

**AREP**

# Frugacité

Un programme de recherche subventionné par le PUCA  
Biodiversité et formes urbaines à l'échelle du quartier de gare  
Résultats intermédiaires



**Frugacité ? un projet de recherche en réponse à l'appel à projet BAUM\* lancé en 2020 par le PUCA, parti du constat du manque de données sur les liens entre formes urbaines et biodiversité à l'échelle du quartier.**

Frugacité se concentre sur les quartiers de gares, objets urbains qui contribuent à la fragmentation des continuités écologiques. Destinée aux acteurs de la fabrique de la ville, la recherche a pour objectif d'intégrer la question de la connectivité écologique dans tout aménagement de quartier de gare.

Quel rôle jouent les quartiers de gare dans le bon fonctionnement des écosystèmes du territoire ? Comment et où développer des dispositifs favorables à la biodiversité ? Quels acteurs mobiliser ?

La recherche prépare des solutions opérationnelles concrètes pour :

- réduire les impacts environnementaux des infrastructures ferroviaires à différentes échelles ;
- intégrer la biodiversité dans la programmation urbaine ;
- adapter les quartiers de gares face au changement climatique

- instaurer des techniques de gestion favorables à la faune, à la flore et au bien-être des usagers.

Le projet de recherche, au cœur duquel se déroule la thèse CIFRE d'Alexandre Auvray, est également nourri par l'apport de stages issus de filières scientifiques diverses et d'ateliers partenaires.

Les deux premières années ont permis de préciser et orienter le cadre de la recherche, affiner la méthodologie et fédérer les partenaires autour du projet. Ce travail a débouché sur la sélection des quatre quartiers de gare comme terrains privilégiés, et des espèces dont le réseau écologique va être modélisé. A partir des résultats du projet de recherche, fruits de la dernière année, et de l'identification des besoins des acteurs de l'aménagement, l'équipe cherche à développer dans le futur des outils opérationnels pour mieux intégrer la biodiversité dans l'aménagement.

L'objet de ce livret est de vous présenter les résultats intermédiaires, la thèse d'Alexandre Auvray se poursuit avec un horizon de publication fin 2024.

*“La gare et son quartier pourraient devenir le lieu d'une nouvelle centralité, à la fois en matière d'urbanité et de biodiversité.”*

*Philippe Clergeau  
Professeur au Muséum national d'histoire naturelle et Président du conseil scientifique de BAUM*

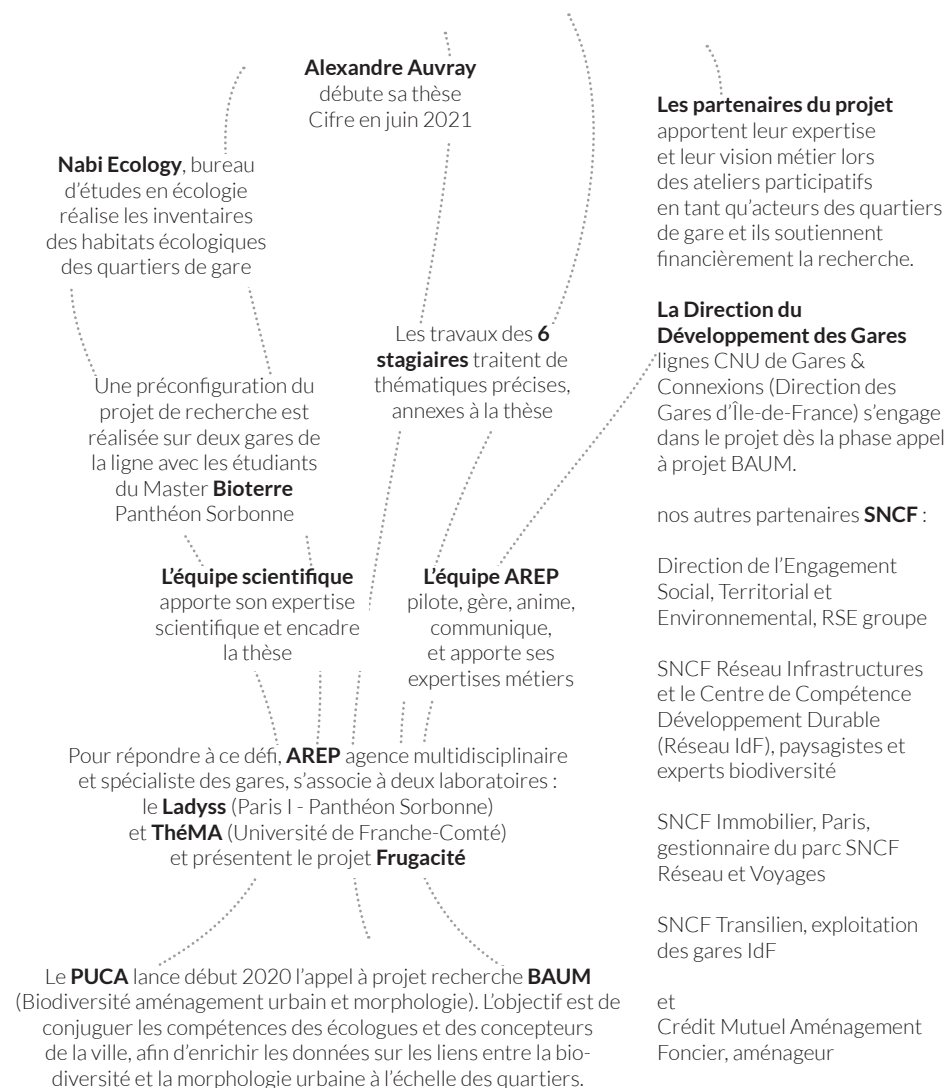
**Frugacité** : FoRmes Urbaines des quartiers de Gare ou à fortes Contraintes et biodiversITé  
**BAUM** : Biodiversité, Aménagement urbain et morphologie

Partenaires institutionnels, scientifiques, techniques et financiers du programme de recherche



# Les acteurs du projet de recherche Frugacité

**Frugacité** un projet de recherche pour mieux comprendre les liens entre biodiversité et quartiers de gares, une méthodologie pour améliorer ces liens



Anissa Chafter est Directrice de Projets au sein de la Direction des Gares d'Île-de-France sur la ligne N de Gares & Connexions et Sandra Kaplan est Directrice d'Agence au Crédit Mutuel Aménagement Foncier. Elles représentent deux partenaires importants pour le projet, qui ont également accepté de participer à son financement.

## Aujourd'hui, comment abordez-vous les enjeux de biodiversité dans vos opérations ?

**A.C.** : Nous faisons le constat que les sujets qui traitent de la préservation de la biodiversité ne sont pas suffisamment traités dans nos projets d'investissement. La réglementation nous pousse à être plus rigoureux et nous souhaitons systématiser le respect de la biodiversité dans nos pratiques et dans nos échanges avec les partenaires locaux.

**S.K.** : Aujourd'hui, les procédures réglementaires nous amènent à faire appel à différents spécialistes sur des thématiques environnementales (eau, énergie...) Les outils peuvent être nombreux, ils sont principalement aujourd'hui orientés sur les espaces paysagers. Ces démarches ne nous permettent pas forcément d'avoir une approche par la forme urbaine et architecturale.

## À quelles méthodes avez-vous recours ?

**S.K.** : Nous recherchons différentes labellisations, comme celle des Écoquartiers par exemple, mais ces démarches demandent de répondre à des critères bien spécifiques d'indicateurs qui s'inscrivent dans des typologies très formatées et non déclinables. De ce fait, toutes les opérations, même ayant une démarche vertueuse,

ne peuvent bénéficier de cette labellisation. Cela n'encourage pas une démarche systématique d'approche vertueuse sur les projets.

## Qu'attendez-vous du projet de Recherche Frugacité ?

**A.C.** : Le projet traite de la question urbaine à l'échelle du quartier de gare et de la biodiversité en général. La Direction des Gares d'Île-de-France de SNCF Gares & Connexions est experte pour traiter les thématiques urbaines liées à la mobilité, à l'intermodalité et aux infrastructures de transport tandis que nous devons encore progresser collectivement pour la prise en compte de l'environnement en général et de la biodiversité en particulier.

Nous avons besoin de clés de lecture et d'outils pour traiter efficacement le sujet du maintien de la biodiversité dans nos projets ou à travers notre politique de gestion patrimoniale.

**S.K.** : En tant qu'aménageur, nous configurons, avec les collectivités, les nouvelles formes urbaines et sommes à l'origine des prescriptions urbaines, architecturales et environnementales des futurs quartiers. Les quartiers de gare sont des révélateurs urbains où se concentrent une multiplicité de contraintes, par la mixité et la diversité des bâtiments et des usages que l'on y trouve.

Les résultats du projet de recherche Frugacité pourraient être transposés sans difficulté sur les différentes typologies de quartiers.

Au-delà des autorisations environnementales, nous attendons de Frugacité des indicateurs et outils nous permettant de définir, les formes urbaines adéquates à réaliser sur nos opérations pour favoriser la biodiversité et permettant de faire évoluer nos bilans d'aménagement et de promotion/construction. »

*"J'ai tout de suite été convaincue de la pertinence de nous associer au projet"*

Anissa Chafter

# Les grandes lignes de la thèse



1

## Le quartier de gare, espace écologique

La thèse développe une analyse comparative des enjeux d'intégration de la biodiversité dans les quartiers à fortes contraintes techniques. Pour cela, elle s'appuie sur l'étude de quatre quartiers de gare. Ceux-ci sont situés sur un gradient de densité urbaine le long de la ligne N du Transilien (Île-de-France) : Paris-Montparnasse, La Verrière, Rambouillet et Épône - Mézières.



2

Aménager le quartier de gare en faveur de la biodiversité nécessite d'identifier les relations que ces deux éléments entretiennent. Il s'agit de comprendre comment le quartier de gare peut agir sur la biodiversité, et comment la biodiversité peut agir sur le quartier de gare. À la fois zone d'influence de la gare et espace clef pour les processus écologiques, le quartier de gare est l'échelle pertinente de travail où se cristallisent les enjeux.



3

Les points de friction entre gare et biodiversité se manifestent tout d'abord sous forme physique et urbaine. En effet, la gare influence voire impose la structuration des formes urbaines alentours, car elle impacte les processus socio-éco-



4



5

## Étapes de la modélisation

- 1- sur la base carte d'occupation du sol,
  - 2- identification des tâches d'habitat écologiques pour l'espèce,
  - 3- identification des chemins potentiels empruntés par l'espèce,
  - 4- création du graphe paysager
  - 5- hypothèses d'implémentation (A, B)
- La modélisation permet de déterminer

nomiques. Les différentes formes urbaines ont un impact sur les processus écologiques qui se jouent à l'échelle du paysage. Plus particulièrement, nous étudions la connectivité paysagère de ces quartiers, c'est à dire la perméabilité du paysage aux mouvements animaux. Ces mouvements sont essentiels à la survie des communautés biotiques à long terme. Leur modélisation sous forme de réseaux écologiques permet de mettre en évidence l'effet barrière ou au contraire stratégique du quartier de gare à l'échelle régionale. Nous réalisons ces modélisations pour plus de 70 espèces animales de taxons différents (mammifères, reptiles, oiseaux, etc..) dont la présence a déjà été relevée dans un rayon de 15km autour de la ligne N.

## Le quartier de gare, espace social

En plus de son effet physique, la gare a aussi un effet sur les manières de penser l'espace et de l'aménager. Le quartier de gare de l'urbaniste n'est pas le même que celui de l'architecte, ni même celui de tous les habitants des alentours. Or, ces manières de penser l'espace sont intimement liées aux manières de le partager, notamment avec la faune sauvage. Nous cherchons à comprendre l'effet de la gare

les espaces stratégiques où la création de nouveaux habitats écologiques (implémentation) augmenterait le plus la connectivité à l'échelle du quartier de gare. Ici deux propositions classées par apport relatif.

L'apport de l'implémentation en A est plus important pour le réseau que celui en B : elle permet la connectivité de deux sous-espaces pour le cycle de vie de l'espèce.

sur les pratiques d'aménagement et de gestion relatives à la biodiversité. Par exemple, les espaces végétalisés de la gare peuvent être tondus ras au nom de son fonctionnement technique ou de la sécurité des voyageurs.

Pourquoi les solutions optimales pour la connectivité ne sont-elles pas adoptées immédiatement ? Où faut-il chercher la réponse ? Les manières optimales d'étudier ce genre de situation, mêlant faits naturels et sociaux, ont été au cœur de nombreuses controverses au cours de ces dernières décennies. Chaque discipline a revendiqué la supériorité de son angle de vue, tandis que des divergences ont agité les chercheurs au sein même des disciplines. Ainsi, pour étudier la société doit-on appréhender le tout par les parties, à savoir les rapports humains à travers la capacité d'agir des individus ? Ou bien

les parties par le tout, et mettre l'accent sur l'effet des structures sociales (classes, champs, etc.) ? À la croisée de ces controverses, les modèles de systèmes socio-écologiques ont choisi de mettre le focus sur les interactions entre humains, et de mettre en miroir les systèmes sociaux et naturels. Ces modèles ont été conçus pour évaluer les dispositifs de gouvernance des objets naturels par la société. Néanmoins, ces approches ne prennent pas au sérieux la nature des liens qui lient Homme et Nature, et la diversité des façons par lesquels ils s'expriment. La vision d'un Homme rationnel seul maître de la nature reste hégémonique. Au fil des années, cette conclusion a été remise en cause, par au moins deux approches différentes. L'anthropologie comparative a montré par l'étude des sociétés non modernes, que la séparation Nature/ Culture n'était pas un universel.

Les «Science and technology studies» (études des sciences et techniques) ont montré que les chercheurs étaient eux même influencés par les conditions matérielles et sociales dans lesquels ils s'inscrivaient. Conceptuellement, cela signifie donc s'autoriser à réintroduire tout ce qui n'est pas humain dans la sphère explicative du social : animaux, objets, processus, concepts, etc. Cette nouvelle sociologie doit donc s'attacher à étudier l'impact des non-humains eux même dans les processus sociaux.

**Pour étudier la biodiversité dans les quartiers de gare, c'est donc bien la présence sociale des rapports entre humains qu'il faut étudier mais aussi et surtout celle des espèces et de la gare elle-même.**

## Connectivité paysagère

Degré de facilitation ou d'empêchement produit par les paysages sur le mouvement des organismes entre des patches. (Taylor et al. 1993)

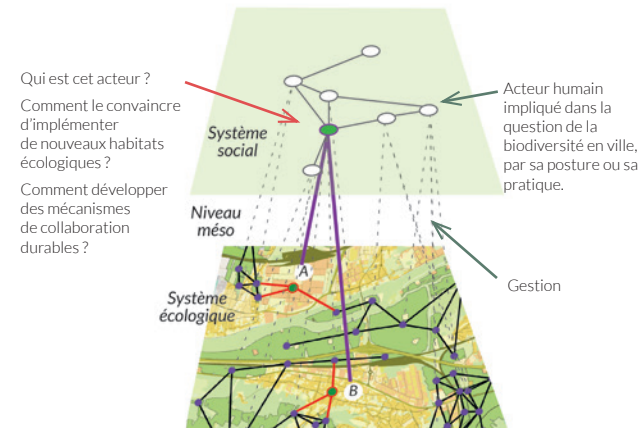
## Graphab

Logiciel basé sur la théorie des graphes permettant de modéliser les réseaux écologiques. Il est facilement interfacé avec les Systèmes d'Information Géographique. (Foltête, Clauzel, et Vuidel 2012)

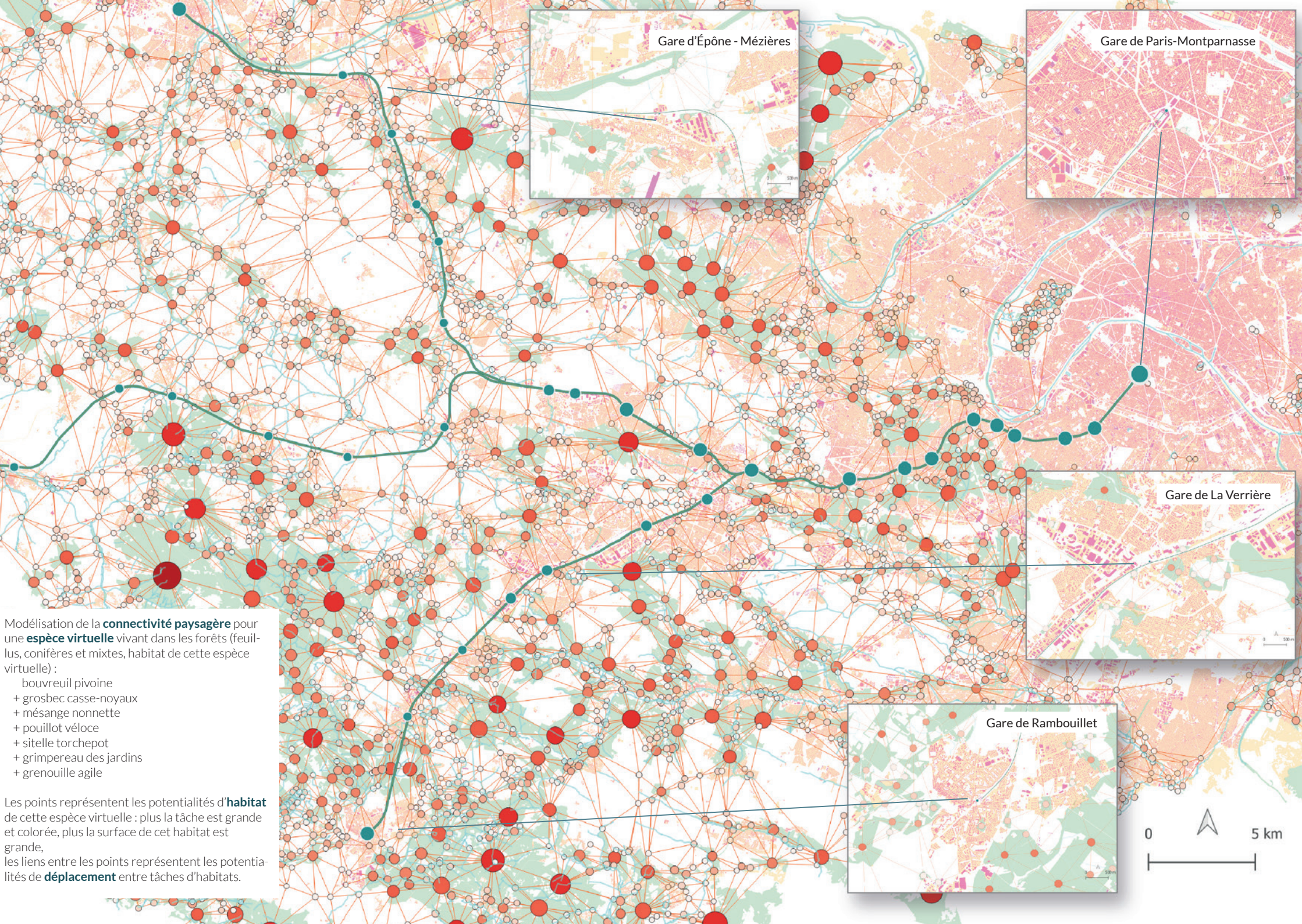
## Systèmes socio-écologiques

Modèles de recherches permettant l'étude du management de ressources naturelles, offrant une vision couplée des systèmes composés d'humains (sociaux) et d'entités naturelles (écologiques). (Folke, Colding, et Berkes 2001)

## Exemple de système socio-écologique en réseaux multiniveaux







Gare d'Épône - Mézières

Gare de Paris-Montparnasse

Gare de La Verrière

Gare de Rambouillet

Modélisation de la **connectivité paysagère** pour une **espèce virtuelle** vivant dans les forêts (feuillus, conifères et mixtes, habitat de cette espèce virtuelle) :

- bouvreuil pivoine
- + grosbec casse-noyaux
- + mésange nonnette
- + pouillot véloce
- + sitelle torchepot
- + grimpereau des jardins
- + grenouille agile

Les points représentent les potentialités d'**habitat** de cette espèce virtuelle : plus la tâche est grande et colorée, plus la surface de cet habitat est grande, les liens entre les points représentent les potentialités de **déplacement** entre tâches d'habitats.





# Des ateliers et stages pour nourrir la recherche

## L'atelier Bioterre

Les étudiants du Master Bioterre ont mené pendant 6 mois une étude exploratoire sur deux quartiers de gare de la ligne N, Trappes et La Verrière. Après avoir dressé un état de l'art et établi un diagnostic de l'état de la biodiversité des pôles gares et de leur quartier, ils ont enquêté auprès des usagers afin de mieux comprendre leur perception de la nature dans ces quartiers, et esquisser leurs attentes. Ces résultats ont été croisés avec les données issues d'entretiens avec les différents acteurs SNCF (exploitants, gestionnaires des espaces verts, responsables stratégie). Il en ressort que **les usagers sont favorables à plus d'espaces verts dans les quartiers de gares**, et que les potentiels d'amélioration des continuités écologiques nécessitent **une prise en compte partagée de la biodiversité entre les différents acteurs** afin de garantir la faisabilité opérationnelle des actions favorables à la biodiversité.

14 étudiants  
Master Bioterre  
Paris I - Panthéon Sorbonne

## Analyse des quartiers gare

Le premier stage du programme de recherche est **une étude quantitative sur les 36 gares de la ligne N du Transilien**. L'objectif est alors de déterminer quatre quartiers de gare selon un gradient du plus urbain au plus rural, et qui formeront le terrain d'étude de la thèse. Le stagiaire a **caractérisé les morphologies urbaines des quartiers de gares** sous formes de cartographies issues des données d'occupation du sol (MOS) et des hauteurs des bâtiments (BD-TOPO). Ces données ont ensuite été traitées statistiquement pour dégager plusieurs typologies de quartiers de gares : 4 classes ont été identifiées par similitude. L'équipe de recherche a sélectionné dans chaque classe les gares les plus représentatives, 9 quartiers de gares sont retenus.

Stage A. Rosselot  
Master 2 Bioterre  
Paris I - Panthéon Sorbonne

## Diagnostic écologique

Le bureau d'étude Nabi Ecology a réalisé un diagnostic écologique faune-flore sur un périmètre rapproché des gares retenues. **Les différents types d'habitats écologiques présents autour des gares ont été cartographiés et regroupés en 6 types plus ou moins riches en biodiversité** : friche ferroviaire, friche urbaine, pelouse urbaine publique, prairie urbaine, boisement urbain, pied d'arbre. Les jardins résidentiels n'ont pas été visités mais participent à la caractérisation écologique des quartiers de gares.

## et stage chiroptères

Ce diagnostic a été complété avec des données chiroptères (chauves-souris), des relevés de nuit à l'aide de capteurs installés sur les quais de gare ont été réalisés et analysés dans le cadre du second stage. **La présence et l'activité de plusieurs espèces de chauve-souris sont confirmées dans les emprises ferroviaires**. Les conditions de relevé (météo pluvieuse, travaux de nuit, éclairage) n'ont toutefois pas permis de dégager de conclusions pertinentes sur l'impact des infrastructures sur ces populations.

Stage M. Valentin  
Master 2 Écologie-Éthologie  
Université de St-Étienne

## Objets architecturaux des gares

Une analyse fine des équipements spécifiques aux gares, de leur organisation spatiale à l'échelle de la gare et de l'inclusion de la gare dans son environnement a été réalisée lors du troisième stage :

- axonométries (vues 3D) de chacune des gares montrant leur volumétrie générale (souterraine ou non, niveau rue ou sur talus, présence de passerelle ou de passage souterrain, nombre de voies) ainsi que le repérage de leurs équipements (mobilier d'attente, éclairages, clôtures).
- catalogue des équipements repérés et localisés, les matériaux et leur spécificités techniques.
- Un tableau détaillant l'impact de chaque élément de volumétrie ou d'équipement, sur leur déplacement : impact fort ou modéré, sans impact, et impact positif.

**L'étude permet de visualiser les effets barrières des objets architecturaux ayant un impact sur le déplacement des espèces sur les emprises ferroviaires.**

Stage A. Le Moigne  
Master I ENSA  
Paris-Malaquais

## Complémentarités métiers

L'objectif de ce quatrième stage est **d'interroger les pratiques métiers et d'étudier la prise en charge des enjeux biodiversité**.

Comment une entreprise de la fabrique de la ville, pluridisciplinaire dans ses métiers, et où toutes les échelles sont mobilisées (de l'objet au grand territoire) peut développer une stratégie cohérente en tirant partie de la diversité de ses métiers. La question des outils et des indicateurs sera également observée.

## et connectivité écologique

Dans la suite de l'étude sur les objets architecturaux des gares, ce cinquième stage va permettre de réaliser **un état de l'art et un benchmark sur les dispositifs techniques favorables aux continuités écologiques**. Cette étude évaluera le potentiel d'intégration de ces dispositifs à différentes échelles autour de la gare.

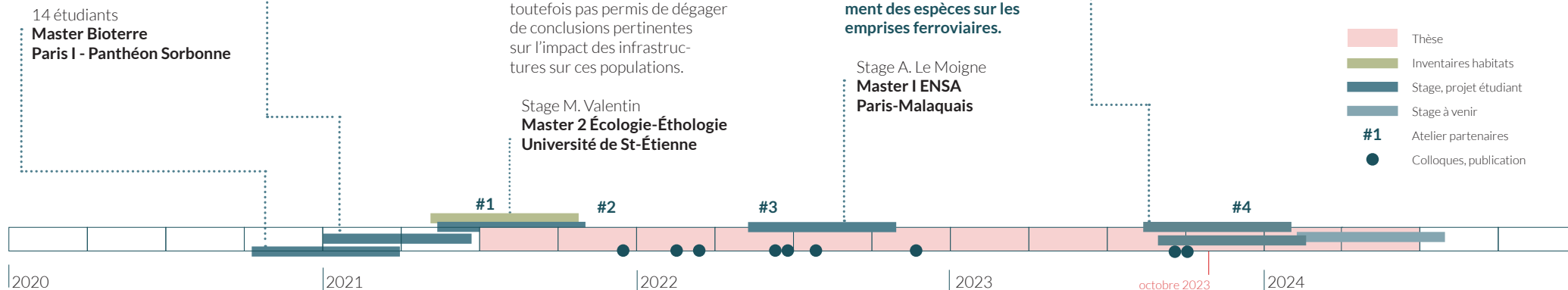
Stages G. Jouan et L.Viala  
Master Génie urbain UTC

## Prochaines étapes :

Jusqu'en décembre 2023, finalisation de la campagne d'entretiens pour appréhender la présence sociale des non-humains dans la gestion et l'aménagement de la biodiversité dans les quartiers de gare. Modélisations Graphab et analyse des résultats. De janvier à juin 2023 rédaction de la thèse. Préparation du dernier stage.

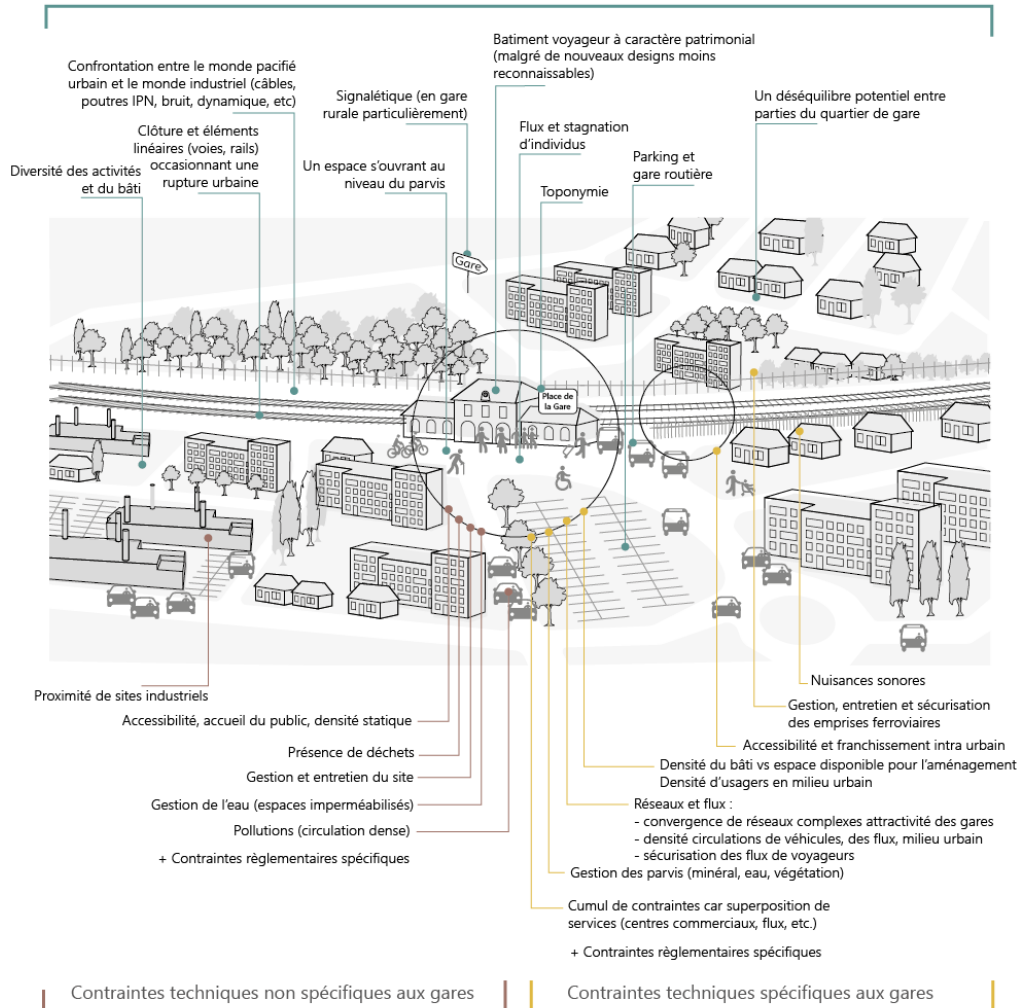
Atelier partenaires décembre 2023 : **les outils de la biodiversité et de la continuité écologique dans les processus d'aménagement des quartiers de gare**

Quel emploi des graphes produits par Graphab pour les différentes parties prenantes de l'aménagement ? Identification des besoins et des attentes des acteurs de l'aménagement en termes d'outils de biodiversité.



# Quartiers de gares, contraintes et biodiversité

## 1 - Les éléments d'identification du quartier de gare



## 2 - Les contraintes techniques

## 3 - La perception de la biodiversité

Bâtiments voyageurs, parvis

1 2 6 12 15 16

Quais, abords de voies

1 3 4 6 7 8 9

10 11 15 17 18

Vision négative de la biodiversité

- 1 Avifaune (pigeon, pie...)
- 2 Rats
- 3 Grande faune sur rails
- 4 Frelon asiatique

Vision négative et positive de la biodiversité

- 6 Araignées
- 7 Serpents
- 8 Flore mais présence d'espèces exotiques envahissantes

Vision neutre de la biodiversité

- 9 Petite faune (hérisson, souris, ...)
- 10 Herbacées /prairies urbaine ssur accotement
- 11 Lézard des murailles
- 12 Arbres dans pots suspendus

Vision positive de la biodiversité

- 13 Abris/ Toitures végétalisées
- 14 Nouées
- 15 Aménagements paysagers
- 16 Ruches au dessus du batiment voyageur
- 17 Coquelicots
- 18 Bac à fleurs ornementales

## Atelier partenaires #1 - juillet 2021

Le premier atelier partenaires est l'occasion de créer la rencontre entre partenaires et, pour Alexandre Auvray, de présenter aux participants les grandes lignes de la thèse. Il leur est demandé de réfléchir aux éléments qui caractérisent un quartier de gare, leurs contraintes techniques et le lien à la biodiversité présente ou perçue dans ces quartiers. Les éléments relevés sont synthétisés sur un schéma type. Le quartier de gare est un concept qui fait sens, et qui est marqué par des formes urbaines et identifiables.

La majorité de ces formes urbaines sont liées aux contraintes techniques propres aux différentes fonctions de la gare : exploitation ferroviaire, accueil du public, services...

La biodiversité de ces quartiers est en lien étroit avec les formes urbaines, ainsi qu'avec les pratiques de gestion du site.

Il en ressort également que la notion de gradient urbain-rural semble moins importante que celle de la notion d'attractivité des gares et de leur dynamisme, facteur qui serait plus déterminant pour expliquer les variations observables entre les quartiers de gare.

# Quatre quartiers de gare pour terrain d'étude

## Atelier partenaires #2 - octobre 2021

Le second atelier a pour objectif de sélectionner parmi les 9 gares les 4 quartiers de gare qui seront les terrains de la recherche. Pour cela Alexandre Auvray a proposé aux partenaires d'analyser chaque gare selon trois axes.

Le premier axe consiste à caractériser le rapport entre l'attractivité liée aux transports et celle du cadre de vie des usagers et habitants : est-il équilibré ou en tension ?

Ensuite, il a invité les partenaires à identifier les différents enjeux liés à la biodiversité sur chaque gare :

- y a-t-il des enjeux de préservation ou de valorisation ?
- y a-t-il des enjeux d'amélioration qui permettraient de gagner de la valeur écologique ?
- et enfin y a-t-il à plus large échelle, des opportunités urbaines pour améliorer la prise en compte de la biodiversité autour du quartier de gare ?

Ce parcours de réflexion a permis d'exposer, d'échanger et défendre les atouts de chaque quartier. Les gares retenues à l'issue de cet atelier pour représenter le socle de la recherche sont : Paris-Montparnasse, La Verrière, Rambouillet et Épône - Mézières.

Parmi les 4 classes de gares issues des analyses géographiques et des calculs statistiques selon les critères morphologiques des quartiers de gare de la ligne N du Transilien, les partenaires ont choisi de retenir :

**1 - Paris-Montparnasse**  
240 000 voy/j, 28 voies,  
surface plateau de voie 6,5 ha

**2 - Rambouillet**  
5600 voy/j, 8 voies,  
surface plateau de voie 2,5 ha

**3 - La Verrière**  
11 300 voy/j, 4 voies,  
surface plateau de voie 1,5 ha

**4 - Épônes - Mézières**  
2800 voy/j, 6 voies,  
surface plateau de voie 0,9 ha



# Espèces virtuelles et système socio-écologique

## Atelier partenaires #3 - mai 2022

Les partenaires techniques du projet ainsi que des acteurs de la protection de la biodiversité et de la recherche ont été invités à cet atelier.

Dans un premier temps, ils ont procédé à la formation de groupes d'espèces, selon leur milieu, leur capacité de dispersion, ainsi que les résistances paysagères propres à chaque milieu. À partir des 75 espèces recensées autour de la ligne N, 16 espèces virtuelles ont été formées : 8 pour les milieux fermés, 5 pour les milieux ouverts et 3 pour les milieux humides. Elles seront mobilisées dans la modélisation des graphes de connectivité paysagère à l'aide de Graphab.

Puis, à travers un questionnaire, Alexandre Auvray a proposé d'évaluer les propriétés des acteurs impliqués dans la gouvernance.

Les relations entre les participants et les espèces ont été relevées et une classification en a été proposée.

**Distance de dispersion**  
Distance de déplacement attribué à chaque espèce (animale ou végétale) nécessaire à l'accomplissement de son cycle de vie ou à sa migration pour éviter un appauvrissement génétique.

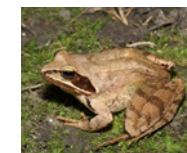
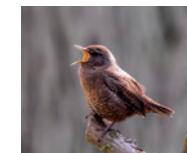
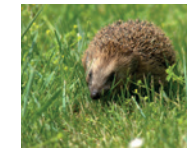
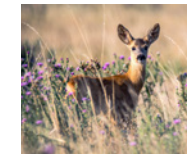
**Résistance paysagère**  
Coefficient de résistance d'un milieu, limitant le déplacement des espèces.

**Espèce virtuelle, modélisation**  
Une espèce virtuelle est un regroupement de plusieurs espèces réelles présentant des caractéristiques communes : habitat, distance de dispersion. Les données d'une espèce virtuelle permettent la modélisation des graphes paysagers.

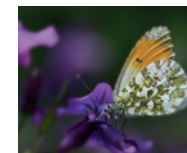
Quelques espèces recensées autour de la ligne N selon les milieux. Certaines d'entre elles sont classées «vulnérable\*» ou «en danger\*\*» sur la liste rouge de la région Île-de-France (UICN).

- 1 Chevreuil  
Hérisson d'Europe  
Troglydte mignon  
Grenouille agile
- 2 Collète du lierre  
Alouette des champs\*  
Aurore  
Grand murin\*
- 3 Martin-pêcheur  
Agrion de Mercure\*\*  
Orvet commun  
Salamandre tachetée

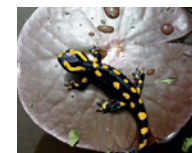
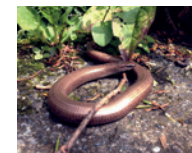
1 - milieux forestiers



2 - milieux ouverts



3 - milieux humides





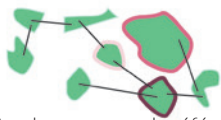
# Vers de nouveaux outils et indicateurs

## Calculs de métriques à partir des graphes paysagers



Le logiciel Graphab permet de réaliser des modélisations de la connectivité paysagère appelés graphes paysagers et de calculer différentes métriques :

- métrique globale pour caractériser la totalité du graphe ;
- métrique par composante : connectivité interne de chaque composante ;
- métrique locale : connectivité de chaque élément du graphe, noeud ou lien ;
- delta métrique : calcul des probabilités de connectivité, évaluation de l'importance relative des tâches d'habitat d'un graphe. Cette dernière métrique permet de réaliser des évaluations prospectives et d'orienter les aménagements en faveur de la connectivité.

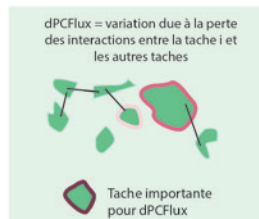


Graphe paysager de référence

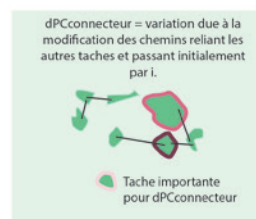
### Delta métrique dPC (%)

Calcul de PC (probabilité de connectivité) avec, puis sans un patch n, puis passage au patch n+1

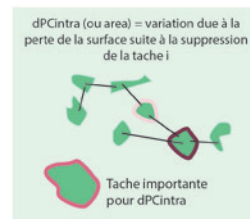
$$dPC = dPC \text{ intra} + dPCFlux + dPCconnecteur$$



La perte de surface cause t-elle une diminution de la connectivité à l'échelle du réseau ?



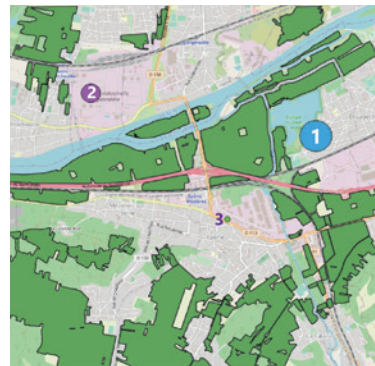
La perte de liens associés à la tâche cause t-elle une diminution de la connectivité à l'échelle du réseau ?



La tâche assure-t-elle des connexions uniques entre parties du réseau ?

## Exemple d'évaluation prospective

Graphab peut identifier les endroits stratégiques où placer de nouveaux espaces qui maximiseront la connectivité à l'échelle du réseau entier. Ici, trois lieux d'implémentations de tâches ont été proposés aléatoirement et Graphab les a classés de 1 à 3 en fonction de l'impact sur PC, une métrique représentant la probabilité que deux individus tirés au hasard dans la zone d'étude parviennent à entrer en contact.



# Frugacité : diffusion, colloques

Depuis le début et au fur et à mesure de son avancement, le projet communique sur sa méthode, ses enjeux et résultats. Ces occasions permettent de nourrir la recherche en retour.

Nous avons pu présenter notre méthode à l'occasion de différents évènements :

**Juillet 2021** – Forum Européen Nature for City Life «Re-penser les villes, penser la nature»

**Février 2022** - Rencontres ThéoQuant

**Février 2022** - La semaine gare à l'École Nationale des Ponts & Chaussées a permis de prototyper avec une dizaine d'étudiants une méthode pour prendre en compte l'impact des différentes formes urbaines sur la connectivité écologique.

**Mars 2022** - Colloque du PUCA, où étaient présentés l'ensemble des projets sélectionnés dans le cadre de l'appel à projet BAUM

**Juin 2022** - Colloque « Demain Nature en Ville », tenu à l'École du paysage de l'INSA à Blois.

**Juin 2022** - Colloque de l'Association pour la Promotion de l'Enseignement et de la Recherche en Aménagement et Urbanisme (Aperau), à Bordeaux.

**Juillet 2022** - Colloque de l'Union Géographique Internationale (UGI) à Paris au sein de la session Gare intitulée « Railway station & urban transitions ». Cette communication a fait l'objet d'un développement sous forme d'un chapitre dans l'ouvrage « La nouvelle nature des gares : transitions écologiques et métabolismes urbains ».

**Novembre 2022** - La thèse fait l'objet d'une présentation à destination de l'écosystème de la recherche au sein de la SCNF avec «Ma thèse en 180s» (prix spécial du jury).

**Septembre 2023** – Conseil scientifique du BAUM organisé par le PUCA au MNHN Paris

**Octobre 2023** – Colloque organisé par Le Mans Université : la régénération récente des gares et quartiers de gare, avec publication « Identifier les enjeux d'aménagements au sein des quartiers de gare en faveur de la connectivité écologique »

Le projet bénéficie du label du programme national de recherche ITTECOP.

Enfin, les acteurs de Frugacité sont en contact avec ceux du projet de recherche Minerve. Celui-ci réunit SNCF Réseau, SNCF Gares & Connexions, AREP, RATP Group, Colas Rail, Kayrros, l'IREX Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil et CentraleSupélec. Il a pour but de réduire les impacts négatifs de l'infrastructure ferroviaire sur l'environnement et adapter l'infrastructure aux effets du changement climatique. (Contribution à la tâche 1.4.3 Biodiversité).

## Références citées dans ce livret

Folke, Carl, Johan Colding, et Fikret Berkes. 2001. « *Synthesis: Building Resilience and Adaptive Capacity in Social-Ecological Systems* ». In *Navigating Social-Ecological Systems*, édité par Fikret Berkes, Johan Colding, et Carl Folke, 1re éd., 352-87. Cambridge University Press.

Foltête, Jean-Christophe, Céline Clauzel, et Gilles Vuidel. 2012. « *A Software Tool Dedicated to the Modelling of Landscape Network* ». *Environmental Modelling & Software* 38 (décembre): 316-27.

Taylor, Philip D., Lenore Fahrig, Kringen Henein, et Gray Merriam. 1993. « *Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure* ». *Oikos* 68 (3): 571.

# BAUM, les 5 autres programmes de recherche

## Morphobiot (ENSAT)

Évaluation de la capacité de cinq tissus résidentiels toulousains, observés à l'échelle de l'ilot, à accueillir et maintenir une biodiversité urbaine, en lien avec les continuités écologiques métropolitaines.

## Réaumur (Université Franche-Comté)

Évaluation de l'influence des morphologies urbaines sur les communautés d'insectes pollinisateurs et leurs interactions avec la flore locale.

## Biorev'Aix (AMU)

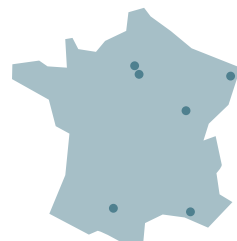
Évaluation de la capacité du réseau viaire de la ville d'Aix-en-Provence à être support de fonctionnements urbanistiques et écologiques.

## Evolville (CNRS/Live)

Évaluation de la diversité fonctionnelle des écosystèmes dans différents contextes de densification urbaine et de gestion à l'échelle du quartier : compositions taxonomique et fonctionnelle des communautés végétales dans les espaces herbacés urbains de l'Eurométropole de Strasbourg.

## Trambio'Sol (Sol Paysage)

Localisation et caractérisation de la Trame Brune (TBr) des sols, terrain d'études : Plateau de Saclay. Les outils sont basés sur la distribution des communautés lombriciennes selon l'histoire des quartiers et de leurs infrastructures, ainsi que sur l'évolution des fonctions biologiques des sols.



## l'équipe Frugacité

### Alexandre Auvray

Doctorant en aménagement, Ladyss (UMR 7533), ThéMA (UMR 6049), Université Paris I Panthéon Sorbonne



### Pascal Marty

Professeur de géographie, Ladyss (UMR 7533), Maison Française d'Oxford (USR 3129)



### Yohan Sahraoui

Maître de conférences ThéMA (UMR 6049), Université de Franche-Comté



### l'équipe AREP :

#### Sabine Thomas

Responsable d'Unité



#### Nils Le Bot

Responsable de Recherche



#### Karine Gremion

Responsable de Spécialité



#### Élodie Martin-Hackett

Architecte



#### Fabienne Ficamos

Chef de projet AMO environnement



## Merci à celles et ceux qui ont contribué à ce livret

Conception/rédaction : Alexandre Auvray, Anne Bauvy, Anissa Chafter, Élise Dageons, Fabienne Ficamos, Karine Gremion, Sandra Kaplan, Nils Le Bot, Élodie Martin-Hackett, Maya Rivera, Sabine Thomas

© AREP - Décembre 2023 - imprimé sur papier recyclé - Illustrations : Alexandre Auvray, Fabienne Ficamos, Photos : p.3 Nils Le Bot, p.15 Pixabay, merci aux contributeurs



