

ANAÏS LEGER-SMITH, AUDREY MARCO, ANNE PÉRÉ
CONSTANCE RINGON, LAURA GIRARD, GENEVIÈVE BRETAGNE
LAURÈNE PILLOT, BORIS PRESSEQ

MORPHOBIOT, FORMES URBAINES AU PRISME DU VIVANT



MORPHOBIOT

**FORMES URBAINES AU PRISME DU VIVANT
CINQ QUARTIERS RÉSIDENTIELS TOULOUSAINS**

ANAÏS LEGER-SMITH

AUDREY MARCO

ANNE PÉRÉ

CONSTANCE RINGON

LAURA GIRARD

GENEVIÈVE BRETAGNE

LAURÈNE PILLOT

BORIS PRESSEQ

Plan Urbanisme Construction Architecture
Ministères Aménagement du Territoire, Transition écologique
Arche Sud - 92055 La Défense cedex
www.urbanisme-puca.gouv.fr

Directeur de la publication

François Ménard, secrétaire permanent par intérim du PUCA

Responsable de l'action

Sophie Carré, chargée de projets de recherche

Coordination éditoriale et mise en page

Bénédicte Bercovici, chargée de valorisation

ISBN : 978-2-11-139349-3

Photos : couverture : Formes urbaines au prisme du vivant.
Cinq quartiers résidentiels toulousains. © Equipe MorphobioT, 2023
p. 156 : © Bénédicte Bercovici, PUCA
Octobre 2025

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS DU PLAN URBANISME CONSTRUCTION ARCHITECTURE	8
PRÉFACE ET REMERCIEMENTS	12
INTRODUCTION	18
CO-PENSER LA FORME URBAINE RÉSIDENTIELLE COMME UN SYSTÈME VIVANT COMPLEXE	19
La « forme bâti-végétal », un nouvel objet de recherche pour repenser la forme urbaine	21
Questionnements et hypothèses de recherche	23
PARTIE 1 - MÉTHODE : LECTURE PLURIDISCIPLINAIRE, TRANSCALAIRE ET TEMPORELLE DE LA FORME BÂTI-VEGETAL	24
LES MÉTHODES COMMUNES, DÉMARCHE COLLECTIVE SUR 5 MODÈLES URBAINS	25
Approche transscalaire et temporelle de la forme bâti-végétal	25
Se doter d'outils de représentation comme moyens d'investigation et de formalisation	26
Dialoguer et s'acculturer pour élaborer une vision intégrative de la forme	34
Justification des terrains d'enquête : 5 modèles urbains ville-nature	36
CARACTÉRISER LA DIVERSITÉ DES FORMES RÉSIDENTIELLES URBAINES, ARCHITECTURALES ET VÉGÉTALES DES CINQ SITES ; ENTRE SCIENCES DE L'AMÉNAGEMENT ET SCIENCES DU VIVANT	43
Présentation de l'approche descriptive	43
Émergence des formes associées bâti-végétal comme unité de lecture au sein de chaque tissu résidentiel	50
CARACTÉRISER LA DIVERSITÉ ORNITHOLOGIQUE : DE LA « NATURE » À LA BIODIVERSITÉ DANS LES TISSUS RÉSIDENTIELS	56
Mesurer et décrire la communauté d'oiseaux au sein des tissus	56
Caractériser la diversité fonctionnelle avifaune en lien avec les formes bâti-végétal	58
CARACTÉRISER L'ATTRACTIVITÉ AVIFAUNE DES CINQ FORMES RÉSIDENTIELLES PAR UNE LECTURE TRANSVERSALE ET TRANSCALAIRE DES DONNÉES	61

PARTIE 2 - RÉSULTATS : FORMES BATI-VEGETAL SIGNIFIANTES POUR L'ACCUEIL ET LE MAINTIEN DE L'AVIFAUNE	64
L'ARCHITECTURE VÉGÉTALE ET BÂTIE COMME HÔTE DE L'AVIFAUNE	69
DES FORMES BÂTI-VÉGÉTAL ATTRACTIVES POUR L'AVIFAUNE : DES TYPOLOGIES AU QUARTIER	69
ANCELY	69
SAINT-SIMON	80
BUSCA	86
CASTORS	91
VIDAILHAN	96
Conclusions et réflexions méthodologiques	104
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE D'UNE FORME RÉSIDENTIELLE « BIODIVERSITAIRE »	107
S'inspirer de représentations graphiques pluridisciplinaires	107
Tester une représentation via le grand ensemble boisé d'Ancely : le continuum systémique	108
 PARTIE 3 - RÉSULTATS : DES FACTEURS GÉNÉRATEURS DE BIODIVERSITÉ POUR LA DÉMARCHE DE CONCEPTION DES FORMES RÉSIDENTIELLES	 112
FACTEURS GÉNÉRATEURS DE BIODIVERSITÉ, ENTRE SITE ET MODÈLE	113
Le quartier, échelle « relais » de la biodiversité territoriale	113
L'héritage des sites : du modèle initial à son hybridation	114
L'attractivité des formes végétales vis-à-vis de l'avifaune, une influence conjointe du site et du modèle	115
Des pratiques habitantes pouvant affaiblir l'attractivité avifaune	118
L'enveloppe architecturale, comme potentiel d'attractivité pour l'avifaune	119
FORMES BÂTI-VÉGÉTAL À DIVERSES ÉCHELLES COMME NOUVELLE UNITÉ DE CONCEPTION, ENTRE ARCHITECTURE ET QUARTIER	121
Définir cette nouvelle unité de conception autour de situations relationnelles entre architecture et quartier	121
Repenser une démarche de conception autour du rapport bâti-végétal. De la situation relationnelle à un savoir transférable pour le projet	122

CONCLUSION	128
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	134
TABLE DES ILLUSTRATIONS	142
BIOGRAPHIES DES AUTEUR(E)S	148
CONSEIL SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME BAUM	152
ALLER PLUS LOIN	156



Photos de gauche à droite : 1, 2, 3 : Relevés de terrain, quartier Vidailhan, Balma.



Photo 1 : Relevés de terrain, quartier Vidailhan, Balma.



Photo 2 : Relevés de terrain, quartier Ancely, Toulouse.



Photo 3 : Relevés de terrain, quartier Saint-Simon, Toulouse.



Photo 1 : Relevés de terrain, quartier Ancely, Toulouse.



Photo 2 : Relevés de terrain, quartier Vidailhan, Balma.



Photo 3 : Relevés de terrain, quartier Vidailhan, Balma.

AVANT-PROPOS

Plan Urbanisme Construction Architecture

Dans son programme partenarial pluri-annuel 2018-2022, le PUCA a ouvert un chapitre « résilience », et dessiné ainsi, pour les années à venir, les perspectives de partenariats avec les représentants des sciences du vivant, dans la recherche de réponses aux questions pressantes que posent à nos sociétés, l'adaptation au changement climatique, la préservation de la biodiversité, l'usage mesuré des ressources planétaires.

Le programme BAUM est né en 2018 dans le sillage du programme de recherche « Vers des politiques publiques de densification et d'intensification douces ? Intérêts, limites et opportunités », lancé en 2013 par le PUCA ; ce programme s'inscrivait lui-même dans la continuité de travaux de recherche précédents, autour des thèmes de la densification, la ville dense, ou encore la densité dans le périurbain.

BAUM est apparu alors qu'on ne pouvait plus ignorer le vivant, dans nos villes et dans nos politiques publiques de densification. La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, adoptée en 2016, nous obligeait ; mais surtout, elle se faisait le reflet d'une prise de conscience collective des voies alternatives à rechercher, dans les projets de densification urbaine, avec l'aide des écologues, si mal connus des acteurs de l'aménagement.

Que soit ici remerciée en particulier Hélène Peskine, secrétaire permanente du PUCA de mai 2017 à septembre 2024, à l'initiative du programme BAUM, pour sa clairvoyance et son soutien dans la réalisation et la valorisation de celui-ci.

Des partenaires enthousiastes très vite rejoignent le PUCA. Le Muséum national d'histoire naturelle, (MNHN), avec en particulier Philippe Clergeau, écologue, professeur émérite, directeur scientifique du programme BAUM, et l'un des premiers en France à avoir interrogé la place de la biodiversité en milieu urbain ; le MNHN accueillera chaque année jusqu'en 2023 une rencontre BAUM acteurs-chercheurs, dans le Grand amphithéâtre du Muséum, qui nous permettra de partager les avancées des recherches avec un public élargi. La Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), accueille spontanément, dès 2019, dans le cadre d'un

post-doctorat de 10 mois, Morgane Fléreau, docteure en géographie et aménagement, pour la réalisation d'une revue de la littérature scientifique consacrée aux liens entre formes urbaines et biodiversité, à l'échelle du quartier, dans les villes occidentales. Des résultats de celle-ci, objet d'une publication du PUCA¹, nous tirerons des enseignements indispensables à la poursuite du programme, et le premier d'entre eux : les chercheurs, écologues et urbanistes, géographes, architectes ou sociologues, sont très peu nombreux à collaborer, et se comprennent mal car ils utilisent des outils de recherche différents. Ainsi, les acteurs de l'aménagement parviennent-ils difficilement à s'emparer des résultats de la recherche en écologie. La Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature (DGALN), en charge de la conception des politiques publiques d'aménagement, notre partenaire de tous les instants au Ministère de la transition écologique (MTE), et l'Office français de la biodiversité, agence sous tutelle du MTE, qui voient une opportunité d'encourager la coopération entre les champs disciplinaires de l'écologie et de l'aménagement du territoire, soutiendront le programme BAUM, initié par le PUCA. Enfin, un comité scientifique du programme réunit 18 représentants de la recherche, ou d'institutions en charge de l'animation des politiques publiques, dans les champs disciplinaires de l'écologie et de l'aménagement du territoire, sous la présidence de Philippe Clergeau.

À l'appel à projets de recherche lancé en février 2020 par le PUCA, répondent quarante-cinq équipes, associant chercheurs et acteurs de l'aménagement, dans les champs disciplinaires de l'écologie et de l'aménagement du territoire. Le territoire national entier est représenté.

Six recherches sont sélectionnées pour être soutenues par le PUCA et ses partenaires, l'OFB et la DGALN, et débutent à l'automne 2020 :

- **MORPHOBIOT** (Formes urbaines et MORPHologie végétales en ville pour la BIOdiversité : le cas de la ville de Toulouse) : pilotée par l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Toulouse
- **BIOREV'AIX** (Biodiversité et réseau viaire à Aix-en-Provence) : pilotée par l'Université d'Aix-Marseille
- **REAUMUR** (Réponses Ecologiques Aux Morphologies Urbaines) : pilotée par l'Université de Franche-Comté
- **EVOLVILLE** (L'évolution s'invite en ville) : pilotée par le Centre national de la recherche scientifique et l'Université de Strasbourg

1 *Formes urbaines et biodiversité - Un état des connaissances*, Réflexions en partage, PUCA, 2020, <https://www.urbanisme-puca.gouv.fr/formes-urbaines-et-biodiversite-un-etat-des-a2156.html>

- **FRUGACITÉ** (FoRmes Urbaines des quartiers de GARe ou à fortes contraintes et biodiversITÉ) : pilotée par la société AREP, filiale de SNCF Gares & Connexions

- **TRAM'BIOSOL** (Intégration de la Trame brune et de la biodiversité lombricienne des sols dans les programmes d'aménagement urbain) : pilotée par le bureau d'études Sol Paysage (SA).

A l'automne 2023, après que les équipes ont pu confronter leurs premiers résultats, et soumettre ceux-ci à l'appréciation de leurs pairs et du public dans le cadre des rencontres BAUM acteurs-chercheurs, à l'issue d'un appel à candidatures, François-Marie Martin, géographe, docteur en écologie, est missionné par le PUCA pour réaliser, au sein du laboratoire THEMA de l'Université de Franche-Comté, une synthèse des outils descripteurs de la forme urbaine déployés dans les six recherches du programme et proposer un référentiel à destination des acteurs de l'aménagement.

Aujourd'hui, les sept recherches du programme BAUM sont achevées. Les rapports de recherche font l'objet d'une publication par le PUCA dans une collection destinée à favoriser la diffusion des enseignements de ce programme auprès d'un public averti. Nous avons le plaisir de vous présenter ici le sixième cahier.

Le PUCA remercie chaleureusement tous les partenaires du programme, institutionnels, chercheurs, partenaires du conseil scientifique et du comité de pilotage, intervenants invités des rencontres acteurs-chercheurs, et aussi le public fidèle du programme BAUM, tous compagnons de route durant les six ans de cette aventure.

Sophie Carré,
Chargée de programmes de recherche,
responsable du programme BAUM

PRÉFACE

Le monde de la recherche scientifique fait le constat depuis plusieurs années d'une perte de biodiversité dans les villes. À l'ère de l'Anthropocène, les causes majeures en sont connues : croissance urbaine, destruction et fragmentation des milieux naturels, dégradation de la qualité des habitats par les pollutions anthropiques, homogénéisation du vivant. La question de la protection, du maintien ou du développement de la biodiversité dans les villes est étudiée depuis l'émergence de la discipline de l'écologie urbaine (Salomon Cavin & Granjou, 2021). Les sujets articulant densité, formes et biodiversité retiennent de plus en plus l'attention dans les écoles de conception architecturale, urbaine et paysagère et les laboratoires de recherche. Les architectes, urbanistes et paysagistes travaillent de façon plus rapprochée avec les sciences du vivant, écologues, naturalistes, botanistes, pour faire évoluer les pratiques, pour imaginer un urbanisme « biodiversitaire » (Clergeau, 2020). Plusieurs chaires de recherche et programmes explorent actuellement ce sujet et encouragent la formation d'équipes hybrides entre praticiens et chercheurs pour établir les contours d'une recherche résolument pluridisciplinaire et appliquée¹. À travers ces programmes de recherche, menés au sein des écoles de conception, l'objectif est d'amener à une ouverture des pratiques de la conception, de la fabrique de la ville, vers des domaines de savoir aujourd'hui essentiel à la compréhension fonctionnelle des milieux urbains (Leger-Smith, 2025 ; Marco et al., 2022). La production de savoir dans ce domaine mobilise souvent des méthodologies de recherche-action, ou de recherche par le projet, afin d'intégrer démarche scientifique et démarche prospective (Bielher et al., 2023). Elle amène à questionner les paradigmes disciplinaires pour créer des outils et vocabulaires en commun à déployer. La méthodologie de recherche est centrale dans une démarche scientifique en commun, elle permet l'avancement d'un savoir à la croisée des questionnements contemporains à partir du moment où chacun accepte de se départir de son paradigme scientifique pour co-construire, ce qui ne va toujours pas de soi. Le projet de recherche MorphoBioT « Formes urbaines et MORPHologie végétales en ville pour la BIODiversité : le cas de la ville de Toulouse » s'inscrit dans cette perspective. Il fait le pari de cet échange possible au risque de devoir sortir d'une zone de confort disciplinaire, en visant une hybridation entre sciences du projet et sciences du vivant.

1 Par exemple, le programme ÉRABLE, Raconter le vivant pour agir. Inscrit dans la Stratégie nationale pour la biodiversité 2030, ce programme mobilise les Élus par la Recherche-Action sur la Biodiversité Locale, Le réseau ENSAECO de l'enseignement de la transition écologique dans les Ecoles Nationales Supérieures d'Architecture, Le GrUE Groupe sur l'urbanisme écologique créé en 2017 dans le cadre de l'institut de la transition environnementale de Sorbonne Université.

D'une durée de 36 mois entre septembre 2020 et décembre 2023, le projet MorphoBioT s'inscrit dans l'appel à projets BAUM Biodiversité, Aménagement Urbain et Morphologie lancé en 2020 par le PUCA Plan Urbanisme Construction Architecture. Dans la perspective d'une pensée de la ville durable, il s'intéresse à la capacité d'une organisation spatiale urbaine à prendre en compte la préservation et la création de biodiversité. L'équipe pluridisciplinaire, dirigée par Anne Péré, architecte-urbaniste et maîtresse de conférence émérite au Laboratoire de Recherche en Architecture (LRA) de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse (ENSA Toulouse), a rassemblé des chercheurs en sciences de l'aménagement et en sciences du vivant. La coordination de l'équipe de recherche a été effectuée par Anaïs Leger-Smith, ingénieur paysagiste, maîtresse de conférence à l'ENSA Toulouse et Audrey Marco, phytoécologue, maîtresse de conférence au Laboratoire de recherche en projet de paysage (Larep) de l'Ecole Nationale Supérieure de Paysage (ENSP). Plus précisément, l'équipe a rassemblé du LRA, Constance Ringon et Laura Girard, architectes historiennes, maîtresses de conférence à l'ENSA Toulouse, puis Boris Presseq, botaniste au Museum d'Histoire Naturelle de Toulouse ainsi que Geneviève Bretagne, urbaniste, et Laurène Pillot, ingénieure paysagiste toutes deux de l'Agence d'urbanisme et d'aménagement de Toulouse aire métropolitaine (AUAT). Ont également accompagné l'équipe, Fabien Claireau, Pauline Georges, Jordan Peyret, Solène Goury et Clélie Grangier de Naturalia Environnement, bureau d'étude en écologie missionné sur le volet ornithologique de la recherche, ainsi que Gabriel Guérin, Marie Ardilouze, stagiaires à l'ENSA Toulouse et Marion Hintzy, paysagiste conceptrice, missionnée sur le volet représentation graphique de la recherche.

Remerciements

Nous remercions particulièrement le comité scientifique et d'organisation de la programmation de recherche BAUM ainsi que tous les partenaires qui ont participé à cette recherche, les habitants qui ont bien voulu nous donner accès à leurs jardins.

Une équipe « partenaire » a été établie lors de la candidature rassemblant des chercheurs et des acteurs pluriels, collectivités, qui ont participé tout au long du projet à des ateliers et/ou workshops pour échanger sur le sujet, récolter les données en commun, affiner la démarche et les hypothèses et discuter des résultats :

- Agence Régionale de la Biodiversité Occitanie. Pierre Bieuzen, Chargé de projet, accompagnement et sensibilisation des acteurs. Données Observatoire Régional de la Biodiversité, inventaire actuellement réalisé avec la DREAL : Système d'information sur la nature et les paysages.

- Ville de Toulouse, Direction Jardins et Espaces Verts. François Freytet. Responsable du service Arbre en ville. Données inventaire des arbres de la métropole et Charte de l'Arbre. Terrains et inventaires communs. Participation aux temps d'échange.

- Toulouse Métropole, Direction Environnement et énergie, Domaine Aménagement durable biodiversité et cadre de vie. Isabelle Salvi, Chargée de mission espaces naturels et agricoles. Expertise de terrain. Participation aux temps d'échange. Lien avec la Direction de l'urbanisme de Toulouse Métropole.

- Direction départementale des territoires de la Haute-Garonne. Catherine Carot, Cheffe du service territorial (Aménagement - Urbanisme). Expertise de terrain, étude actuellement menée sur la biodiversité et les territoires. Mutualisation de données, participation aux temps d'échange.

- Experts par site. Ancely, Grand ensemble : Audrey Courbebaisse, Professeure, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme, Université Catholique de Louvain, Belgique. Vidailhan, écoquartier : Jérôme Classe, Atelier ATP, Maître de Conférences associé ENSA-Toulouse, travail de conception sur le site.

- Enrico Chapel, Architecte, Professeur Habilité à Diriger les Recherche, Histoire et Culture Architecturale. Urbanisme, territoire, formes urbaines et architecturales à travers les différentes époques, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse.

- Catherine Soula, Paysagiste-écologue, Maîtresse de Conférences, Villes et Territoires. Paysage, conception urbaine, écologie, biodiversité, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse.

Des partenaires nous ont rejoints tout au long du processus de recherche et des événements sur site et qui ont suivi le travail :

- Direction départementale des territoires de la Haute-Garonne. Catherine Hollard, Cheffe du pôle territorial Nord.
- OPPIDEA / EUROPOLIA SEM d'aménagement de Toulouse Métropole, Raphaël Catonnet, Directeur Général ; Valérie Garrigues, Responsable commercialisation et Coordinatrice qualité AUPE ; Elodie Bousquet, responsable de projet (Anciennement chez Carrère Promotion).
- Toulouse Métropole, Territoire Est, Sandra Guerrero, Chef de service Développement Urbain.
- Toulouse Métropole, Direction Environnement Énergie, Catherine Poli, Chef de projet Aménagement durable.
- Mairie de Toulouse, Direction Jardins et Espaces Verts, Sébastien Bancarel, Responsable du Service Entretien et Gardiennage.
- Habitants du quartier d'Ancely, de Saint-Simon, des Castors, de Vidailhan et du Busca.
- Association Vivr'A Vidailhan, Vincent Chaboy, Président de l'association.
- Association Habitante du Quartier Saint-Simon, Saint-Simon Environnement.
- Association des Riverains de la Prison Saint-Michel et du Busca Toulouse.

INTRODUCTION

CO-PENSER LA FORME URBAINE RÉSIDENTIELLE COMME UN SYSTÈME VIVANT COMPLEXE

En inscrivant notre réflexion sur la forme urbaine dans la pensée de la ville-nature, nous sommes partis de l'hypothèse que la forme urbaine bâtie ne peut pas être interrogée de façon dissociée de la forme végétale qui l'accompagne, parce qu'elles existent de fait, ou qu'elles sont co-pensées dans les pratiques de conception urbaine, et ce particulièrement dans des tissus à vocation d'habitat. Ce postulat de départ sur la forme urbaine invite dès lors à renouveler les manières de l'appréhender en s'attachant particulièrement aux relations qui s'opèrent entre forme du bâti et forme de la végétation.

La morphologie urbaine, comme étude de la « forme urbaine », mérite d'être repensée dans sa complexité en prenant en compte ses dynamiques d'évolution et de transformation qui rendent compte du rapport de la forme au sens (Levy, 2005). Roncayolo (2002) montre que la morphologie est une construction sociale et un lieu de pratiques. L'émergence d'un urbanisme écologique depuis les années 2000 pousse à reconsidérer l'aspect relationnel des formes bâties de la ville à leur environnement, en prenant en compte l'aspect fonctionnel du vivant, les trames et continuités, les noyaux d'habitat, mais aussi la notion de lisière qui définit une gradient progressif d'anthropisation plutôt qu'une limite nette entre espaces bâtis et non-bâtis. Dans une perspective nécessaire de développement durable des villes, des études ont montré que la végétation peut être considérée comme une part de la solution. Le programme de recherche VEGDUD² élabore une typologie fonctionnelle de la végétation en ville et recommande de ménager une place suffisante pour toutes les formes de végétation, dans un objectif climatique, thermique, et hydrologique. Xavier Lagurgue (2020) propose d'identifier des « signatures végétales » propres à chaque ville, décrivant les caractéristiques formelles des figures fonctionnelles de trames vertes et de leur assemblage en milieu urbain. Ainsi, si l'évolution récente du domaine d'étude de la forme urbaine permet d'ouvrir des pistes d'investigation notamment vers le végétal, il existe encore peu de travaux sur l'articulation directe entre formes bâties et formes végétales, constituant ainsi une perspective de recherche innovante.

Pour investir ces relations, la recherche MorphoBioT a souhaité interroger des tissus d'habitat résidentiels issus de modèles urbains (Choay, 1965) d'époques différentes. Ces modèles traduisent des rapports et des mo-

2 <https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/39/vegudud-role-du-vegetal-dans-le-developpement-urbain-durable>

des de production de ville-nature variés à travers l'histoire urbaine, des alliances aux qualités reconnues entre construction et végétation au regard de leur capacité à accueillir et maintenir une certaine biodiversité. Les agencements spécifiques de leur maillage parcellaire, des voies et des îlots, du bâti mais aussi des formes végétales et des espaces publics qui les accompagnent créent un éventail de situations relationnelles, de compositions, de configurations spatiales, architecturales et végétales qui nous semblent intéressantes à explorer au regard de leur efficience en matière de biodiversité (Flégeau, 2020).

D'un point de vue écologique, ces tissus d'habitat ont déjà démontré leur intérêt pour le déplacement du vivant à l'échelle de la ville en constituant des tissus « relais » entre les espaces de nature périphériques et le cœur de ville dense (Deschamps-Cottin et al., 2013). Ici, à l'échelle du quartier, nous avons souhaité les interroger par le biais de la diversité des formes végétales et ornithologiques qui co-existent avec les formes bâties. Les formes végétales, jardinées et paysagères de l'espace public et privé caractéristiques de ces tissus résidentiels sont de natures très variées dans leur organisation, composition, structuration et fonctionnement du fait des multiples facteurs qui influent sur leur constitution. Elles offrent des habitats potentiels pour la faune. Le choix du modèle faunistique a porté sur le fait que les oiseaux sont particulièrement sensibles à la composition et à la structuration de la végétation (chaque strate végétale pouvant jouer un rôle important en apportant nourriture, gîte et cache), mais aussi à certaines caractéristiques architecturales du bâti (nidification) et aux pratiques humaines qui s'y déploient (nourrissage). La qualité des assemblages végétaux et bâtis tant dans leur composition que configuration peut constituer un continuum paysager de milieux de vie, conditionnant le déplacement des oiseaux en lien avec les espaces de nature proches. Les oiseaux sont ainsi pertinents pour évaluer les échanges entre les formes résidentielles et les systèmes de parc situés à proximité des tissus investis. Bien que l'avifaune soit l'un des modèles biologiques les plus étudiés en ville, peu de travaux ont exploré cette dimension relationnelle de l'avifaune à la forme urbaine à l'échelle du quartier. Aussi, nous avons choisi d'investir le lien entre forme urbaine et biodiversité par cette triangulation bâti-végétal-oiseau. Dès lors, cette approche amène à penser le tissu urbain, et donc la forme urbaine, comme un système complexe intégrant le vivant. Il s'agit alors de comprendre le fonctionnement et la structure du système par la connaissance des relations, des processus et des régulations qui s'y déroulent. L'idée étant d'appréhender la forme urbaine comme une « forme socio-écosystémique complexe ».

Cette nouvelle appréhension de la forme urbaine ne peut se faire que par une démarche transversale et pluridisciplinaire. L'équipe de recherche

rassemble des chercheurs en sciences de l'aménagement et en sciences du vivant animés par une posture commune de regard renouvelé sur la forme, par un jeu de décentrement respectif mais aussi d'ouverture et de dialogue pour réinterroger les formes urbaines résidentielles explorées au regard de la biodiversité. Par ailleurs, en nous intéressant à des tissus résidentiels existants, nous avons fait le choix de réfléchir à la question de la biodiversité et de la forme urbaine dans un contexte de renouvellement de la ville sur elle-même. Il ne s'agit plus d'interroger la biodiversité selon un processus d'extension urbaine mais de l'observer et de l'analyser sur des tissus urbains existants, déjà constitués avec des approches propres du vivant et ayant eux-mêmes évolué au cours du temps. La recherche tend ainsi à produire des résultats visant à améliorer une situation résidentielle existante à partir des analyses qui ont été menées pour la comprendre. Aussi, la démarche retenue accorde une place importante :

- à la description et à l'analyse des tissus explorés. Il s'agira d'investir une description qualitative de la forme urbaine, de ce qui est observable tout en ayant une attention à une description renouvelée par la multiplicité des disciplines convoquées. Rappelons que cette description constitue une étape clé du processus de conception qu'elle soit architecturale, urbaine et paysagère : faire un état des lieux de ce qui existe en connaissance des trajectoires historiques, approfondir la connaissance du site et du contexte tout en envisageant les potentialités d'une situation est un préalable à toute démarche de conception.
- à l'intégration de l'ensemble des dimensions disciplinaires convoquées. Il s'agira de rassembler l'ensemble des éléments produits, de voir les articulations et les liens qui s'opèrent entre eux afin de produire une lecture systémique des tissus résidentiels investis et d'envisager des propositions d'amélioration qui transcendent les approches sectorielles de la fabrique urbaine.

La « forme bâti-végétal », un nouvel objet de recherche pour repenser la forme urbaine

Pour investir la forme urbaine résidentielle par le biais des relations entre forme bâtie et forme végétale, nous avons fait appel à trois registres de la forme urbaine. Le premier est celui de la forme urbaine comme forme des tissus urbains (Panerai et al., 1997) qui s'intéresse à l'étude des interrelations entre les éléments les composant, tels le parcellaire, le viaire, l'espace libre, l'espace bâti, constitutifs de tout tissu, en rapport avec le site, ou en focalisant l'analyse sur certains composants. Le deuxième registre est celui convoqué par le paysage comme continuum sensible s'intéressant au point de contact entre humain et milieux vivants dans la ville, ciblant les formes de nature, les espaces publics habités et les milieux anthropisés, à

travers les usages et les pratiques observées. La forme urbaine est ainsi appréhendée comme paysage vivant, typologie spatiale dynamique et forme sociale pour en éclairer les conditions de production (Delbaere, 2021; Leger-Smith, 2020). A ces deux registres, nous avons ajouté un troisième registre venant cette fois-ci des sciences du vivant pour appréhender la forme végétale. Il fait appel à la notion ancienne mais centrale de la phytogéographie à savoir la formation végétale qui se définit comme un « ensemble de végétaux formant une unité physionomique homogène due à la dominance d'une ou plusieurs formes biologiques » (Simon, 1998). Encore peu mobilisée en situation urbaine, cette notion permet d'aborder la végétation des formes urbaines sous l'angle physionomique et structural par le biais de paramètres descriptifs précis (hauteur de la formation, stratification...) qui permettent de différencier les formations végétales entre elles. Elles peuvent être décrites par d'autres descripteurs (composition, rythme de vie...) et explorées à diverses échelles venant ainsi les qualifier les unes par rapport aux autres au regard de leur écologie.

Après avoir réuni ces trois registres, formes des tissus urbains, formes des paysages et formes végétales, nous avons effectué une dernière étape conceptuelle pour investir la relation entre forme bâtie et forme végétale, à savoir défini un nouveau registre de forme, la forme bâti-végétal. Par ce mot composé, il s'agit d'appréhender de manière conjointe les deux entités reliées par un trait d'union : la forme bâtie avec la forme végétale. Cette appréhension conjointe de l'espace bâti et de l'espace ouvert, ou espace non-construit, est intéressante du point de vue du domaine de la conception urbaine car elle pourrait amener à définir une nouvelle unité de conception saisissable dans la fabrique urbaine : il ne s'agit plus de concevoir l'espace strictement par l'espace bâti ou uniquement par l'espace ouvert mais bien de penser les deux conjointement, combiner les deux entités dans un dialogue fructueux liant les deux formes. Ici on complexifie d'une part l'unité de conception architecturale du bâti en l'associant à la végétation qui l'accompagne mais aussi à une unité de conception urbaine et paysagère, car l'agencement et l'organisation de cette unité conditionnent les fonctionnalités écologiques à une échelle supérieure. D'un point de vue des sciences de la conception, cela permet d'envisager des formes et processus de projet favorisant l'articulation et les dynamiques temporelles entre architecture et milieux tandis que du côté des sciences écologiques, il s'agit de considérer le végétal avec le bâti et dans leurs interrelations comme générateur de milieu de vies. Plus concrètement, il s'agit de voir les caractéristiques relationnelles qui amènent à créer des unités bâti-végétal qui soient fonctionnelles pour le vivant. Notre recherche explorant ces relations avec les oiseaux, nous formulons le questionnement suivant : dans quelles mesures les formes bâti-végétal résidentielles créent des habitats potentiels pour l'avifaune ?

Questionnements et hypothèses de recherche

Le premier questionnement qui a animé l'équipe tout au long de la recherche a été de savoir si l'on peut identifier à travers l'histoire et l'évolution actuelle de la fabrique urbaine, notamment celle des formes urbaines résidentielles, des situations entre forme bâtie et forme végétale qui soient favorables à l'accueil de l'avifaune.

Pour cela nous nous sommes appuyés sur des modèles urbains représentatifs de l'histoire urbaine (modèle faubourg, modèle cité ouvrière...) qui traduisent des rapports et des modes de production de ville-nature variés à travers l'histoire urbaine, des alliances aux qualités reconnues entre construction et végétation. En explorant la diversité des agencements spécifiques des maillages parcellaires, des voies et des îlots, du bâti mais aussi des formes végétales et des espaces publics de ces modèles, nous tenterons de faire émerger des situations relationnelles, de compositions, de configurations spatiales, architecturales et végétales qui nous semblent intéressantes au regard de leur efficience en matière de biodiversité.

Notre hypothèse est qu'il existe des situations relationnelles « forme bâti-végétal » témoignant de composition et de configuration spécifiques intéressantes pour l'avifaune dans chacun des modèles urbains ville-nature investis, qu'il s'agira de faire émerger au cours de la recherche sous forme de typologies et ce aux différentes échelles spatiales identifiées, en tenant compte de l'histoire des tissus.

Le deuxième questionnement qui a également animé l'équipe et qui découle de l'identification de typologies bâti-végétal d'intérêt pour l'avifaune a été de faire émerger les facteurs qui conduisent à de telles situations relationnelles de biodiversité. Nous souhaitons différencier les facteurs qui relèvent à proprement parler du site et ceux du modèle urbain. La combinaison de ces deux effets confère au tissu étudié des potentiels d'accueil plus ou moins favorables à l'avifaune. Ainsi, nous définissons :

- L'« effet modèle » se comprend comme l'ensemble des caractéristiques propres au modèle urbain ville-nature étudié (principes de composition, plan d'organisation, gabarits architecturaux, typologies d'habitat, etc.) impactant l'attractivité avifaune.
- L'« effet site » relève des caractéristiques du contexte : les connexions aux continuités écologiques métropolitaines, la qualité propre du site au regard de l'attractivité avifaune, mais aussi l'appropriation habitante et l'évolution des milieux au cours du temps.

**MÉTHODE : LECTURE
PLURIDISCIPLINAIRE,
TRANSCALAIRE ET
TEMPORELLE DE LA FORME
BÂTI-VÉGÉTAL**

Cette partie permet d'introduire la méthode descriptive co-construite et déployée sur chacun des tissus urbains retenus pour caractériser la diversité des formes observées à travers des relevés disciplinaires entre sciences de l'aménagement et sciences du vivant.

LES MÉTHODES COMMUNES, DÉMARCHE COLLECTIVE SUR 5 MODÈLES URBAINS

Approche transscalaire et temporelle de la forme bâti-végétal

Même si l'échelle du quartier reste centrale dans cette recherche sur la forme urbaine, sa relecture vis-à-vis de la biodiversité invite à aborder la forme « bâti-végétal » à de multiples échelles, de l'échelle foncière à l'échelle territoriale en convoquant l'approche géographique, et de porter attention à l'influence des échelles entre elles. Aussi, la recherche accorde une place importante à l'exploration de la forme urbaine selon une approche transscalaire permettant un découpage et un emboîtement du tissu urbain traduisant un ensemble cohérent. Nous avons choisi de mener l'exploration de la forme bâti-végétal des tissus résidentiels selon trois échelles :

- **L'échelle architecturale du bâtiment** (décrite au 1000ème, 500ème et 200ème) : il s'agit d'explorer la relation de proximité entre le bâtiment et l'espace extérieur qui l'accompagne. Observer plus spécifiquement le rapport du bâtiment à la rue, son implantation, le rapport entre végétal et bâtiment (hauteur, distance, seuil, ...), l'organisation des usages humains au regard de la vie du bâtiment et de l'espace extérieur, la gestion du végétal.
- **L'échelle du secteur urbain** (décrite au 5000ème) : on s'intéressera ici à l'assemblage produit, permettant d'observer la trame bâtie avec la trame végétale, la composition et la configuration des formes végétales et bâties générant la forme urbaine et paysagère, les continuités et discontinuités, la place de l'espace public, les superficies parcellaires, les limites, la production historique de la forme, son évolution au cours du temps.
- **L'échelle de la continuité territoriale** (décrite au 50000ème et 100000ème) : la biodiversité à l'échelle du quartier est supposée dépendante de la qualité de sa connexion avec des secteurs de nature à proximité. Il s'agit d'appréhender l'inscription du quartier dans les trames métropolitaines de nature, et de « resituer » territorialement les quartiers dans le discours visant à qualifier la biodiversité.

Par ailleurs, l'appréhension de la forme urbaine par le prisme de la biodiversité ne peut se faire sans une exploration temporelle de sa production. Les formes « bâti-végétal » observées subissent depuis leur édification un commensalisme irréductible du vivant non-humain, et ce, selon différents régimes d'évolution. Prendre en compte l'approche historique de la forme « bâti-végétal » c'est prendre en compte la pensée de cette forme à un moment précis de l'histoire mais aussi son évolution dans le temps. La biodiversité observée aujourd'hui résulte de la forme initiale et de son évolution. Cette approche temporelle nous invite donc à nous replonger dans l'histoire urbaine des quartiers résidentiels pour interroger la relation forme urbaine et biodiversité à travers diverses temporalités. Raconter l'histoire de ces tissus au regard de leur capacité actuelle d'accueil du vivant consiste à considérer que les traces urbaines, architecturales et paysagères héritées sont potentiellement génératrices de biodiversité.

Se doter d'outils de représentation comme moyens d'investigation et de formalisation

Pour explorer la forme bâti-végétal au sein de la forme urbaine selon différentes échelles spatiale et temporelle, nous avons mis en place une méthodologie de recherche convoquant des représentations partagées, avec l'objectif d'explorer par le dessin l'aspect systémique et fonctionnel des tissus. Nous étions partis du constat que les sciences du vivant ont du mal à représenter le vivant dans une spatialité et que les sciences de l'espace ont du mal à représenter le mouvement, le vivant. La recherche par le dessin relève d'une démarche inductive de « chercher en faisant », par les outils du projet, propre à certaines recherches menées dans les écoles d'architecture et de paysage. Si le projet est défini comme une « anticipation opératoire partiellement déterminée » (Boutinet, 1992), faire de la recherche, c'est aussi comprendre le projet comme une production intellectuelle et comme un outil de recherche qui permettrait d'accumuler un savoir transmissible et cumulatif (Picon, 2021; Rambert, 2019). Cette méthodologie explore l'espace en tant qu'objet de connaissance, terrain d'investigation, espace conçu et vécu, support d'expériences et de pratiques. Nous invoquons une recherche par le projet faite de « moments ou situations de pratique qui tirent profit de démarches ou outils de conception » (Salles & Moquay, 2022).

En représentant les données collectées, la démarche offre un dispositif d'observation collective entre les différents membres de l'équipe de recherche : regarder autrement invite chacun à dépasser une lecture disciplinaire de la forme et à réfléchir à une façon de la lire de manière plus transversale et plus intégrative, tout en lui donnant une réalité spatiale. La recherche par les outils de la conception, et notamment la représenta-

tion graphique propre à la culture de projet, peut être un facteur initiateur d'inter-disciplinarité (Leger-Smith et al., 2022). Comme l'affirme la professeure Lisa Diedrich (2021), la recherche par les outils de la conception est une entreprise transdisciplinaire alors qu'aucune discipline ne peut prétendre résoudre seule des problèmes globalement enchevêtrés. La démarche considère ici le dessin, ou la figuration de formes et de processus, comme un outil d'investigation autant qu'un outil de simple représentation ou rendu. De nombreux auteurs ont exploré cette dimension, et notamment le dessin comme technique permettant d'accéder à l'intuition pour spéculer sur les possibilités et établir des connexions entre les disciplines, en reliant la théorie et la pratique, l'idée et la forme, pour étudier comment cette connaissance peut être utilisée directement pour informer la conception (Moore, 2019), ou comme moyen de découverte (Van Dooren, 2019).

Ainsi, à l'étape de l'inventaire fin et des relevés, la représentation comme outil de collecte peut s'assimiler à ce que l'on appelle l'analyse inventive en conception, c'est-à-dire une manière de décrire tout en imaginant les transformations spatiales possibles. Lors de la mise en partage, la recherche par la représentation comme outil analytique et prospectif offre également les conditions de la discussion afin d'amener à de véritables croisements disciplinaires dans l'appréhension de la forme pour faire émerger de nouveaux questionnements, de nouvelles hypothèses et réorienter la recherche. Enfin, à l'étape de la présentation des résultats, il s'agit d'imaginer une représentation graphique comme outil de dissémination traduisant la démarche de recherche et les formes, interactions et processus à l'œuvre dans ces tissus générateurs de biodiversité. Nous verrons dans les pages suivantes que ce cheminement nous amène à passer du plan à la coupe, et vice-versa, ceci en traversant les échelles.

Afin de développer notre méthodologie, une première étape nous a permis de rassembler quelques références de représentations systémiques intéressantes concernant le vivant et les formes urbaines. Quelques aspects en sont présentés dans les encarts suivants. Il existe de nombreuses représentations graphiques montrant les tissus urbains « habités », les socio-écosystèmes du vivant en mouvement et les typologies spatiales associatives, et cela dans le domaine de la recherche ou du projet. Afin d'identifier des références graphiques, nous avons sélectionné des exemples qui répondaient aux objectifs de : croiser les regards par la représentation, imaginer un outil transversal, faire coexister des niveaux de données différentes, faire dialoguer les outils de travail et ceux de la communication, représenter le temps et les processus dynamiques du vivant, représenter les diverses strates. Les représentations devaient être un support de discussion et d'analyse, afin de rendre la recherche appropriable et opérationnelle, permettant de poser des hypothèses de projet.

A travers le développement de nombreux essais successifs, l'équipe a ensuite progressivement construit un mode de représentation partagé illustrant au mieux les strates héritées, les qualités du sol, ou encore les seuils architecture-végétal, tout en gardant un même niveau de détail de l'architecture au vivant. L'objectif était d'aboutir à une écriture commune en confrontant les cultures disciplinaires pour faire émerger de la connaissance de ce croisement.

Focus sur les représentations partagées et interdisciplinaires entre science du projet et sciences du vivant et sur les représentations d'un continuum bâti-végétal-urbain.

Afin de mettre en place une représentation partagée pour la recherche, plusieurs références ont été examinées :

- les représentations de l'Atelier Parisien d'Urbanisme pour mettre en lien le type de tissus urbains, l'effet îlot de chaleur, la végétation comme un paramètre, à travers une analyse pour faire ressortir les strates.

- l'exemple de l'Atlas de la métropole nature de Tours publié par l'Agence d'Urbanisme de l'Agglomération de Tours en Novembre 2020 faisant état de l'accélération de l'effet d'Ilots de Chaleur Urbain. Le document s'intéresse en particulier au taux d'occupation du sol par le végétal et ses diverses strates, permettant l'identification d'une « empreinte végétale » en plan. En coupe, la réflexion permet de décrire les strates arborées, arbustives, herbacées, plantes grimpantes et muscinale.

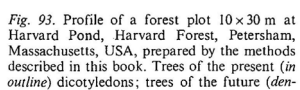
Figure 1 : Situations et perspectives de la place de la nature à Paris. Atelier Parisien d'Urbanisme, Blancot, 2011.



Figure 2 : Atlas de la métropole pour végétaliser et désimperméabiliser la ville, Agence d'urbanisme de Tours, 2020.



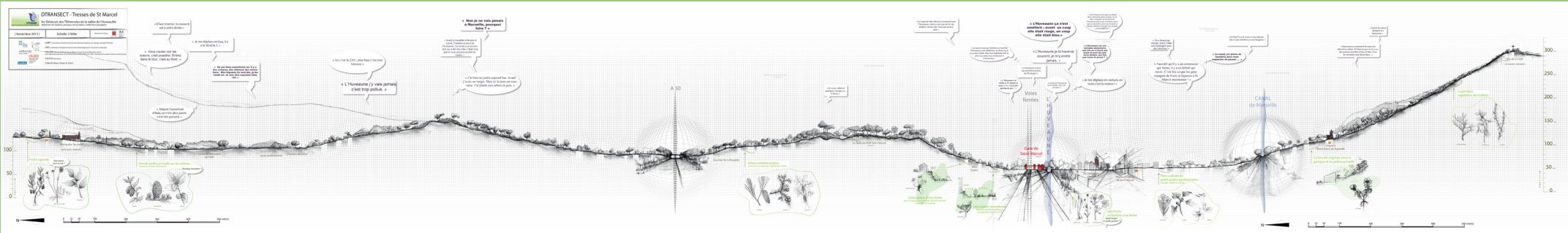
- les représentations naturalistes du botaniste Francis Hallé (lectures des formations végétales, Projection et interactions entre les houppiers en plan, Stratification végétale et densité végétale, Échelle des hauteurs).



sely stippled) mainly *Tsuga canadensis*, most understorey dicotyledons are being smothered. Compare this figure to Figure 85 in order to understand slow, steady growth of gymnosperms. Further explanation in the text

- le travail en coupe du projet de recherche D-Transect pour l'emboîtement des échelles et l'utilisation d'une trame de fond de relevé.

Figure 4 : Exemple d'une représentation pour la recherche D-Transect, Pousin et al., 2016.



- des coupes de paysagistes-concepteur montrant le continuum systémique et habité entre architecture, urbain et milieux vivants. La coupe montre les relations de gabarits architecturaux et de végétation, les co-visibilités, l'inscription des usages dans le continuum.

Figure 5 : Exemple d'une représentation pour le projet, Agence TER.



Dialoguer et s'acculturer pour élaborer une vision intégrative de la forme

L'idée de cette recherche était aussi d'établir un dialogue permanent avec les acteurs de l'aménagement en créant des situations de discussion et de partage tout au long de la recherche. Ce dialogue avait pour objectif de nous amener vers une approche transdisciplinaire de la forme, c'est-à-dire de la mettre en discussion avec la réalité actuelle de la fabrique urbaine³, afin d'ajuster au mieux les propositions de transférabilité de nos résultats de recherche. Le projet s'est donc articulé autour de temps de rencontres transversaux à l'équipe de recherche et aux partenaires impliqués. Ils ont pris la forme d'ateliers d'acteurs où les partenaires locaux (l'Agence Régionale de la Biodiversité Occitanie, la Ville de Toulouse et sa Direction Jardins et Espaces Verts, Toulouse Métropole et sa Direction Environnement et énergie, Domaine Aménagement durable biodiversité et cadre de vie, la Direction Départementale des Territoires, et l'Atelier ATP, agence de paysage) ainsi que des promoteurs, aménageurs (Oppidea), des associations habitantes de quartiers, partenaires de la démarche, intéressés par les analyses et en attente d'ouverture sur des façons de mieux prendre en compte la biodiversité sur leur territoire et leur projet ont été associés, lors de moments particuliers de la démarche de recherche. Dans cette perspective de dialogue permanent, la restitution finale de la recherche a été réalisée sous la forme d'un séminaire avec une centaine de participants le 8 décembre 2023 au Museum d'Histoire naturelle de Toulouse.

3 Revue d'urbanisme Diagonal (30 janvier 2024). Xavier Lagurgue, architecte : "Il n'y a pas de forme urbaine idéale". *Revue Diagonal*. <https://doi.org/10.58079/vpq5>

Figure 6 : Ateliers d'acteurs et workshop conduits tout au long de la recherche, Equipe Morphobiot.



Le 14-15 octobre 2021, présentation de la recherche et récolte de données auprès des partenaires, arpentage collectif des sites pour lecture commune, pistes de travail et de questionnements.



Le 07 mars 2022 au Laboratoire de recherche en architecture, mise en discussion des premiers résultats de la recherche et des pistes d'ouverture opérationnelle. Moments d'échanges selon différentes situations de discussion, médiation d'un point de vue méthodologique, autour de photographies, données collectées.

Le 02 avril 2021 et le 28 juin 2021 au Museum de Toulouse, site Maourine, réunions d'équipe sur les croisements, interactions entre archi-végétal-avifaune, intuitions transversales aux disciplines et par tissu, expérimentations de représentation, écriture commune.

Figure 7 : Conférence finale au Museum de Toulouse, le 08 décembre 2023, Equipe Morphobiot.



Justification des terrains d'enquête : 5 modèles urbains ville-nature

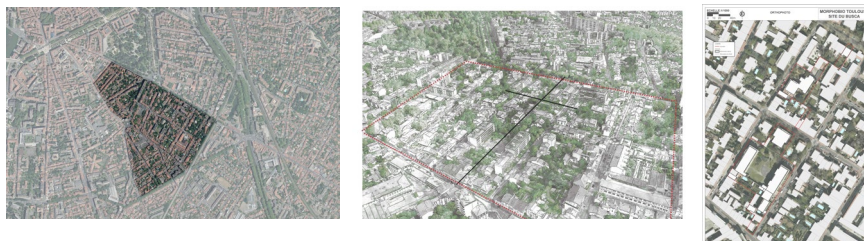
Pour déployer notre recherche, nous avons choisi cinq modèles urbains qui faisaient chacun référence à une époque particulière et une manière de concevoir la relation ville-nature à travers l'histoire de l'urbanisme. La notion de nature ayant évolué à chacune des époques ciblées. Le principe de sélection des différents modèles s'est donc basé sur la représentativité des modèles urbains quant à la relation ville-nature. Ce choix a ensuite été appliqué sur la ville de Toulouse, faisant émerger des tissus, inspirés de ces modèles urbains. La sélection définitive des tissus a tenu compte de leur positionnement dans la ville selon un gradient de densité, de la ville dense à la ville diffuse, et de temporalité, de la ville ancienne à la ville contemporaine, et en rapport à leur proximité avec une trame de nature de la métropole toulousaine. Les tissus sélectionnés sont donc des « exemples déclinés » des modèles urbains. Ils ont évolué depuis leur constitution, ils sont liés à une histoire, à une altération, qui a conduit aux formes urbaines observées aujourd'hui génératrices d'une biodiversité qu'il s'agit de qualifier. L'analyse que nous avons menée du système formes « architecturales - urbaines végétales - présence d'avifaune » constitue une projection concrète sur la ville de Toulouse.

Les tissus résidentiels retenus sont :

Figure 8 : Ortho photoplan Busca en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 9 : Axonométrie du site du Busca en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 10 : Plan masse du site du Busca en 2016, Marion Hintzy, 2022.



- Le faubourg du Busca (de mi-XIX^{ème} siècle à mi-XX^{ème} siècle) correspondant au modèle de la ville dense.

Le quartier du Busca est un tissu central de la ville de Toulouse caractérisé par sa proximité avec la ville historique, hors de ses anciennes enceintes. Datant de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle et première moitié du XX^{ème} siècle, ce quartier de type faubourg est notre tissu le plus ancien. Sa constitution actuelle, de tissu mixte et dense, résulte d'une évolution ancienne et progressive de type ville constituée. Sa configuration se caractérise par un dessin régulier, tramé, au sein duquel les formes architecturales sont variables mais souvent mitoyennes et dessinent un front bâti au niveau de la rue tout en laissant des cœurs d'îlots non bâtis. La propriété privée, de forme maison individuelle ou résidences privées collectives, constitue majoritairement ce tissu, desservi par des rues étroites et agrémenté de petits jardins urbains, parfois à l'arrière des maisons avec la présence de grands arbres. Il invite à questionner la forme bâti-végétal-avifaune dans une situation résidentielle mixte de centre-ville dense. Plus largement, ce tissu interroge les formes de mutabilité urbaine des faubourgs historiques, entre perméabilisation et densification, au regard de la préservation de la biodiversité. Il est à noter que nous avons travaillé de façon rapprochée avec plusieurs habitants du quartier qui nous ont ouvert leurs jardins, ainsi qu'avec l'Association des Riverains de la Prison Saint Michel et du Busca Toulouse qui a participé aux visites de site et aux workshops.

Figure 11 : Axonométrie du site des Castors en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 12 : Plan masse du site des Castors en 2016, Marion Hintzy, 2022.



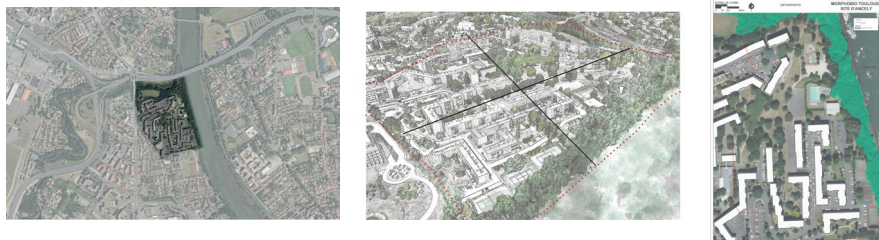
- La cité ouvrière des Castors de Bagatelle (1952-1956) correspondant au modèle Cité Castors.

La Cité des Castors de Bagatelle est un quartier situé en rive gauche de la Garonne, au Sud-Ouest de l'hypercentre de Toulouse. Il s'agit d'un lotissement de type pavillonnaire groupé issu d'une opération ponctuelle d'aménagement relevant d'un geste urbain et architectural datable. Des familles d'ouvriers vont se rassembler pour des raisons économiques et lotir un terrain avec des maisons jumelées qu'elles construiront elles-mêmes. Le tissu présente des maisons mitoyennes de lotissement sur des parcelles de tailles moyennes, avec la caractéristique d'une conception architecturale homogène, répétitive. Le réseau viaire organise le quartier en le délimitant et en organisant son plan intérieur. Le jardin est intégré au projet avec des potagers. Il interroge la forme bâti-végétal-avifaune par le biais de la maison individuelle pavillonnaire comme unité de base de la forme lotissement. Plus largement, ce tissu invite à interroger les formes de mutabilité urbaine d'un tissu de cité ouvrière, notamment la diversification des petites parcelles et unités qui à l'origine se répètent, et la place que peut prendre l'espace public de voirie au regard de la préservation de la biodiversité. Il est à noter que nous avons travaillé de façon rapprochée avec plusieurs habitants du quartier qui nous ont ouvert leurs jardins.

Figure 13 : Ortho photoplan de Ancely en 2016 , Gabriel Guérin, 2021.

Figure 14 : Axonométrie du site de Ancely en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 15 : Plan masse du site de Ancely en 2016, Marion Hintzy, 2022



- La cité Ancely de 1965 correspondant au modèle Grand ensemble moderne.

Le quartier Ancely, délimité en partie par la rivière Touch et le fleuve Garonne, est implanté à l'ouest de la ville de Toulouse. Cet ensemble de grande étendue est constitué de logements collectifs (ensembles accueillant 3 000 résidents) répartis dans des barres d'immeubles de même matérialité. « L'espace ouvert » prend ici la forme d'un vaste parc arboré composé de grandes pelouses entourant les barres de logements et pourvu d'équipements collectifs. La composition peut être associée aux grands principes définis par la charte d'Athènes : espaces libres et communs, principes hygiénistes de nature dans lesquels viennent s'insérer les logements. La voiture est laissée en périphérie du parc. L'architecte Henri Brunerie a porté une attention particulière au parc, en choisissant de conserver les alignements d'arbres du domaine préexistant, en composant le dessin lui-même : bassin, cheminements, plantations... et en ouvrant des perspectives sur le cadre paysager de la confluence. Son tissu permet d'investir la « forme bâti-végétal-avifaune » par le biais d'un espace ouvert boisé (non clôturé) comme pièce urbaine typique des grands ensembles, pensé dans une continuité entre bâti et espace extérieur. Plus largement, ce tissu invite à interroger le rôle que peuvent jouer les grands ensembles, en lien avec leur contexte urbain spécifique, au regard de la préservation de la biodiversité dans la ville.

Figure 16 : Ortho photoplan de Saint-Simon en 2016 , Gabriel Guérin, 2021.

Figure 17 : Axonométrie du site de Saint-Simon en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 18 : Plan masse du site de Saint-Simon en 2016, Marion Hintzy, 2022.



- Le tissu pavillonnaire de l'ancien village de Saint-Simon (mi-XIX^{ème} siècle à 1980) correspondant au modèle pavillonnaire sur un ancien tissu villageois.

Situé au sud-ouest de la périphérie de Toulouse, le quartier pavillonnaire résidentiel de Saint-Simon s'est développé à partir de la trame de l'ancien cœur de village, Saint-Simon. Lâche, et peu dense, le tissu présente cette même caractéristique du Busca de s'être fabriqué sur le temps long. Le village entouré de zones agricoles, jardins maraîchers, et fermes se voit progressivement rattaché à la métropole toulousaine. Le tissu originel de village rue avec parcelle maraîchère en lanière est progressivement transformé, avec comme type la maison individuelle en cœur de parcelle avec jardin accueillant des usages diversifiés : terrasses, plantations « décoratives », potagers, vergers, piscines ... Saint-Simon résulte d'une évolution d'un parcellaire agricole vers une occupation résidentielle. Il présente une hétérogénéité architecturale et de continuités-discontinuités de façades sur rue formant un paysage pavillonnaire hybride, perméable, des voiries larges avec un espace important dédié au stationnement. Ce tissu questionne la forme bâti-végétal-avifaune par le biais du pavillon individuel implanté sur une parcelle maraîchère dans un village en mutation. Plus largement, l'approche invite à réinterroger le modèle des zones pavillonnaires offrant une qualité urbaine et paysagère propice à la préservation de la biodiversité dans la ville.

Figure 19 : Ortho photoplan de Vidailhan en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 20 : Axonométrie du site de Vidailhan en 2016, Gabriel Guérin, 2021.

Figure 21 : Plan masse du site de Vidailhan en 2016, Marion Hintzy, 2022.



- L'écoquartier de Vidailhan (2005-2012) comme représentant du modèle écoquartier.

L'écoquartier Vidailhan est situé à Balma en périphérie est de Toulouse. Construit d'un seul tenant, il a pour ambition l'écologie, affichant une stratégie biodiversité d'ensemble. C'est aussi notre tissu urbain le plus contemporain, avec des études urbaines démarrant en 2000, et un début de construction en 2010. Il a été construit dans l'esprit de produire un quartier durable dans lequel on maîtrise les ressources nécessaires à la population habitante. Il s'inscrit dans l'histoire de l'urbanisme écologique et de modèle de conception de la ville fertile, ou ville verte. Il se présente sous la forme d'îlots semi-ouverts associant différentes typologies de logements en adéquation avec la diversité des modes de vie. Le quartier est pensé avec un certain nombre d'équipements. Circulation de véhicules et voies de circulation douce coexistent. Vidailhan se développe sur d'anciennes terres agricoles. Le végétal est présent sur l'ensemble du site et les espaces publics ont fait l'objet d'une maîtrise d'œuvre paysagère. Aussi, ce tissu le plus récent permet-il d'explorer la forme bâti-végétal-avi-faune par le biais de la diversité des lots proposés. Plus largement, et bien que le tissu soit encore jeune, l'approche invite à réinterroger la typologie ZAC-écoquartier et l'efficacité de sa stratégie urbaine propice à la préservation de la biodiversité dans la ville au prisme des typologies de formes bâti-végétal.

Pour appréhender chacun de ces tissus, nous nous sommes fédérés autour d'« une unité d'étude » commune qui soit représentative des particularités de chacun des tissus ciblés. Cette unité peut être constituée soit de parcelles de jardins privés délimitées par les voiries quand cela semble évident (cas faubourg), soit comme unité élargie à définir lorsque les voi-

ries ne constituent pas automatiquement des limites claires et que les jardins privés sont en regard d'espaces publics ouverts (cas grand ensemble). Nous avons inclus les voiries pour observer les répercussions qu'elles peuvent avoir sur la biodiversité, générant fractures ou liens. Nous considérerons également le positionnement de l'unité d'étude dans le quartier et par rapport aux potentiels liens avec les systèmes de parcs métropolitains et les petits espaces verts de proximité afin d'étudier ces compositions urbain-végétal au regard des continuités écologiques dans la ville. Chaque unité a été choisie collectivement après une visite de terrain des 5 tissus résidentiels lors d'un workshop inaugural de la recherche les 14-15 octobre 2020.

Figure 22 : Positionnement des cinq terrains d'étude par rapport aux corridors écologiques métropolitains, Equipe MorphobioT, 2021.

Tissus résidentiels investis

5 modèles historiques

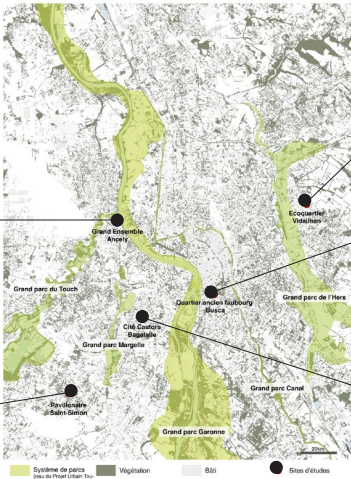
Traduisant 5 rapports dans l'histoire ville/nature

Diversité de situations relationnelles, de compositions, de configurations spatiales, architecturales et végétales au sein de Toulouse.

Le grand ensemble : Ancely (1965)



Le pavillonnaire : Saint Simon (mi XIXe siècle à 1980)



L'écoquartier : Vidalhan (Balma) (2005-2012)



Le Faubourg : Busca (mi XIXe à mi XX siècle)



La cité-jardin : Cité Castors-Bagatelle (1952-1956)



CARACTÉRISER LA DIVERSITÉ DES FORMES RÉSIDENTIELLES URBAINES, ARCHITECTURALES ET VÉGÉTALES DES CINQ SITES ; ENTRE SCIENCES DE L'AMÉNAGEMENT ET SCIENCES DU VIVANT

Présentation de l'approche descriptive

La première étape de notre démarche de recherche a été de décrire les formes résidentielles urbaines, architecturales et végétales de nos cinq sites selon une approche descriptive, thématique et multidisciplinaire dans le but de faire émerger, à terme, des typologies de forme « bâti-végétal » pour chacun des tissus en lien avec la diversité ornithologique associée. La méthode croise les approches disciplinaires suivantes :

- La géographie et l'écologie du paysage, l'Agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire métropolitaine (AUAT) a réalisé un travail de contextualisation des cinq sites d'études dans le maillage des continuités écologiques métropolitaines pour expliquer le niveau potentiel de biodiversité attendu à l'échelle des quartiers. En s'appuyant sur les principes de fragmentation et de connectivité des milieux naturels et d'hétérogénéité des écosystèmes (Burel et Baudry, 1999), le projet MorphobioT a été l'occasion pour l'AUAT d'affiner l'outil « Potentialités écologiques »⁴ mis en place depuis 2015 au sein de l'agence et d'en étudier les marges d'évolution en disposant d'un cadre de réflexion interdisciplinaire. Cet outil est mobilisé afin d'appréhender les continuités écologiques métropolitaines. A son origine, il a pour but la spatialisation du fonctionnement écologique potentiel du territoire à partir de données géographiques d'occupation du sol et sur la base d'indices éco-paysagers, avec une précision d'échelle infracommunale. Cet outil, établi par l'AUAT, s'attache à explorer la qualification d'une valeur écologique « relative » à l'échelle de chaque quartier (échelle micro) au regard des connexions de ce dernier au maillage métropolitain (échelle macro) et au regard de la typologie des espaces naturels proches. En combinant plusieurs indicateurs éco-paysagers tels que l'indice de connectivité, d'hétérogénéité et de naturalité, et des indicateurs complémentaires sur les types de strates de végétation, la densité de forêt et le degré d'imperméabilisation, l'outil permet l'analyse des « potentialités écologiques » d'un espace. Il traduit l'importance que cet espace est susceptible d'avoir pour la préservation voire le développement de la biodiversité à l'échelle du territoire considéré. L'AUAT a produit une re-

4 AUAT (2015). Pour une approche globale du fonctionnement écologique potentiel des territoires : https://www.aua-toulouse.org/wp-content/uploads/2021/11/fonctionnement_ecolo_territoire_2015_AUAT.pdf

présentation cartographique « Potentialités écologiques » sur chacun des cinq tissus à l'échelle du 1/10000e. Chaque carte présente cinq niveaux de valeur de « potentialités écologiques », de 1 à 5 (de nul à très fort). Enfin, une carte de synthèse du contexte local est établie afin d'analyser la valeur écologique « relative » en rapport avec le site d'étude (analyse dite « quartier-centrée »). Cette analyse cartographique de la qualité écologique permet de « resituer » territorialement et fonctionnellement les tissus étudiés dans leur contexte et de poser des hypothèses sur la biodiversité attendue au sein des quartiers, à confirmer par des inventaires et relevés in situ. Le travail effectué de l'AUAT est illustré sur Ancely dans les figures suivantes.

Figure 23 : Indices « Potentialités écologiques », exemple sur le quartier Ancely, AUAT Agence d'Urbanisme et d'Aménagement de Toulouse aire métropolitaine, 2022.
Figure 24 : Carte de synthèse du contexte local ou « rapport au quartier » sur Ancely, AUAT Agence d'Urbanisme et d'Aménagement de Toulouse aire métropolitaine, 2023.

Potentialités écologiques



Contexte local et rapport au quartier



- **L'histoire urbaine, la micro-histoire dans une monographie de quartier**, les architectes historiennes de l'équipe ont souhaité raconter l'histoire de chacun des cinq tissus dans l'objectif de faire apparaître, à la manière d'un palimpseste, les strates ou effacements ayant pu générer une diversité biologique dans les situations rencontrées (Roncayolo, 1990). Il s'agit de comprendre comment ces tissus urbains ont pu se constituer puis muter, et dans quelle mesure la nature, et plus largement le vivant, y ont été, et sont encore, accueillis aujourd'hui. La démarche initiée s'est basée sur la méthodologie éprouvée de la monographie de quartier (Garden, 2008; Jacquemet, 1975) en l'orientant vers l'« histoire des sols » (Girard, Ringon, & Leger-Smith, 2022), déplaçant les gradients social et politique vers celui de la biodiversité. Il s'est agi de se plonger dans 1) une analyse des cartes et plans représentant le territoire, et permettant de comprendre le développement de la ville et la place des quartiers dans celle-ci, dans les différentes temporalités de leur urbanisation ; 2) des photographies permettant d'apprécier les volumétries bâties et les ambiances urbaines et végétales des lieux, à diverses époques, 3) des permis de construire permettant d'établir les volontés des architectes notamment quant aux espaces non bâtis et à la végétation ; 4) et la mémoire orale des habitants. Lors des ateliers d'acteurs ont été récoltés des documents et récits qui racontent la mémoire de ces quartiers. Ensuite, face à cette matière documentaire hétérogène à l'échelle de la vie d'un quartier mais aussi d'un cas de figure à l'autre, a été créé une représentation graphique et écrite partagée renseignant les cinq sites choisis, en mettant en place une grille d'analyse commune : 1) production de documents graphiques homogènes permettant de comprendre les changements et l'évolution de chaque quartier, 2) mise au regard d'écrits évoquant l'ancienneté de la présence du végétal, sa place au moment de la conception et son évolution par la lecture de plans antérieurs, contemporains et postérieurs à la réalisation. Pour cela, quatre outils de représentation ont été déployés : le plan paysager correspondant à l'échelle de la ville (1/10000e), le plan et la coupe schématiques à l'échelle du quartier (1/2000e), et le texte descriptif. Trois temporalités ont été définies afin de comprendre comment ces tissus se sont constitués et ont évolué : période précédant l'urbanisation, développement du tissu considéré et enfin période actuelle. Ces outils, matérialisant les traces laissées par chaque époque, transmettent l'histoire des sols faisant état des rapports entre bâti, végétal et avifaune. Un exemple sur les Castors est présenté dans la figure ci-après « évolution du site ».

- **L'architecture, le paysage, l'écologie et la botanique**, les autres membres de l'équipe se sont attachés quant à eux à décrire finement l'association des formes existantes au sein de chaque tissu afin de comprendre une manière de vivre dans un continuum incarnant une relation sensible à la

nature. Ainsi, une lecture paysagère a permis de caractériser les formes, au sein d'un continuum bâti, urbain, végétal et milieux vivants, dans le but d'étudier leurs capacités d'interaction avec l'avifaune

En s'appuyant sur les références graphiques présentées plus tôt, plusieurs types de représentations ont été produites pour chaque tissu prospecté. La méthodologie graphique s'appuie sur divers outils. Dans un premier temps, une axonométrie pour chaque site et des plans A3 de situation au 1/1000e sont établis donnant une vision générale du site et du contexte. Dans un deuxième temps, des relevés de terrain plus fins sont organisés, pour comprendre la répartition du bâti et de la végétation, les configurations spatiales et les relations entre les trames. Le choix est fait de travailler à l'échelle du 1/500e en plan et du 1/250e en coupe, sur des formats A0, voire parfois plus long (format porte) selon les sites. La campagne de collectes permet d'appréhender des données à l'échelle de l'unité d'étude, donc du site de façon globale, et de façon plus précise à l'échelle de parcelles choisies le long d'un trait de coupe traversant chaque site. L'organisation logistique a été conséquente afin de pouvoir accéder aux différentes parcelles privées de chacun des tissus, sur demande auprès des propriétaires (Marco et al., 2021). Trois natures de relevés se complètent (Marco et al., 2022) :

(1) Le premier relevé s'intéresse aux formes architecturales et urbaines, en collectant, ou précisant lorsque l'information existait déjà, l'implantation du bâti, les matérialités, les continuités et limites, les gabarits architecturaux, les redents, balcons, toitures, en plan et en coupe.

(2) Un second relevé s'intéresse à l'organisation et à la physionomie générale des formes végétales en lien avec les formes bâties. S'inspirant de la méthode du cadastre vert (Garnier & Legrand, 1997), le plan montre les contours des masses et couvertures végétales, la nature des espèces relevées et leur strate : arborée à plus de 6 m de hauteur, arbustive entre 3 et 6 m de hauteur, buissonnante entre 1 et 3 m de hauteur et herbacée entre 0 et 1 m de hauteur. Ces relevés de végétation précis saisissent la répartition des masses, leur rapport avec le bâti, leurs continuités, leur stratification tout en différenciant les espèces spontanées et cultivées structurantes.

(3) Enfin, une troisième étape concerne le relevé en coupe de la composition végétale (formes, strate et espèces) et de la forme urbaine par le biais d'un parcours linéaire le long de grandes coupes. La description le long de ces lignes permet de saisir les rapports de strates végétales avec les gabarits des bâtiments, les motifs végétaux, ou encore l'hétérogénéité structurale de la forme végétale. Par une approche naturaliste, le relevé a aussi ciblé la flore spontanée dans les parcelles et la qualité des végétaux.

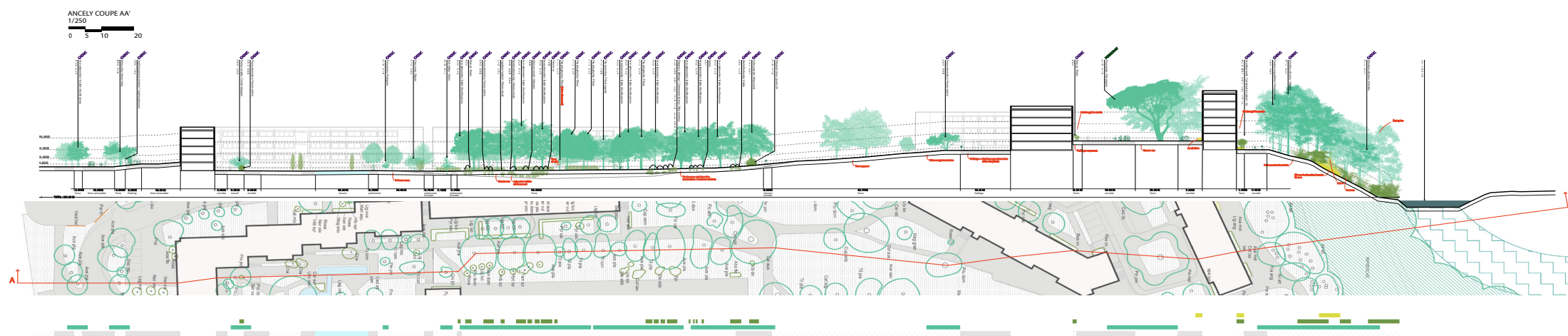
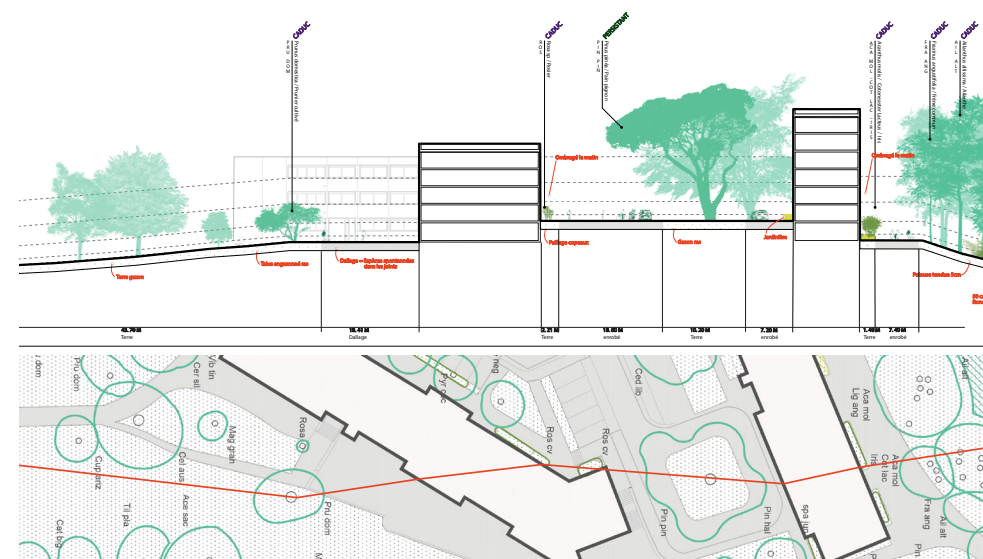
Figure 25 : Résumé de l'approche descriptive menée sur la Cité Castors de Bagatelle, équipe MorphobioT, 2023.

Approche descriptive du lotissement des Castors



La figure précédente illustre la démarche descriptive sur le quartier des Castors à Bagatelle.

Cette représentation permet de montrer la corrélation en plan et en coupe, entre les formes bâties, les formes, strates et essences végétales, la superposition de strates (pluri stratifications), les revêtements de sols et l'envergure des houppiers.



Émergence des formes associées bâti-végétal comme unité de lecture au sein de chaque tissu résidentiel

A l'issue de cette lecture descriptive, thématique et multidisciplinaire des cinq tissus étudiés, la deuxième étape de la démarche de recherche a consisté en l'identification des formes « bâti-végétal » au sein de chaque tissu résidentiel. Ceci a été mené lors d'un workshop d'équipe. Pour ce faire, une analyse relationnelle des lectures entre formes bâties et formes végétales, ainsi que les usages et pratiques auxquelles elles sont associées, ont permis de faire apparaître collectivement des typologies traduisant des ensembles spatiaux qui croisent et articulent les caractéristiques historiques, urbaines, végétales, architecturales et d'usage mises en évidence au sein de chaque tissu. Elles incarnent le lien nécessaire entre une analyse et une description croisée pour la démarche de conception, en prenant en compte les diverses échelles, du territoire, au quartier et à la parcelle.

Au total, nous avons mis en évidence 18 typologies de formes bâti-végétal représentatives des modèles urbains étudiés et de leurs particularités morphologiques au regard de la relation ville-nature comme le montre le tableau ci-dessous. Ces 18 ensembles spatiaux identifiés traduisent les types d'habitat résidentiel présents en lien avec leurs espaces de nature attenants, publics ou privés. Il peut s'agir de typologies en lien des espaces publics ouverts de nature et de hauteur bâtie importante tels qu'on peut les trouver à Ancely avec « Parc boisé entouré d'immeubles » et à Vidailhan avec la typologie « Immeubles face au jardin creux » (immeubles sur espace public), mais aussi des typologies comprenant des parcelles résidentielles individuelles ou privées collectives, type résidences avec jardins associés telles la « Maison de faubourg avec son jardin » et la « Résidence implantée en milieu de parcelle avec ourlet boisé » au Busca. Certains ensembles spatiaux relèvent quant à eux d'associations bâti-végétal en lien avec l'espace viaire (parking, voie, ...) avec lesquels ils peuvent directement dialoguer : c'est le cas de la typologie « Maison sur rue avec lanière maraîchère » à Saint-Simon ou celle à Vidailhan correspondant à « Immeubles sur voie verte ». Pour deux de nos sites, nous avons dû également définir des sous-types pour restituer la diversité des situations relationnelles rencontrées au sein de chaque tissu : c'est le cas pour l'écoquartier Vidailhan et la cité Castors de Bagatelle pour lesquelles nous avons respectivement identifié 10 et 5 sous-types.

Figure 27 : Tableau récapitulatif des 18 typologies bâti-végétal sur les cinq tissus résidentiels, Equipe MorphobioT, 2024.

Tissu urbain	Nom complet typologie
Ancely (5 typologies)	Immeuble face à la ripisylve Parc boisé entouré d'immeubles Parvis végétal en entrée d'immeuble Stationnements résidentiels plantés Massif végétal en pied d'immeuble
Saint-Simon (3 typologies)	Cimetière Maisons sur rue avec lanière maraîchère Nouveaux lotissements sur lanières maraîchères
Busca (4 typologies)	Axe majeur végétalisé de voirie Immeubles collectifs sur dalle végétalisée ou avec stationnements Maison de faubourg avec son jardin Résidence implantée en milieu de parcelle avec un ourlet boisé
Vidailhan (5 typologies)	Cœur d'ilot jardiné Double bande d'habitations en bord de bois Habitations sur voie en lisière de quartier Immeubles sur espace public Immeubles sur voie verte
Castors (1 typologie)	Maison jumelée alternée avec jardin

Figure 28 : Illustration des 17 typologies « bâti-végétal » établies dans la recherche MorphobioT (sans la typologie cimetière et les sous-types), Equipe MorphobioT, 2025.



Ancely, grand ensemble années 50. Immeuble face à la ripisylve



Ancely, grand ensemble années 50. Parc boisé public entouré d'immeubles



Ancely, grand ensemble années 50. Parvis végétal en entrée d'immeuble



Ancely, grand ensemble années 50. Stationnements résidentiels plantés



Ancely, grand ensemble années 50. Massif végétal en pied d'immeuble



Saint Simon zone pavillonnaire semi-rurale. Maisons sur rue avec lanière maraîchère



Saint Simon zone pavillonnaire semi-rurale. Nouveaux lotissements sur lanières maraîchères



Busca Faubourg XIXème. Axe majeur végétalisé de voirie



Busca Faubourg XIXème. Immeubles collectifs sur dalle végétalisée ou avec stationnements



Busca Faubourg XIXème. Maison de faubourg avec son jardin



Busca Faubourg XIXème. Résidence implantée en milieu de parcelle avec un ourlet boisé



Castors, cité jardin ouvrière. Maisons jumelées alternées



Vidailhan, écoquartier. Cœur d'îlot jardiné



Vidailhan, écoquartier. Double bande d'habitations en bord de bois



Vidailhan, écoquartier. Habitations sur voie en lisière de quartier

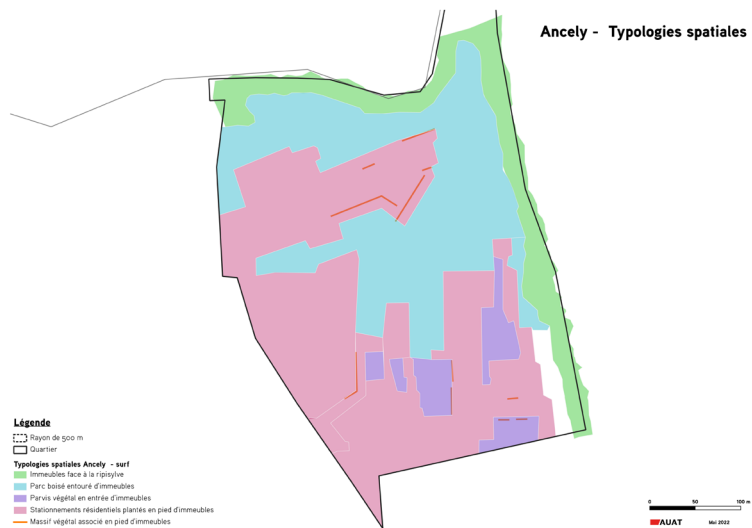


Vidailhan, écoquartier. Immeubles sur espace public



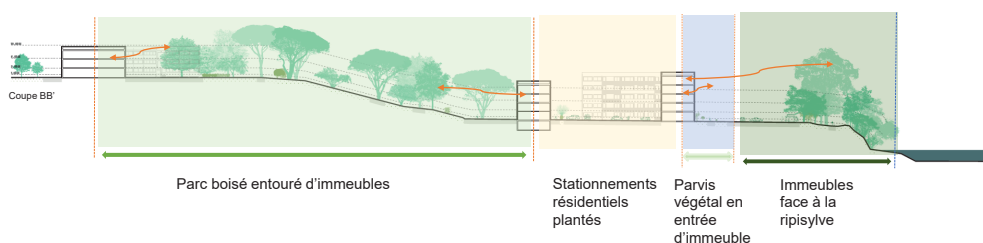
Vidailhan, écoquartier. Immeubles sur voie verte

Figure 29 : Carte des typologies spatiales à l'échelle du quartier d'Ancely, Equipe Morphobiot, 2022.



Une fois ces typologies identifiées, nous avons ensuite réfléchi à leur spatialisation en plan afin de les mettre en relation dans une étape ultérieure avec les points d'écoute (contribution surfacique de chaque typologies) et les données de diversité fonctionnelle avifaune. Toutefois, la traduction de chaque typologie en plan a posé quelques difficultés quant à la définition de l'emprise spatiale associée à certaines typologies « bâti-végétal » notamment pour les tissus grand ensemble et écoquartier. Nous avons ainsi tenté de prendre en compte les porosités et transitions possibles entre tissus tout en délimitant des typologies. Dans les figures ci-contre, nous montrons comment les cinq typologies identifiées de formes « bâti-végétal » dans le grand ensemble Ancely ont été par la suite traduites en plan mais aussi en coupe afin de repositionner les typologies dans le continuum paysager relatif à chaque tissu étudié.

Figure 30 : Coupe BB' traversant quelques typologies identifiées à l'échelle du quartier d'Ancely, Equipe Morphobiot, 2022.



CARACTÉRISER LA DIVERSITÉ ORNITHOLOGIQUE : DE LA « NATURE » À LA BIODIVERSITÉ DANS LES TISSUS RÉSIDENTIELS

Pour mesurer la capacité d'attractivité et de maintien de la biodiversité dans les tissus urbains résidentiels ciblés, la recherche s'est focalisée sur l'avifaune grâce à une collaboration avec le bureau d'étude Naturalia Environnement, missionné pour décrire la diversité ornithologique en relation avec les cinq tissus urbains et les formes bâti-végétal qui ont été mises en évidence.

Mesurer et décrire la communauté d'oiseaux au sein des tissus

Un état de l'art sur l'avifaune en milieu urbain⁵ a montré que les oiseaux sont des organismes facilement détectables et identifiables. Les méthodes pour les étudier aujourd'hui sont bien développées et leur écologie, distribution géographique et comportement sont également très bien connus. Les oiseaux constituent donc un taxon largement utilisé comme modèle pour l'étude des changements environnementaux et un bon indicateur de biodiversité (Gregory & van Strien, 2010). Toutefois toutes les espèces ne répondent pas de la même manière à l'urbanisation (Clergeau et al., 1997). Alors que l'incapacité d'un grand nombre d'espèces à tolérer les pressions urbaines conduit à leur exclusion des villes (Marzluff, 2011), les vingt pour cent d'espèces qui persistent en ville sont des espèces plutôt généralistes, exploitant une niche écologique plus large. L'évolution de la composition des communautés d'oiseaux est induite par la transformation du paysage et des conditions environnementales associées. L'influence des formes urbaines sur la sélection d'habitat par les oiseaux commence à être connue, comme la hauteur des bâtiments ou encore la largeur des rues (Vincent et al., 2012).

Mais l'hétérogénéité d'habitat créée par la composition et la structure de la végétation semble particulièrement déterminante pour les oiseaux en milieu urbain (Chace & Walsh, 2006). En revanche, peu d'études prennent en compte le bâti et le végétal de manière associée. De plus, à notre connaissance, aucune étude n'a à ce jour montré la manière dont les éléments urbains sont utilisés par les oiseaux. **L'hypothèse posée est donc**

5 Notamment dans le cadre du stage de l'étudiante Solène Goury en Master 2 Ecologie et Ethologie (Goury, 2022). Rapport de stage. Morphobiot. Utilisation des formes urbaines par l'avifaune dans la ville de Toulouse. Encadrement réalisé par J. Peyret et F. Claireau au sein du pôle RDI du bureau d'études Naturalia Environnement: Université Jean Monnet Saint Etienne.

que certaines typologies de formes urbaines « bâti-végétal » peuvent-être plus propices que d'autres à l'accueil des oiseaux, et que cela diffère d'un tissu résidentiel à l'autre.

Le protocole méthodologique qui a été déployé vise à établir des mesures de diversité ornithologique sur chacun des tissus investis et à collecter des relevés de comportements avifaunes en interaction avec les formes étudiées. Les inventaires ornithologiques ont été effectués selon la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA), méthode relative permettant de caractériser l'avifaune sur un territoire donné via des estimations d'abondances. La méthode consiste à noter durant 20 min, sur chaque point d'écoute, toutes les espèces vues ou entendues ainsi que le nombre d'individus, et ce au lever du jour, qui correspond au pic d'activité des oiseaux diurnes. Entre chaque point d'écoute, 10 min sont prévues pour le déplacement mais aussi pour le relevé de variables environnementales, de remarques générales ou autres informations concernant le point d'écoute. D'autres éléments sont relevés concernant les individus observés (sexe et âge si identifiable), méthode d'identification (vu ou entendu), hauteur estimée, mobiliers urbains et éléments architecturaux utilisés (type et matériau), comportement de l'oiseau sur ces éléments (chant, reproduction, nourrissage ...). Pour chaque tissu urbain toulousain, huit points d'écoute ont été positionnés dont trois sont définis sur l'unité d'étude (le long d'un axe de coupe) et cinq aux alentours. Au total, cela représente 40 points d'écoute sur les 5 tissus. Les inventaires ont eu lieu sur l'année 2021 avec un premier passage hivernal en janvier pour déterminer les espèces qui restent l'ensemble de l'année sur le tissu. Un second passage printanier a eu lieu en avril et en mai afin d'observer les espèces sur l'ensemble de la période de nidification, et notamment prendre en compte les oiseaux qui reviennent tardivement de la migration.

Afin de décrire la communauté d'oiseaux en présence, deux types d'analyse ont été conduites :

- La première vise à regrouper des données bibliographiques et les données de terrain. Plusieurs éléments ont été rassemblés tel que la richesse spécifique, la ou les saisons de présence de chacune des espèces, leur statut nicheur à partir du code atlas, ainsi que leur statut biologique et leur fréquence spécifique afin de mener une analyse à dire d'expert sur l'assemblage d'espèces en lien avec les types d'habitats au sens écologique du terme. On parle alors de cortèges d'oiseaux, qui regroupent des espèces selon leur habitat de prédilection. Les points communs existant entre tous les sites ont également été relevés. Enfin, les espèces issues des données obtenues lors des inventaires de terrain ont été comparées aux espèces d'oiseaux présentes sur Toulouse, récupérées à partir de la base de don-

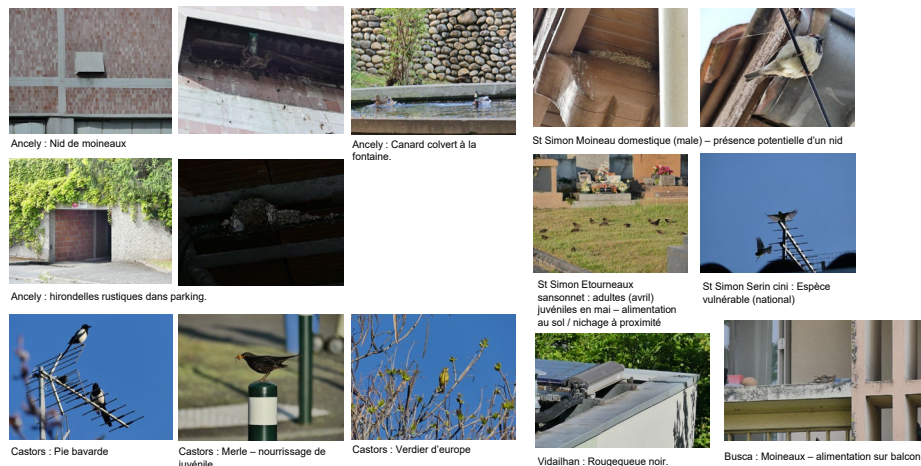
nées faune-France. Ces dernières ont été classées en fonction du nombre total d'observations pour chaque espèce depuis 2016 et ont été comparées aux données de terrain. Cette comparaison permet de vérifier si les espèces retrouvées sont en cohérence avec les espèces qui ont déjà pu être observées dans la métropole auparavant. Ce travail a été conduit sur l'ensemble des 5 sites. La description des espèces retrouvées uniquement sur chaque site a été également réalisée et l'analyse à dire d'expert s'est concentrée sur les espèces les moins fréquentes ou les plus remarquables. Le lien entre leur présence ou leurs effectifs et les caractéristiques des habitats qui composent les différents tissus urbains ont été mis en avant.

- Dans la deuxième, il s'est agi de définir les espèces à enjeu sur les sites d'étude pour les espèces inventoriées en se basant sur un outil proposé par la DREAL Occitanie, indiquant la hiérarchisation des enjeux pour chaque espèce nicheuse sur la région, en utilisant notamment les critères cités précédemment (statut nicheur à partir du code atlas, statut biologique ...). Une espèce est définie comme étant à enjeu sur une certaine zone géographique selon des critères de répartition, de statuts de protection (nationale et européenne) et de conservation (listes rouges nationales et régionales), d'effectifs et de dynamique des populations. L'enjeu local, à l'échelle des cinq sites étudiés, a été réajusté selon le statut biologique de chaque espèce sur ces sites (en transit, en hivernage, en alimentation ou en reproduction). A l'échelle des cinq sites, ont été considérées comme « espèces à enjeu » les espèces classées enjeu modéré en Occitanie (ou enjeu faible Occitanie mais vulnérables sur liste rouge Midi-Pyrénées) qui utilisent les sites pour s'alimenter, hiverner ou se reproduire, mais pas celles qui sont uniquement en transit. Les cinq tissus urbains ont été analysés, puis comparés et classés de l'enjeu le plus fort au plus faible, en se basant sur le nombre d'espèces à enjeu présentes sur le site : un tissu urbain est « à enjeu fort » s'il accueille des espèces « à enjeu fort ».

Caractériser la diversité fonctionnelle avifaune en lien avec les formes bâti-végétal

Une fois cette première étape de description de la communauté avifaune effectuée sur les cinq tissus, l'avifaune a pour la suite de la recherche été appréhendée de manière fonctionnelle, par un regroupement d'espèces. Cette approche permet de traiter des ensembles d'espèces avec des caractéristiques biologiques et écologiques communes, à la différence d'une analyse espèce centrée. Par ailleurs, ce type de choix permet de donner plus de force statistique aux analyses. Ce regroupement doit être pertinent vis-à-vis de la question de recherche, à savoir comment les oiseaux exploitent les formes urbaines qu'elles soient végétales, bâties ou en asso-

Figure 31 : Relevé photographique ornithologique, Naturalia Environnement, 2021.



ciation. Il doit donc se baser sur des caractéristiques qui pourraient être responsables des différences d'utilisation de ces formes par les différentes espèces. Un regroupement sur la base d'un ensemble de traits fonctionnels est donc envisagé, permettant de prendre en compte l'ensemble des besoins vitaux de l'avifaune, plutôt qu'un regroupement basé sur un unique trait écologique (par exemple l'habitat préférentiel, l'habitat de nidification, le régime alimentaire, etc.).

Les traits fonctionnels ont été sélectionnés à partir de la base de données compilée par (Storchová & Horák, 2018), en posant l'hypothèse que chacun de ces traits peut être susceptible d'influencer la manière dont les oiseaux utilisent l'espace :

- Morphologie : longueur du corps, poids du corps, longueur de la queue, longueur du bec, longueur du tarse, poids du corps, taille des œufs, poids des œufs
- Comportement : association pendant la nidification, association en dehors de la période de nidification, territorialité
- Régime alimentaire : préférences alimentaires à l'année et pendant la période de nidification
- Nidification : type de nid
- Mouvement : type de migrateur
- Habitat : habitat préférentiel durant la saison de reproduction

Le regroupement des traits fonctionnels a ensuite été effectué par le biais d'un ensemble d'analyses multivariées permettant de dégager des groupes fonctionnels c'est-à-dire des ensembles d'oiseaux caractérisés par des traits fonctionnels significatifs. Pour chaque groupe, une espèce représentative a été sélectionnée, correspondant à la plus connue du grand public parmi les trois espèces les plus proches du barycentre (centre de gravité du groupe fonctionnel).

Puis, une fois les regroupements effectués, il s'est agi de saisir les liens qui s'opèrent entre les formes « bâti-végétal » identifiées au sein de chaque tissu et l'avifaune dans sa dimension fonctionnelle par le biais de deux types d'analyse :

- Tout d'abord en regardant **le lien entre « végétation et avifaune » puis le lien entre « bâti et avifaune » au sein des cinq tissus**. Le lien à la végétation a été étudié par le biais de la stratification végétale (strate arborée, arbustive, buissonnante, herbacée), car les oiseaux y sont particulièrement sensibles tandis que le lien au bâti a été abordé par cinq éléments le caractérisant (façade, toit, sol, mobilier, autre). Ces variables végétales et constructives ont été mises en relation avec les comportements avifaune dont la collecte a été décrite précédemment afin de comprendre la manière dont les oiseaux utilisent la végétation et le bâtiment. Les comportements observés ont été regroupés en **5 comportements principaux : Cri, Posé, Nourrissage, Nidification, Chant**. L'utilisation préférentielle des strates végétales et des éléments du bâti par groupe fonctionnel a été analysée.

- Ensuite, en regardant **le lien « bâti-végétal-avifaune » au sein de chaque typologie**. Pour ce faire, deux types d'analyses ont été réalisées. La première consiste à tester par des modèles linéaires l'utilisation des typologies « bâti-végétal » par chacun des groupes fonctionnels. La deuxième consiste à dégager des tendances d'utilisation des typologies, en comparant notamment les groupes entre eux. Cependant, ces tendances résultent d'une lecture graphique des résultats à dire d'expert, alors que les résultats des modèles linéaires montrent si l'utilisation des formes par un groupe en particulier est significative ou non. Ainsi, la différence entre les tendances observées et la significativité statistique, est la valeur scientifique. Les seuls résultats interprétables selon la rigueur scientifique sont les résultats significatifs. Sans significativité, on ne peut affirmer certaines tendances qui peuvent se dégager. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel R (V 4.1.2).

CARACTÉRISER L'ATTRACTIVITÉ AVIFAUNE DES CINQ FORMES RÉSIDENTIELLES PAR UNE LECTURE TRANSVERSALE ET TRANSCALAIRE DES DONNÉES

A l'issue de ces différentes étapes de caractérisation des tissus résidentiels, des formes « bâti-végétal » en présence, et de la diversité ornithologique associée, selon différentes échelles spatiale et temporelle nous proposons **une lecture des qualités d'accueil et d'attractivité de chacun des tissus résidentiels fondée sur la démarche suivante :**

- Pour chaque site, nous présentons d'abord **une lecture paysagère du tissu** découlant de l'approche descriptive et ce, couplée à une analyse qualitative de l'avifaune effectuée lors de discussions de l'équipe avec les ornithologues. Nous intégrons également les réflexions qui ont émergées au sein des ateliers d'acteurs et estimons la part des facteurs participant à l'attractivité avifaune, facteurs relevant du site et du modèle urbain. Cette étape nous permet de présenter une **hypothèse centrale d'attractivité avifaune par tissu**.

- Nous associons ensuite des **hypothèses plus précises d'attractivité avifaune pour chaque typologie de formes « bâti-végétal » qui structurent chacun des tissus**. L'attractivité des typologies de formes dépend de plusieurs facteurs tels la nature et l'étendue du couvert végétal (diversité des strates végétales, végétation semi-ouverte), la porosité des formes bâties, l'interface entre bâti et espace ouvert (hauteur moyenne, perméable dans la verticalité, matériaux propices à la nidification) etc. Cette étape de formulation d'hypothèse découle de discussions collectives qui ont été extrêmement riche dans les échanges. Elle a aussi montré la difficulté d'énoncer des hypothèses précises sur des formes qui articulent à la fois des facteurs positifs mais aussi limitants pour l'avifaune, dépassant des hypothèses disciplinaires. Il a également été difficile de formuler des hypothèses d'attractivité tenant compte des spécificités des groupes fonctionnels identifiés. Aussi, les hypothèses par tissu et par typologie peuvent être vues comme des « tentatives d'énonciation de situations complexes ». Puis, grâce à la mise en relation des données avifaune avec chacune des typologies, ainsi que l'ensemble des résultats avifaune obtenus à l'échelle des sites et des strates végétales et bâties, nous présenterons dans un second temps les résultats des typologies « bâti-végétal » les plus propices à l'accueil de l'avifaune dans chaque quartier.

- Enfin, en partant du fait que chaque typologie « bâti-végétal » constitue une unité de lecture, nous effectuerons une **relecture de chaque tissu** en convoquant l'ensemble des typologies constitutives, ce qui nous permettra de mieux comprendre les rapports d'échelle au regard de la capacité

d'accueil avifaune, entre parcelle, formes et trames. Puis, par un ultime changement d'échelle de lecture, nous discuterons dans un dernier temps des qualités d'accueil et d'attractivité de chacun des tissus résidentiels au regard de leur inscription dans les continuités écologiques métropolitaines, il s'agira de prendre un recul nécessaire à une compréhension transcalaire des résultats.

- Pour visualiser les relations « bâti-végétal-avifaune » dans le continuum paysager analysé, et ce au regard des résultats obtenus, nous produirons une **représentation graphique**, telle une coupe systémique.

