.1016/j.biocon.2011.04.015
- Michel, N., Burel, F., Legendre, P., Butet, A., 2007. Role of habitat and landscape in structuring small mammal assemblages in hedgerow networks of contrasted farming landscapes in Brittany, France. *Landscape Ecol* 22, 1241–1253. doi:10.1007/s10980-007-9103-9
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Direction des Routes, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, 2004. Fragmentation de l'habitat due aux infrastructures de transport.
- Morelli, F., 2013. Quantifying Effects of Spatial Heterogeneity of Farmlands on Bird Species Richness by Means of Similarity Index Pairwise. *International Journal of Biodiversity* 2013, e914837. doi:10.1155/2013/914837
- Morin, J., Guillot, G., Norwood, J., 2013. *Le guide des oiseaux de France*, Belin. ed.
- Mörtberg, U., Wallentinus, H.-G., 2000. Red-listed forest bird species in an urban environment - assessment of green space corridors. *Landscape and Urban Planning* 50, 215–226.
- Ohmart, R.D., 1994. The effects of human-induced changes on the avifauna of western riparian habitats. *Studies in Avian Biology* 273–285.
- Ouin, A., Paillat, G., Butet, A., Burel, F., 2000. Spatial dynamics of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in an agricultural landscape under intensive use in the Mont Saint Michel Bay (France). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78, 159–165. doi:10.1016/S0167-8809(99)00119-X
- Paker, Y., Yom-Tov, Y., Alon-Mozes, T., Barnea, A., 2014. The effect of plant richness and urban garden structure on bird species richness, diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning* 122, 186–195. doi:10.1016/j.landurbplan.2013.10.005
- Pellissier, V., Cohen, M., Boulay, A., Clergeau, P., 2012. Birds are also sensitive to landscape composition and configuration within the city centre. *Landscape and Urban Planning* 104, 181–188. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.10.011
- Pichard, G., 2005. Oiseaux et forêt : interactions et mesures sylvicoles favorisant la diversité de l'avifaune.
- Porte, B., 2011. Estimation de la biodiversité par une méthode simplifiée d'identification des arthropodes Approche paysagère à l'échelle du territoire viticole des Costières de Nîmes (Rapport de stage). Université de Provence / Aix-Marseille I, Marseille.
- Quéré, J.-P., Louarn, H.L., 2011. *Les rongeurs de France : Faunistique et biologie*, Édition : 3e édition revue et augmentée. ed. Quae éditions, Versailles.
- Redeker, S., Andersen, L.W., Pertoldi, C., Madsen, A.B., Jensen, T.S., Jørgensen, J.M., 2006. Genetic structure, habitat fragmentation and bottlenecks in Danish bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 71, 144–158. doi:10.1016/j.mambio.2005.12.003
- Remond N., Roussille R., 2012. Etude des relations entre les communautés de micromammifères et la structure des espaces verts de l'Agglomération de Tours.
- Reygrobelle, B., 2007. *La nature dans la ville : Biodiversité et Urbanisme (Avis et rapports du Conseil Economique et Social No. 24)*, Les éditions des Journeaux officiels.
- Saiah, Y., 2013. *Etude des petits mammifères dans le tissu urbain de Lausanne*. Lausanne.

- Sandström, U.G., Angelstam, P., Mikusiński, G., 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77, 39–53.
doi:10.1016/j.landurbplan.2005.01.004
- Savard, J.-P.L., Clergeau, P., Mennechez, G., 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 48, 131–142. doi:10.1016/S0169-2046(00)00037-2
- Sorace, A., Gustin, M., 2009. Distribution of generalist and specialist predators along urban gradients. *Landscape and Urban Planning* 90, 111–118.
doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.019
- Sordello, R., Amsallem, J., Dubus, V., 2012. Trame verte et bleue : Suivi et Evaluation - Quelle faisabilité d'utiliser l'outil génétique ?
- Sordello, R., Rogeon, G., Touroult, J., 2011. Contribution à la réflexion sur le suivi et l'évaluation de la Trame verte et bleue Enjeux nationaux de biodiversité : propositions sur les espèces et les habitats.
- Strohbach, M.W., Haase, D., Kabisch, N., 2009. Birds and the City: Urban Biodiversity, Land Use, and Socioeconomics. *Ecology and Society* 12.
- Tanguy, A., Gourdain, P., 2011. Atlas de la Biodiversité dans les Communes (ABC) - Guide méthodologique pour les inventaires faunistiques des espèces métropolitaines "terrestre" (volet2).
- Thierry, D., Le Grand, M., n.d. Voir les Oiseaux en Touraine. Tours.
Tours - site officiel, n.d. URL <http://www.tours.fr/> (accessed 11.9.14).
- Wilcox, B.A., 1980. 6. Insular ecology and conservation. 95–117.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Organigramme résumant l'ensemble des composantes intérieures et extérieures d'un espace vert ;	11
Figure 2 : Schéma représentant des connectivités écologiques (CLERGEAU, MURATET)	13
Figure 3 : Le gradient d'urbanité selon Marzluff et coll.	13
Figure 4 : Influence du degré d'urbanisation sur des classes d'espèces	14
Figure 5 : Pourcentages d'occupation du sol	22
Figure 6 : Pourcentages d'occupation du sol	24
Figure 7 : Pourcentages d'occupation du sol	26
Figure 8 : Pourcentages d'occupation du sol	28
Figure 9 : Jardin du Soleil	29
Figure 10 : Pourcentages d'occupation du sol	30
Figure 11 : Lieu du transect dans la forêt de Chinon	31
Figure 12 : Vue de profil d'un piège type « INRA »	33
Figure 13 : Vue de profil d'un piège type « INRA »	33
Figure 14 : Abondance spécifique des micromammifères sur l'ensemble des espaces pour les trois campagnes de piégeages	40
Figure 15 : Abondance spécifique moyenne des oiseaux sur l'ensemble des espaces verts en 2014 ; ..	41
Figure 16 : Succès de piégeage toutes espèces confondues de micromammifères par espace vert ; ..	43
Figure 17 : Pourcentage de recaptures toutes espèces confondues de micromammifères par espace vert (cumulé sur les trois années)	44
Figure 18 : Richesse spécifique de micromammifères par espace vert pour les trois campagnes de piégeages ;	44
Figure 19 : Richesse spécifique d'oiseaux par espace vert ;	45
Figure 20 : Richesse spécifique de micromammifères par régime alimentaire pour chaque espace vert ; ..	46
Figure 21 : Richesse spécifique d'oiseaux par régime alimentaire pour chaque espace vert ;	47
Figure 22 : Relation entre la surface des espaces verts et le succès de piégeage cumulé de micromammifères de 2012 à 2014	50
Figure 23 : Relation entre la surface des espaces verts et leurs richesse spécifique en micromammifères et oiseaux ;	51
Figure 24 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le succès de piégeage (%) de micromammifères de 2012 à 2014	52
Figure 25 : Représentation de la position des différents espaces verts en fonction des succès de piégeage par espèce de micromammifères de 2012 à 2014 sur le plan factoriel	53
Figure 26 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%), la richesse spécifique et le succès de piégeage (%) de micromammifères de 2012 à 2014	54
Figure 27 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%), la richesse spécifique et l'abondance d'oiseaux	55
Figure 28 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le régime alimentaire des micromammifères de 2012 à 2014	56
Figure 29 : Cercle de corrélation entre le POS des différents couverts (%) et le régime alimentaire des oiseaux ;	57
Figure 30 : Couverture végétale (%) dans un buffer de 700m autour de l'espace vert	58
Figure 31 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m et le succès de piégeage par espèce de micromammifères	60

Figure 32 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m, le succès de piégeage cumulé et la richesse spécifique de micromammifères	62
Figure 33 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans des buffers de 700, 350 et 100m, l'abondance et la richesse spécifique d'oiseaux.....	64
Figure 34 : Classification des espèces d'oiseaux observées selon leur adaptation au degré d'urbanisation	65
Figure 35 : Cercles de corrélation entre le degré d'urbanisation dans un buffer de 700m et les différentes espèces d'oiseaux.....	66
Figure 36 : Succès de piégeage de micromammifères en fonction de la surface de patchs cumulés par espace vert	69
Figure 37 : Richesse spécifique de micromammifères en fonction de la surface de patchs cumulés par espace vert	69
Figure 38 : Succès de piégeage de micromammifères en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert	70
Figure 39 : Richesse spécifique de micromammifères en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert	70
Figure 40 : Abondance d'oiseaux en fonction de la surface de patchs cumulés par espace vert	70
Figure 41: Richesse spécifique d'oiseaux en fonction de la surface de patchs cumulés par espace vert	70
Figure 42 : Abondance d'oiseaux en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert	71
Figure 43 : Richesse spécifique d'oiseaux en fonction du nombre de patchs cumulés par espace vert	71
Figure 44 : Variations des températures et du succès de piégeages durant la campagne de piégeage de 2014	74

PHOTOS

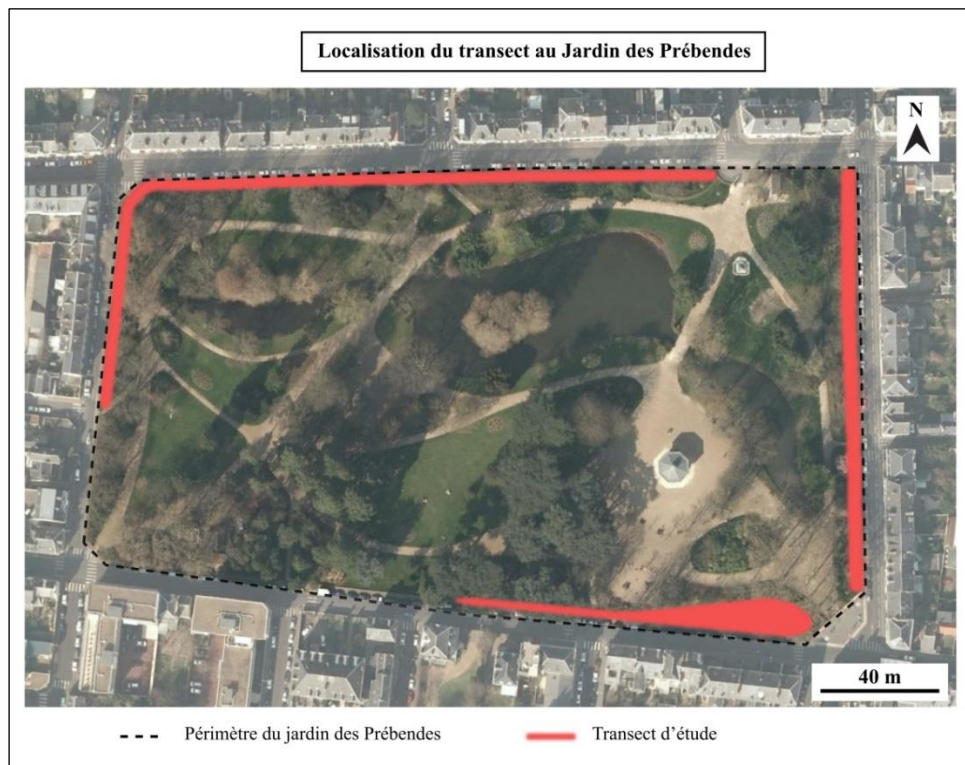
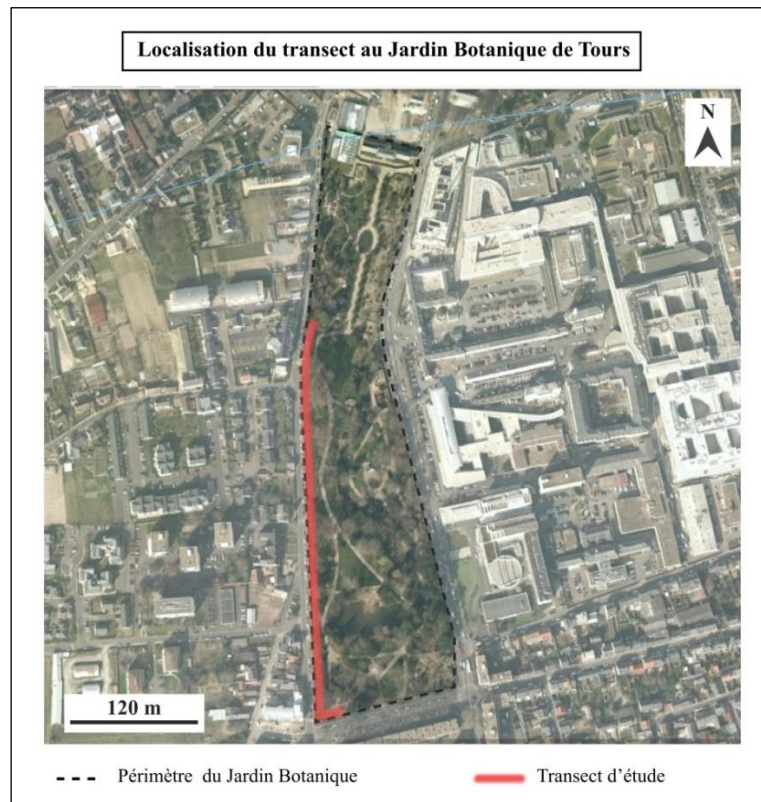
Photo 1 : Campagnol roussâtre	41
Photo 2 : Mulot sylvestre	41

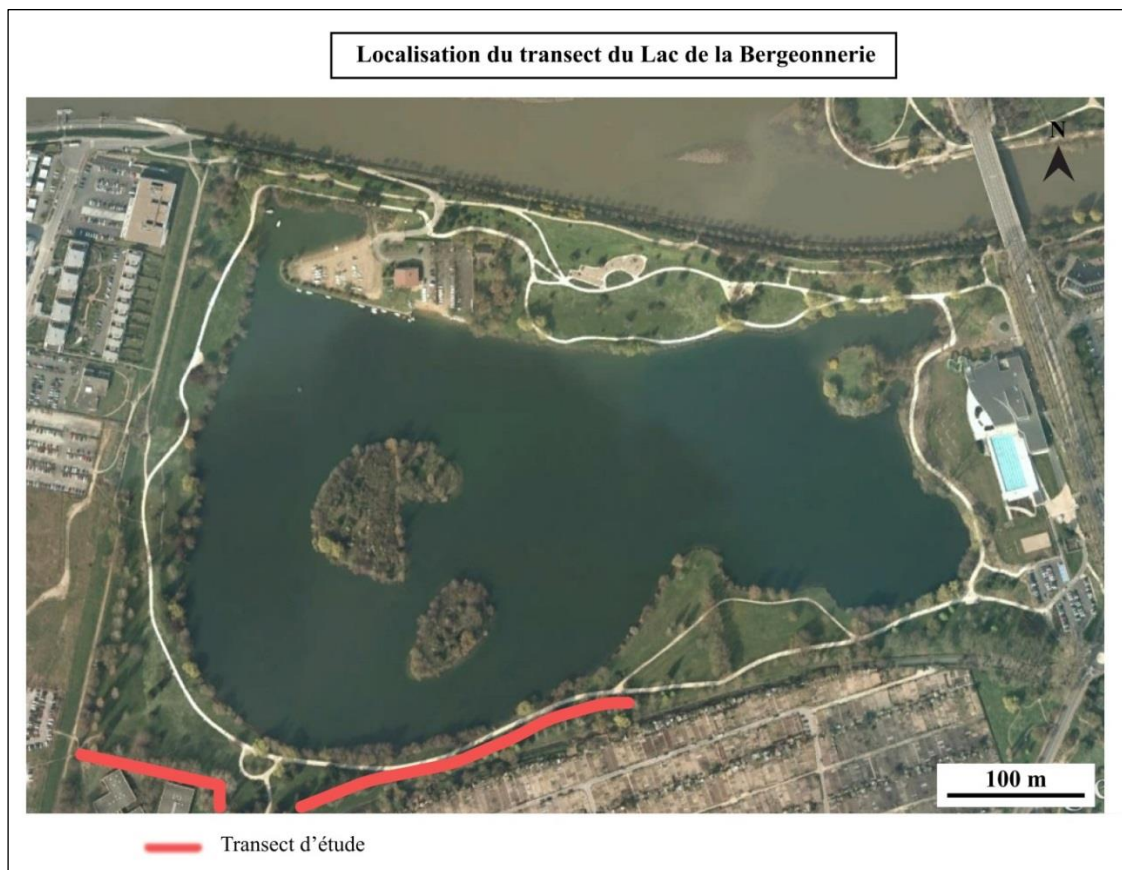
TABLEAUX

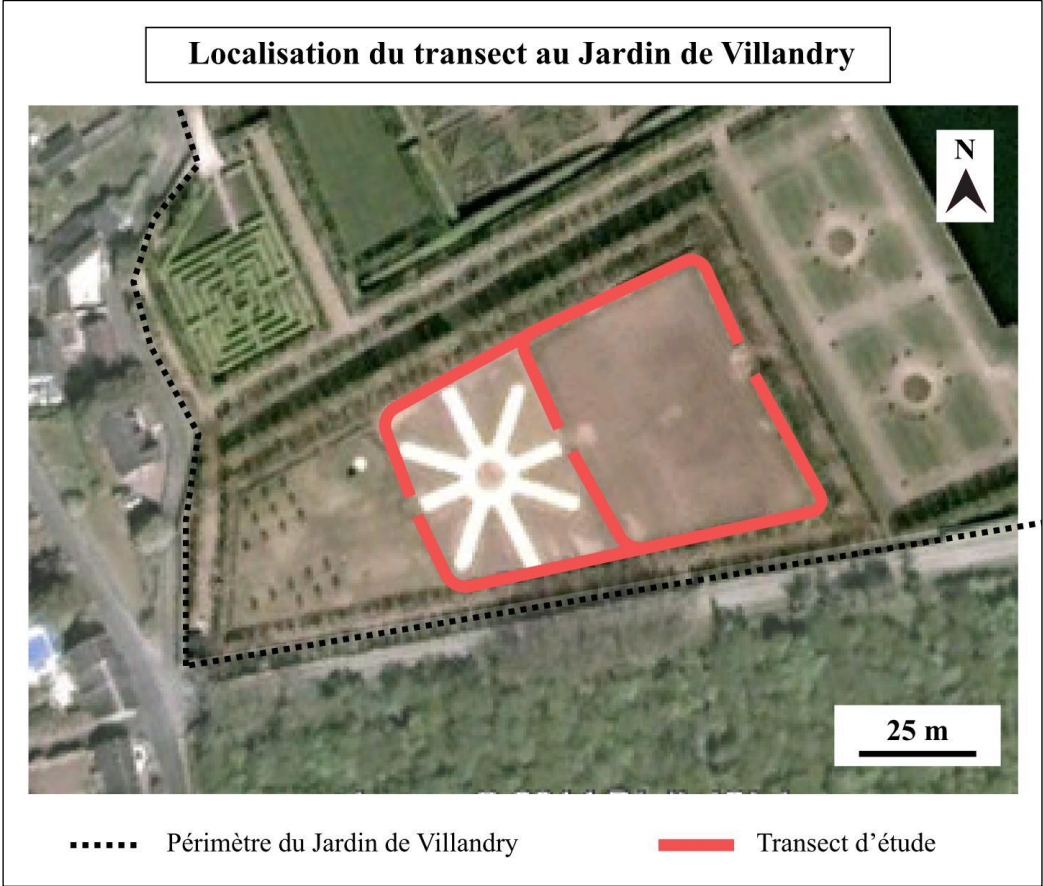
Tableau 1 : Organisation des piégeages	32
Tableau 2 : Sources et données utilisées pour le traitement SIG	36
Tableau 3 : Pourcentages d'Occupation au Sol des différents types de couvert par rapport à la surface totale de chaque espace vert	48
Tableau 4 : Succès de piégeage et richesse spécifique des micromammifères par espace vert sur 2012-2013-2014	49
Tableau 5 : Abondance et richesse spécifique des oiseaux par espace vert en 2014	49
Tableau 6 : Caractéristiques des corridors	68
Tableau 7 : Caractéristiques des corridors par espace verts	68

ANNEXES

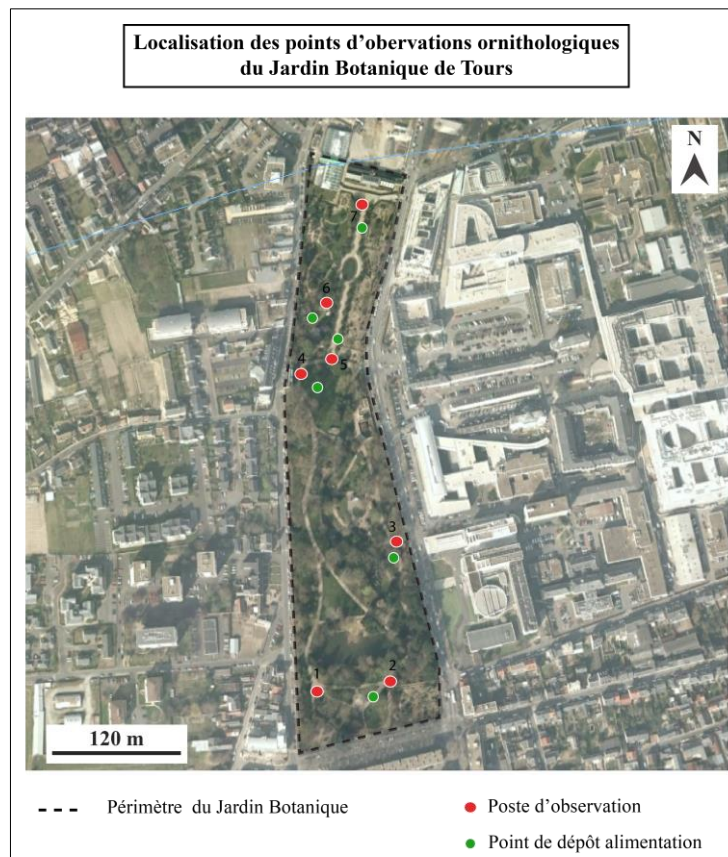
ANNEXE 1 : LOCALISATION DES DIFFERENTES ZONES DE PIEGEAGES DES MICROMAMMIFERES POUR CHAQUE PARC (REALISATION : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH)



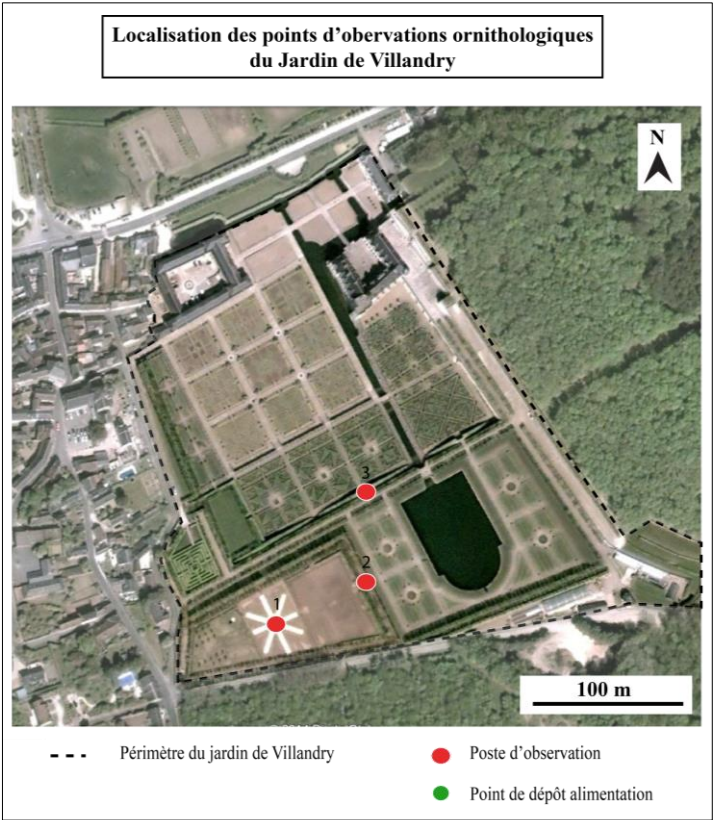




ANNEXE 2 : LOCALISATION DES DIFFERENTS POINTS D'OBSERVATION DES OISEAUX POUR CHAQUE PARC (REALISATION : ANTIER, POULIQUEN, RYCKEBUSCH)







ANNEXE 3 : SURFACE MINIMALE VITALE POUR LES MICROMAMMIFERES

Surface minimale vitale par espèces	
Campagnol agreste	200 m ²
Campagnol roussâtre	800 m ²
Mulot sylvestre	Entre 800 m ² et 1 500 m ²
Musaraigne crocidure	100 m ²
Souris domestique	2 000 m ²

(Source : Schwenke, 1986 et Saint-girons, 1960)

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	8
A. Composantes internes et externes des espaces verts	9
1. Trames vertes et continuités écologiques	11
2. Matrice urbaine	12
3. Taille des espaces verts	13
4. Couvert végétal	14
B. Choix d'étude des micromammifères et oiseaux	15
1. Le choix d'étude des micromammifères.....	15
2. Le choix d'étude des oiseaux	15
C. Problématique et hypothèses	16
Matériels et méthodes	17
A. Le périmètre d'étude	18
B. Les différents sites d'étude	19
1. Le Jardin Botanique	20
2. Le Jardin des Prébendes d'Oé.....	Erreur ! Signet non défini.
3. Le Jardin de la Préfecture	Erreur ! Signet non défini.
4. Le Lac de la Bergeonnerie	Erreur ! Signet non défini.
5. Les Jardins de Villandry.....	28
6. Un site témoin : la forêt de Chinon.....	30
C. Méthode d'échantillonnage	Erreur ! Signet non défini.
1. Les micromammifères	Erreur ! Signet non défini.
2. Les oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
D. Méthode d'analyse des données	Erreur ! Signet non défini.
1. Indicateur de résultats des captures et observations	Erreur ! Signet non défini.
2. Analyse des relations entre les caractéristiques des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
3. Analyse des relations entre la structure du paysage urbain autour des espaces verts et les données de micromammifères et oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
4. Analyse de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
Résultats.....	38
A. Résultats généraux des captures et des observations.....	39
1. Abondance et richesse spécifiques sur l'ensemble des sites d'étude.....	39
2. Abondance et richesse spécifiques par site étudié.....	42
3. Abondance et richesse spécifique par régime alimentaire par site étudié	45

B. Analyse des relations entre les caractéristiques internes des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
1. Données numériques des caractéristiques des espaces verts et des captures et observations	Erreur ! Signet non défini.
2. Relation entre la surface des espaces et les données de capture et d'observation	49
3. Pourcentages d'Occupation au Sol	51
C. Analyse des relations entre les caractéristiques externes des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux	57
1. Relations entre la structure du paysage urbain autour des espaces verts et les données des micromammifères et oiseaux	Erreur ! Signet non défini.
2. Analyse de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et oiseaux	66
Discussion.....	71
A. Un succès de piégeage et une richesse spécifique relativement élevés	Erreur ! Signet non défini.
1. Un succès de piégeage en hausse.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Un taux de recapture peu interprétable.....	Erreur ! Signet non défini.
3. Richesse spécifique.....	Erreur ! Signet non défini.
B. Influence de l'ouverture du milieu et des ressources trophiques	Erreur ! Signet non défini.
1. Superficie des espaces verts	Erreur ! Signet non défini.
2. Occupation au sol	Erreur ! Signet non défini.
C. Gradient d'urbanisation	77
D. Etude de l'influence de la connectivité des espaces verts sur la répartition des micromammifères et des oiseaux.	79
Limites.....	81
Conclusion	84
Ouverture.....	87
Bibliographie	90
Tables des illustrations	95
Annexes.....	98
Tables des matières.....	106

CITERES

UMR 6173

Cités, Territoires,
Environnement et
Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement,
Paysage,
Environnement



35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeurs de recherche :

ISSELIN-NONDEDEU Francis & BOULAY Raphaël

ANTIER Lolita, POULIQUEN Maxime et RYCKEBUSCH Valentin
DA5 2014-2015

Etude de l'impact de facteurs internes et externes des espaces verts sur la répartition des populations d'oiseaux et de micromammifères

Résumé :

Actuellement, nombreuses sont les problématiques environnementales. Ainsi, l'aménagement du territoire est un outil essentiel pour y répondre. Un aménagement durable est aujourd'hui primordial. Cela passe notamment par la prise en compte de la biodiversité. Cette biodiversité est présente dans les milieux naturels et les milieux urbains. En effet, les espaces verts, parcs et jardins sont considérés comme des îlots urbains abritant une certaine biodiversité isolée d'autres réservoirs biologiques. Par exemple, la trame verte urbaine est un outil qui peut permettre de désenclaver cette biodiversité urbaine en facilitant les déplacements et les échanges génétiques.

Pour la mise en place et le bon fonctionnement de ces outils il est primordial de comprendre comment les populations animales et végétales vivent dans ce milieu urbain et montrer quels facteurs peuvent impacter leur répartition au sein de cette matrice urbaine.

Ce projet de fin d'études fait suite à un deux précédents projets intitulés :

- « Les relations entre les communautés de micromammifères et les structures des espaces verts en ville » mené en 2012 par Nouk REMOND et Raphaël ROUSSILLE.
- « Évaluation de la structure de la Trame Verte Urbaine au travers de communautés de micromammifères » mené en 2013 par KLINGELSCHMIDT Florian, KNOEPFFLER Valentin et SENÉ Damien.

Cette étude a donc pour objectif de caractériser les populations de micromammifères et d'oiseaux au travers d'analyses de facteurs impactant ces dernières sur 6 sites différents : le jardin Botanique, le jardin des Prébendes, le jardin de la Préfecture, le lac de la Bergeronnerie, les jardins de Villandry et la Forêt de Chinon (site témoin du milieu naturel).

Enfin, ce projet de fin d'études s'insère dans la continuité du projet de recherche CESAT du programme national GESSOL qui s'intéresse plus particulièrement à l'évaluation de la structure des communautés de micromammifères représentant un indicateur judicieux pour évaluer les fonctions écologiques des sols et des espaces verts.

Mots Clés : micromammifères, oiseaux, agglomération tourangelle, espaces verts, trame verte urbaine, gradient d'urbanisation, corridors écologiques, couvert végétal, biodiversité urbaine, fragmentation, distribution des espèces.