

**Programme de recherche  
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRITOIRES, PAYSAGES  
ET ECOSYSTEMES  
ITTECOP**

**APR 2020**

**Rapport final d'activité  
Volume 1**

*Date remise : 18/10/2024*

**TITRE DE LA RECHERCHE**

Capacité des infrastructures de transport à répondre à la demande  
en Services Écosystémiques du MiliEu URbain



Responsable(s) scientifique(s) :

Basak BAYRAMOGLU

INRAE, PSAE, [basak.bayramoglu@inrae.fr](mailto:basak.bayramoglu@inrae.fr)

Carmen CANTUARIAS-VILLESSUZANNE

ESPI Paris, ESPI2R et PSAE, [c.cantuarias@groupe-espi.fr](mailto:c.cantuarias@groupe-espi.fr)

Date d'engagement de la convention : 05/10/2021.

Montant du budget : 89 975,00 euros.

Cofinancements obtenus : financement de 2 stages de M1 par l'ESPI2R.

Partenaires : INRAE, PSAE, ESPI, ESPI2R, AgroParisTech, Valorhiz, Grand Lyon.

Rédacteurs du rapport : Basak BAYRAMOGLU, Carmen CANTUARIAS-VILLESSUZANNE, Soukaina ANOUGMAR, Jeffrey BLAIN, Hassan BOUKCIM, Inès CANDELA, Maia DAVID, Jérôme NESPOULOUS, Laetitia TUFFERY.

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier chaleureusement Poly Stéphane DEMONTI et Sandrine SOUBADOU de l'INRAE (PSAE) pour leur aide précieuse dans la gestion administrative du projet, et Lolita GILLET de l'ESPI (ESPI2R) pour le développement du carnet de recherche et l'édition. Nous remercions également Nathalie DELAME de l'INRAE (PSAE) pour ses conseils dans la rédaction du plan de gestion des données.

Le projet SEMEUR a largement bénéficié des conseils avisés du comité d'orientation d'ITTECOP et du comité scientifique du projet. Les membres du comité d'orientation ont activement pris part aux séminaires organisés par l'équipe projet, apportant ainsi leur expertise et leur soutien tout au long du projet.

## Table des matières

REMERCIEMENTS.....	2
Table des matières.....	3
Listes des acronymes et abréviations .....	4
INTRODUCTION .....	5
Axes de recherche du projet SEMEUR.....	7
Approche interdisciplinaire et liens avec les parties prenantes.....	7
Retour sur le plan de gestion de données (PGD) .....	9
Orientation retenue et structure du rapport scientifique.....	10
SECTION 1 : TYPOLOGIE DES SOLS (Tâche 1) .....	11
Méthodologie de la tâche 1 .....	11
Résultats de la tâche 1 .....	15
Limites et perspectives de la tâche 1.....	18
SECTION 2 : EVALUATION DE LA DEMANDE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES (Tâche 2) .....	20
Evaluation des SE d'un paysage urbain végétalisé par une nouvelle ligne de tramway .....	20
Méthodologie de la tâche 2 : expérience de choix discrets (DCE) .....	21
Résultats de la tâche 2.....	24
Limites et perspectives de la tâche 2.....	29
SECTION 3 : EVALUATION DU SYSTEME DES ACTEURS (Tâche 3) .....	30
Méthodologie de la tâche 3 : diagnostic territorial .....	30
Résultats de la tâche 3.....	32
Limites et perspectives de la tâche 3.....	35
SECTION 4 : CARTOGRAPHIE DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES URBAINS .....	36
Cartographie de la typologie d'occupation du sol : Saint-Fons et communes limitrophes.....	36
Cartographie des de la typologie d'occupation du sol à la hiérarchie des espaces urbains .....	39
Le cas du T10 : évolution de la typologie d'occupation du sol .....	41
Evolution du coefficient d'accueil de la biodiversité.....	43
CONCLUSION.....	45
Cheminement du projet et difficultés rencontrées .....	45
Implications en termes de politiques publiques .....	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	48

## Listes des acronymes et abréviations

AVP : Avant-projet  
CLC : Corine Land Cover  
CBS : Coefficient de biotope par surface  
Corg : Carbone organique  
COS : Carbone organique du sol  
COT : Carbone organique total  
DCE : *Discrete Choice Experiment*  
EFESE : Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques  
EG : Eléments grossiers  
EIE : Evaluation de l'incidence sur l'environnement  
EVU : Espaces verts urbains  
ILTe : Infrastructures Linéaires de Transports et leurs emprises  
INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement  
ITTECOP : Infrastructures de transports terrestres, écosystèmes et paysages  
MEA : *Millenium Ecosystem Assessment*  
MOS : Matière organique du sol  
RTE : Réseau de transport d'électricité  
RFU : Réserve facilement utilisable  
RU : Réserve utile  
SE : Services écosystémiques  
SEU : Services Ecosystémiques Urbains  
SIG : Système d'information géographique  
SQ : *Statu quo* dans l'expérience de choix discrets (DCE)  
UPGE : Union professionnelle du génie écologique

## INTRODUCTION

Les villes sont confrontées à un nombre croissant de problèmes environnementaux (canicules, inondations, mauvaise qualité de l'air, bruit, etc.) et à des questions liées aux stratégies d'aménagement urbain pour maintenir le bien-être des habitants (Revi *et al.*, 2014 ; Wolch *et al.*, 2014). Les effets néfastes du changement climatique, de la perte de biodiversité et de la pollution sur les villes incitent les autorités locales à développer des espaces verts urbains (EVU) et les services écosystémiques (SE) qui y sont associés, car des solutions fondées sur la nature existent pour la plupart des mesures d'adaptation des infrastructures (Pörtner *et al.*, 2021).

La végétalisation des espaces urbains et la restauration de la nature joueront un rôle clé dans l'atteinte des objectifs d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique. Il est essentiel de privilégier des approches intégrées biodiversité-climat dans la planification urbaine, y compris dans les espaces publics, les infrastructures de transport et la conception des bâtiments et de leurs abords. La préservation de la biodiversité et les solutions fondées sur la nature doivent être au cœur des stratégies d'adaptation des villes au changement climatique (Thacker *et al.*, 2021 ; European Commission, 2021).

Les urbanistes et les décideurs publics ont besoin de recherches supplémentaires pour évaluer les opportunités offertes par les solutions fondées sur la nature en milieu urbain et leurs limites (Babí Almenar *et al.*, 2021). Dans ce contexte, la création d'espaces verts, et en particulier la végétalisation des infrastructures de transport et leurs emprises (ILTe), représentent des opportunités pour les territoires de fournir et restaurer des services écosystémiques urbains (SEU).

La création de la nouvelle ligne de tramway T10 dans la métropole de Lyon et la végétalisation de cette infrastructure de transport participent conjointement aux réponses à apporter aux défis environnementaux et climatiques que les espaces urbains rencontrent. La création de nouveaux moyens de transports en commun permet d'offrir une alternative à l'utilisation de la voiture, de densifier les espaces urbains, et de restaurer des SE par leur végétalisation.

Le projet de recherche SEMEUR restitué ici a comme objectif d'évaluer la demande et l'offre de SE d'un territoire urbain de la métropole de Lyon, fortement artificialisé par diverses infrastructures. Le projet SEMEUR a exploré les opportunités offertes par la végétalisation de la nouvelle ligne de tramway (T10) en termes de SE, mais aussi les réticences d'une partie de la population à cause de conflits d'usage de l'espace public (la végétalisation réduisant potentiellement l'espace de parking et l'espace pour la circulation routière). Cette ligne traversera Saint-Fons, une ville confrontée à des défis économiques et environnementaux, notamment en raison d'un déficit de végétalisation.

L'emprise de la canopée de la métropole de Lyon est estimée à 27 % de la surface du territoire (Métropole de Lyon, 2009<sup>1</sup>), environ 14 500 ha. Cependant, l'accès aux espaces verts est inégalement réparti sur le territoire de la métropole.

Une évaluation de la santé environnementale de l'aire métropolitaine de Lyon (Anzivino *et al.*, 2018) a montré que la partie sud (en particulier la vallée de la chimie) subit fréquemment des nuisances olfactives et sonores qui affectent à la fois le secteur résidentiel et le secteur tertiaire. Ces nuisances sont causées par la présence de grandes industries (raffineries, industries chimiques, stations d'épuration, etc.) et des infrastructures de transport (routes et réseaux ferroviaires), exacerbées par les conditions climatiques locales (la topographie et les vents dominants favorisent la dispersion des polluants).

---

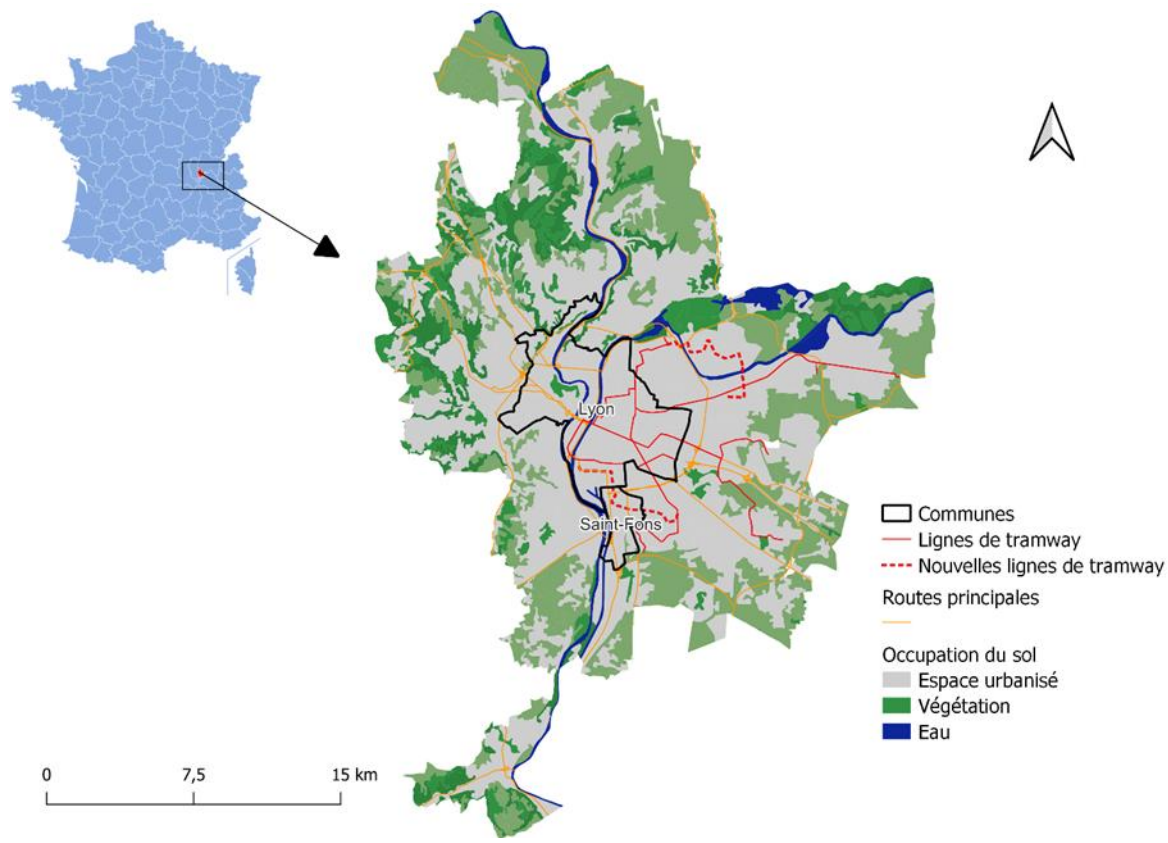
<sup>1</sup> Présentation de la Direction Patrimoine végétale, Unité Nature & Conseil de la Métropole de Lyon, séminaire de lancement du projet SEMEUR du 22/10/2021.

Le Plan Canopée<sup>2</sup>, mis en œuvre en 2017, est une réponse à ces enjeux et comprend des actions concrètes d'adaptation au changement climatique et des mesures en faveur de la biodiversité à l'échelle métropolitaine. Le Plan d'investissement multimodal 2021-2026<sup>3</sup> a renforcé la cohésion territoriale et a proposé plusieurs extensions du réseau de tramway. Quatre nouvelles lignes et près de 25 km de voies seront créés et assureront des correspondances avec les principales lignes de métro et de tramway existantes.

La métropole lyonnaise envisage d'intégrer des EVU à ces nouvelles lignes de tramway. La végétalisation des nouvelles infrastructures de transport contribuerait au Plan Canopée et offrirait l'opportunité de transformer le paysage et de restaurer les SE de la ville.

La Figure 1 ci-dessous représente les lignes de tramway existantes et futures. Elle montre que ces lignes sont situées dans des zones très artificialisées, ce qui augmente les retombées potentielles de la végétation autour de ces infrastructures.

Figure 1. Saint-Fons : occupation du sol et nouvelles infrastructures



Source : SEMEUR, 2023, Anaïs PORTELA.

<sup>2</sup> « Plan Canopée : l'arbre au service du climat urbain », Transitions résilience Grand Lyon <https://developpementdurable.grandlyon.com/en-actions/dispositifs-partenariaux/plan-canopee-larbre-au-service-du-climat-urbain/>

<sup>3</sup> « Plan de mandat 2021-2026 », Sytral Mobilités <https://www.sytral.fr/610-plan-de-mandat-2021-2026.htm>

## **Axes de recherche du projet SEMEUR**

Le projet a intégré trois axes de recherche, décliné en trois tâches.

L'axe 1 a évalué l'offre de SE à l'aide des méthodes cartographiques sur la base d'une typologie des sols. Cette analyse est basée sur les opérations de génie écologique. Les cartes visent à améliorer la connaissance sur les SEU et leur fonctionnement, à favoriser des interventions ciblées sur les sols (descellement, décompaction, éventuellement amendements) et l'introduction d'espèces végétales et microbiennes adaptées et locales. Cet axe a été développé principalement par Valorhiz, avec le soutien de la Métropole du Grand Lyon.

L'axe 2 s'est intéressé à la demande sociale de SEU associés à la végétalisation d'une ligne de tramway à l'aide de méthodes économiques d'évaluation monétaire de biens environnementaux, plus précisément la méthode de l'expérience de choix discrets (*Discrete Choice Experiment* – DCE). Ces méthodes permettent de révéler les préférences des individus et la valeur qu'ils accordent aux SE d'un territoire urbain, qui ne font pas l'objet d'une valeur marchande en l'absence de marché. Cette étude a mis en lumière l'arbitrage suivant : d'un côté, la végétalisation fournit des SEU comme la biodiversité urbaine et la baisse de la température en période de canicule ; de l'autre, elle réduit les espaces de parking et la chaussée. L'analyse a été réalisée à l'échelle métropolitaine. L'axe a été piloté par des économistes de l'environnement de l'AgroParisTech, l'INRAE et l'ESPI.

L'axe 3 a analysé le système des acteurs du territoire à l'aide d'une étude du marché immobilier de la ville de Saint-Fons (et des villes environnantes) et de diagnostics territoriaux afin de mettre en lumière les impacts de ILTe sur les dynamiques urbaines. Ce travail s'intéresse en particulier à la capacité de Saint-Fons à devenir une ville productive du quart d'heure grâce à la nouvelle infrastructure du tramway. L'axe a été développé par un géographe et un économiste de l'environnement de l'ESPI avec le soutien de la Métropole du Grand Lyon et de la mairie de Saint-Fons.

Enfin, un travail en commun entre les tâches 1 et 3 a permis d'analyser la coexistence de SE et le potentiel de la ville de Saint-Fons (et des villes environnantes) pour devenir des territoires du quart d'heure. De plus, l'impact potentiel de la ligne de tramway T10 a été analysé via des cartes de scénarios de végétalisation du tracé de la ligne de tramway T10 en fonction des SE et des caractéristiques urbaines.

## **Approche interdisciplinaire et liens avec les parties prenantes**

Les travaux issus de ce projet sont le fruit d'un dialogue et d'approche interdisciplinaire. Le projet a réuni des disciplines différentes pour répondre à une problématique complexe à la croisée de l'aménagement des territoires, de choix modal et de demande sociale pour la qualité de l'environnement : le génie écologique (tâche 1), l'économie de l'environnement (tâche 2) et la géographie (tâche 3). Même si les travaux sont disciplinaires au sein de chaque tâche, les membres ont interagi tout au long du projet et ont produit des résultats transversaux “inter-tâches” (section 4) en utilisant les travaux provenant de chaque tâche.

Au-delà de l'interaction entre scientifiques, le projet SEMEUR a également bénéficié de la participation des parties prenantes — la mairie de Saint-Fons, les représentants de la métropole de Grand Lyon, de SYSTRAL Mobilités, et de UrbaLyon. L'ensemble des tâches a bénéficié des connaissances et retours d'expérience de ces experts. Le soutien de SYTRAL Mobilités a permis de

présenter le projet SEMEUR comme étude de cas lors de la réunion annuelle de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies <sup>4</sup> et s'intègre dans l'objectif de développement durable n° 11 « Villes et communautés durables ». Le projet SEMEUR a également intégré la participation citoyenne par l'analyse des préférences sociales pour la végétalisation des ILTe dans la métropole de Lyon.

Enfin, le projet SEMEUR a bénéficié largement des conseils du comité d'orientation d'ITTECOP et du comité scientifique du projet. Les membres du comité d'orientation ont participé aux quatre séminaires organisés par l'équipe projet (voir l'annexe 1. Membres du comité d'orientation). Le Tableau 1 propose une présentation synthétique des principales réalisations du projet (voir également l'annexe 2 sur la valorisation de la recherche).

Tableau 1. Synthèse des productions scientifiques du projet SEMEUR

	Tâche 1	Tâche 2	Tâche 3	Interactions avec les parties prenantes
<b>Production 1</b> : Typologie fonctionnelle de l'occupation des sols	x			
<b>Production 2</b> : Valeur nominale des SE par type d'occupation de sols	x			
<b>Production 3</b> : Cartes de SE rendus en fonction de l'occupation des sols	x			
<b>Production 4</b> : Carte de l'impact de la ligne de tramway T10 à Saint-Fons : évolution d'occupation du sol et du score sur le SE "accueil de la biodiversité"	x	x		SYSTRAL Mobilités
<b>Production 5</b> : Cartographie de la typologie d'occupation du sol par IRIS	x		x	
<b>Production 6</b> : Cartographie de la typologie d'occupation du sol par la hiérarchie des espaces urbains	x		x	
<b>Production 7</b> : Design expérimental et production de deux vidéos illustratifs		x		Métropole de Lyon et la Mairie de Saint Fons

<sup>4</sup> 7th édition UNECE PPP et Infrastructures 2023, 3-5 mai à Athènes, Grèce, p.105-110.  
[https://unece.org/sites/default/files/2024-01/Case\\_Study\\_Database\\_PPP\\_Forum\\_2023.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2024-01/Case_Study_Database_PPP_Forum_2023.pdf)

<b>Production 8 :</b> Construction d'un questionnaire, diffusé par un institut de sondage auprès de 4500 habitants de la métropole		x		Métropole de Lyon
<b>Production 9 :</b> Traitement économétrique des résultats du sondage, évaluation du consentement à payer pour les SE		x		
<b>Production 10 :</b> Diagnostic territorial et étude du marché immobilier de la ville de Saint-Fons			x	Métropole de Lyon et la Mairie de Saint Fons
<b>Production 11 :</b> Utilisation de <i>Healthy Streets</i> pour mesurer l'amélioration de la santé sur le tracé du tramway			x	La Mairie de Saint Fons
<b>Production 12 :</b> Application du concept de la ville productive du quart d'heure à la ville de Saint-Fons			x	La Mairie de Saint Fons
<b>Production 13 :</b> Illustration des scénarios de végétalisation par une ligne de tramway		x		Métropole de Lyon
<b>Production 14 :</b> Création du site web du projet pour la diffusion des résultats du projets	x	x	x	ESPI Paris
<b>Production 15 :</b> Plan de gestion de données pour les trois tâches du projet	x	x	x	INRAE (service Dataverse) ESPI (service informatique)

### Retour sur le plan de gestion de données (PGD)

L'équipe projet a mis en place une version initiale du PGD en novembre 2021, qui a été révisée et publiée en mars 2022. Le plan a permis d'identifier les données produites par tâche et de définir l'espace de stockage. L'annexe 3 présente le type de données par tâche et étude, ainsi que les liens entre elles afin de faciliter son utilisation. Pendant la durée du projet, toutes les données produites ont été centralisées et stockées, et elles comprennent :

- **Présentations** : les présentations PowerPoint des séminaires et réunions converties en PDF pour archivage.
- **Billets de blog** : les publications sur le carnet de recherche Hypothèses sont enregistrées en format HTML.
- **Bibliographie** : les références bibliographiques seront gérées via Zotero ou JabRef.
- **Tâche 1 (Cartes de services écosystémiques des sols)** : les données géographiques sont en format SIG shapefile, utilisables sur QGIS.
- **Tâche 2 (Enquête par questionnaire)** : un questionnaire basé sur l'expérience de choix discrets mis à disposition via LimeSurvey (version 2.5). Les cartes de choix ont été générées avec le logiciel NGENE. Les résultats sont stockés en formats Excel et CSV, et ont été traités à l'aide de STATA.
- **Tâche 3 (Entretiens et analyses terrain)** : les résultats des entretiens, échanges et questionnaires sont sauvegardés en formats Word, texte et Excel. Les données de terrain, ainsi que des informations issues de la base DVF et de l'INSEE, ont également été utilisées pour le diagnostic territorial de Saint-Fons. Les données des ACP ont été traités par le logiciel R.
- **Données graphiques** : les dessins produits par le Grand Lyon sont en format image.
- **Vidéos et photos** : Ces fichiers sont stockés en formats MP4 et OGG.

Cette synthèse rassemble les différents types de données et leurs formats respectifs pour une gestion organisée sur OneDrive.

### **Orientation retenue et structure du rapport scientifique**

Le projet SEMEUR suit le cadre de l'évaluation française de services écosystémiques urbains (EFESE) où les SEU sont définis de la façon suivante : « *les services dont les citoyens bénéficient au travers des espaces de nature sont principalement des services de régulation et culturels, d'approvisionnement dans une moindre mesure* » (EFESE, 2018, p.8). Le programme EFESE souligne que la quantité et la qualité des services écosystémiques sont influencées par la manière dont l'espace public est conçu et exploité.

Le présent rapport est organisé en quatre sections interconnectées. Il présente tout d'abord l'évaluation de l'offre de SE d'un point de vue écologique (section 1) et puis la demande de SE d'un point de vue économique (section 2), et enfin une analyse de la ville productive d'un quart d'heure, en incluant une étude du marché immobilier de Saint-Fons et des villes voisines, ainsi que des diagnostics territoriaux (section 3). L'ensemble de ces travaux nous ont permis d'explorer l'impact potentiel de la végétalisation de la ligne de tramway T10 à l'aide d'une cartographie des scénarios de la capacité de sols à fournir certaines SEU (section 4).

## SECTION 1 : TYPOLOGIE DES SOLS (Tâche 1)

L'objectif de l'axe de recherche 1 est de développer une méthodologie et de cartographier l'offre de services écosystémiques que peuvent fournir les ILTe. Cet axe se décline en 3 étapes :

Etape 1 : La réalisation sur la zone d'étude de Saint-Fons et de ses 6 communes alentour, d'une **typologie fonctionnelle d'occupation des sols** en lien avec leur capacité à fournir des SE. Ces résultats ont été obtenus avec la collaboration de plusieurs acteurs concernés par les ILTe (RTE, SNCF, Grand Lyon, CNR).

Etape 2 : Sur la base de mesures de terrains, de la littérature, et d'enquêtes auprès des gestionnaires des ILTe, définir les **SE à considérer pour les sols urbains des ILTe** jusqu'à la mise en place de valeurs nominales (scores) qualifiant l'offre en SE que peut fournir chaque type d'occupation du sol.

Etape 3 : La production de **cartes de typologie d'occupation des sols et des offres en SE associés** sur la zone d'étude. Cette étape s'appuie à la fois des données disponibles (cadastre, Corine Land Cover), et du traitement automatisé d'orthophotos récentes via la technologie innovante CASSIA® technologies (Valorhiz) et des résultats obtenus sur le terrain.

Une grande partie du travail réalisé pour cette tâche a été menée dans le cadre du stage de Chloé GIACINTI (EC Lyon & Valorhiz) en 2022. Dans cette partie sont présentés une synthèse de ce travail ainsi que des résultats complémentaires menés à la suite du stage. Le rapport complet avec les résultats détaillés est disponible en annexe 44.

### Méthodologie de la tâche 1

#### Etape 1 : Typologie fonctionnelle d'occupation des sols









##### *Les entretiens des gestionnaires d'ILTe*

Des entretiens avec certains représentants des ILTe ont été réalisés afin d'échanger sur les différentes contraintes d'usage de chaque type d'infrastructures comme la végétation acceptée autour des linéaires. Ces échanges ont été restitués sous forme de profils d'ILTe, résumant les contraintes d'usage et les aménagements possibles en termes de couverture végétale (voir l'annexe 4). Ces profils serviront à alimenter la matrice croisant les contraintes d'usage et la typologie d'occupation des sols (voir l'annexe 5), et seront analysés à l'aide de la méthodologie SWOT.

##### *Construction d'une typologie d'occupation des sols*

Huit classes d'occupation du sol urbain ont été définies dans la construction de cette typologie (Figure 2). Ces classes ont été identifiées en croisant l'analyse des couvertures de sol à l'aide des images satellites, les résultats issus des visites du site de Saint-Fons et des entretiens menés avec les représentants des ILTe.

Figure 2. Typologie d'occupation du sol illustrée

Id classe	1	2	3	4	5	6	7	8
	Sol scellé	Sol semi-scellé		Sol non scellé				
Type de couverture du sol	Imperméabilisé > 90%	Imperméabilisé entre 50% et 90%		Imperméabilisé < 50%				
	Voie de circulation lisse (béton, goudron,...etc)	Voie de circulation non lisse (pavés, graviers,...etc)	Voie de circulation non lisse (pavés, graviers,...etc)	Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti
	Sans végétation	Sans végétation	Strate herbacée partielle	Sans végétation (sol nu : terre)	Strate herbacée uniforme	Strate arbustive (+haies)	Strate arborée	Eau
								

Source : SEMEUR, C. GIACINTI, 2022. Rapport de stage, annexe 44, figure 7.

Ces huit classes sont réparties en trois catégories : sol scellé, sol semi-scellé et sol non scellé, correspondant à différents taux d'imperméabilisation. Chaque typologie sera associée à un score attribué pour chaque service écosystémique (SE) identifié dans l'étape 2.

## Etape 2 : Choix des SE et des indicateurs de mesure

### Identification des SE

Cinq SE ont été retenus dans le cadre de la tâche 1 du projet SEMEUR. Ils ont été sélectionnés à partir de la combinaison de nos recherches bibliographiques, d'éléments relevés lors des différents entretiens et de la collaboration des experts pédologues et botanistes de Valorhiz :

- **Accueil de la biodiversité** : Les sols et la végétation constituent un important réservoir de biodiversité.
- **Régulation du climat global** : Les sols et la végétation sont les principaux réservoirs continentaux de carbone.
- **Régulation des eaux pluviales et prévention des inondations** : Les sols jouent un rôle clé en tant qu'interface entre l'eau atmosphérique (pluie) et les masses d'eau superficielles et souterraines.
- **Contrôle de l'érosion des sols** : L'érosion peut conduire à la dégradation des écosystèmes et des infrastructures en aval. Elle peut être réduite avec la végétation qui permet de limiter le ruissellement, d'intercepter les gouttes de pluies et de renforcer les propriétés mécaniques du sol.
- **Régulation du climat local** : Les sols et les végétaux participent à l'évaporation, à la transpiration de l'eau et à la réflexion des rayons solaires, contribuant ainsi à atténuer les îlots de chaleur urbaine en créant des zones de fraîcheur.

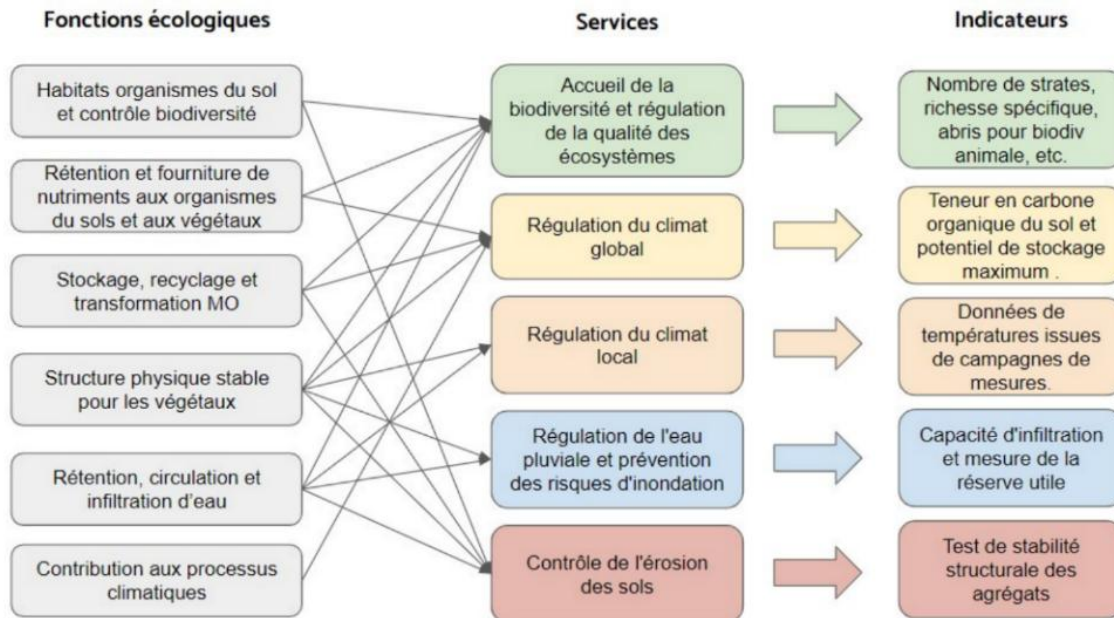
Une fois ces SE sélectionnés, il a fallu choisir des indicateurs pour les mesurer.

### Sélection des indicateurs de mesure

Cette phase s'est à nouveau appuyée sur l'analyse de la littérature. Une étude en particulier a été très utile dans le choix des indicateurs (Adhikari et al., 2015). L'annexe 6 présente les différents paramètres du sol pertinents pour l'évaluation des services écosystémiques. Les SE retenus, régulation du climat, contrôle de l'érosion et des inondations, séquestration du carbone et support à la biodiversité, sont surlignés en jaune, ainsi que les indicateurs correspondants. Certains de ces

indicateurs ont été sélectionnés grâce aux échanges avec les experts pédologues de Valorhiz. Ils sont résumés dans le schéma suivant (voir Figure 3).

Figure 3. Les fonctions à l'origine des cinq SE étudiés dans le cadre du projet SEMEUR et les indicateurs associés



Source : SEMEUR, C. GIACINTI, 2022. Rapport de stage, figure 9.

*Détermination des mesures et de leur localisation à mettre en place*

Les significations des indicateurs ainsi que les choix de mesures associées sont récapitulés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Signification des indicateurs choisis et type de mesure associée

Indicateur	Signification	Type de mesure
Caractéristiques générales des sols : texture, pH	Répartition granulométrique des constituants du sol. Informations utiles à la gestion de l'eau et de la fertilisation.	Technique de sédimentation ou de granulométrie laser + test pH
Matière organique du sol	Capacité de l'écosystème à stocker du carbone atmosphérique	Rock-Eval (mesure de la teneur en Corg du sol)
Biodiversité végétale	Capacité du sol à servir de support de biodiversité aux plantes	Indicateur RENATU (richesse spécifique, etc.)
Infiltration de l'eau	Capacité du sol à se drainer lorsqu'il est saturé en eau	Mesure de la vitesse d'infiltration (protocole Valorhiz)
Stabilité des agrégats	Capacité des agrégats à résister à l'érosion hydrique ou éolienne	Test de stabilité structurale (norme ISO 10930. 2012)
Hydrostructure	Capacité du sol à stocker l'eau pour les plantes	Pfimètre (mesure de la réserve utile)
Densité du sol	Indicateur du compactage du sol. Information utile sa capacité de rétention en eau et sa porosité totale.	Pesées humides puis sèches pour un volume donné

Source : SEMEUR, SEMEUR, C. GIACINTI, 2022. Rapport de stage, figure 10.

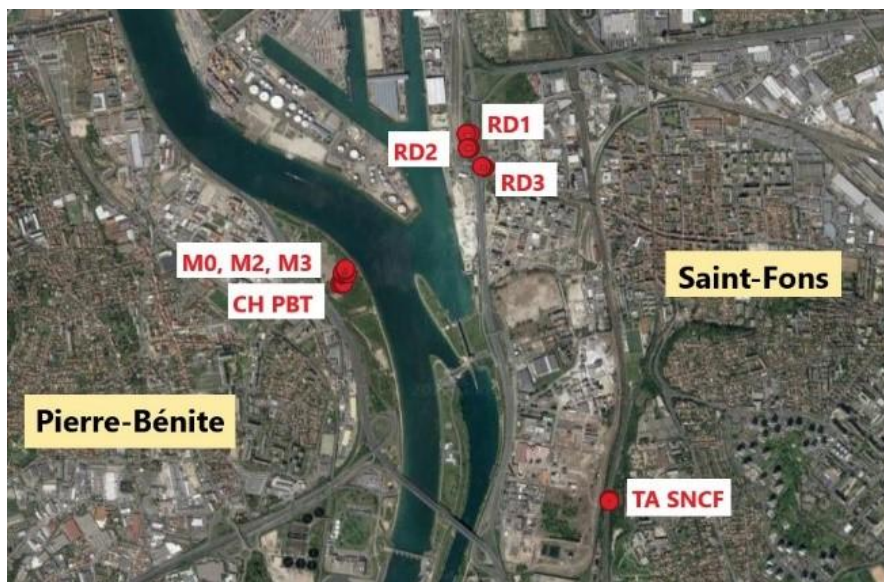
### *Localisation des sites de mesures des indicateurs*

Pour la sélection des sites de mesure, les critères retenus sont les suivants :

- la zone d'étude doit être représentative des types de couvertures de sol identifiés ;
- à proximité des ILTe ;
- en prenant en compte les recommandations des gestionnaires d'infrastructures de transport recueillies lors des entretiens ;
- veiller aux contraintes d'usage, des possibilités d'accès et des conditions de sécurité.

Trois sites comprenant 8 modalités et 21 répétitions ont été sélectionnés sur deux communes (Figure 4). Les sites de mesure se situent dans la Vallée de la Chimie (parcelles du projet REBU et Bio-TUBES), sur un talus appartenant à la SNCF, en bordure du réseau ferroviaire à Saint-Fons, sur un sol semi-scillé à Pierre-Bénite, ainsi que dans des prairies aux abords d'un échangeur autoroutier.

Figure 4. Vue satellite des sites et infrastructures sélectionnées



Source : SEMEUR, SEMEUR, C. GIACINTI, 2022. Rapport de stage, annexe 44, figure 11.

Des analyses en laboratoires et des analyses statistiques sont conduites pour chaque mesure effectuée sur les différentes modalités. Elles permettent d'associer un score de SE rendus pour chaque typologie d'occupation du sol identifiée.

### **Etape 3 : Cartographie des SE en fonction de la typologie d'occupation du sol**

Le troisième objectif de la tâche 1 du projet SEMEUR est de fournir les cartographies suivantes :

### *La typologie de l'occupation des sols*

A l'aide de l'outil CASSIA® technologies<sup>5</sup>, d'images aériennes, annexe 7).

Le résultat cartographique est accompagné d'une évaluation des surfaces appartenant à chaque type d'occupation du sol.

Une fois défini, chaque unité cartographique pour chaque typologie d'occupation du sol a pu être rattachée aux scores associés à chaque SE calculés précédemment (Figure 6). Cet exercice permet de rendre compte de la distribution de chaque typologie d'occupation du sol sur un territoire et des SE rendus par chacun avec une précision à l'échelle du pixel (8cm).

## **Résultats de la tâche 1**

### *Résultats des analyses effectuées en laboratoire et des manipulations sur le terrain*

Les principaux résultats pour chaque indicateur sont (voir Annexe 6 et ses 14 points pour des résultats complets sur les indicateurs du sol) :

- **Caractéristiques physico-chimiques générales** : au niveau textural, les sols étudiés sont à dominance sableuse, déclinés en 5 classes du triangle de texture GEPPA selon les sites d'étude (sableux, sablo-argileux, sablo-limoneux, sablo-argilo-limoneux, limono-argilo-sableux). Le pH des sols est compris entre 7,2 et 8,5, indiquant des sols alcalins à très alcalins. La densité des sols est faible.
- **L'accueil de biodiversité : Indicateur Renatu** : Les résultats sont globalement homogènes, sur l'ensemble des modalités visitées. Les strates arborées ont des scores élevés tandis que les chemins, sans couverture végétale présentent des scores moins élevés
- **Teneur et saturation en carbone organique du sol (COS)** : Les valeurs de carbone varient fortement selon les modalités, avec des résultats particulièrement élevés pour les zones arborées et les talus ferroviaires.
- **Stabilité structurale - Risque de battance et d'érosion** : Les sols semblent structurellement très stables, bien que les résultats puissent être biaisés par des erreurs de manipulation lors des tests en laboratoire.
- **Réserve utile du sol** : Les valeurs obtenues sont faibles par rapport aux références de la littérature, probablement en raison des spécificités des sols urbains étudiés.
- **Infiltration** : Les résultats sont jugés peu fiables à cause de problèmes techniques lors des tests in situ. Une autre méthode d'infiltration, est recommandée pour de futures études, bien qu'elle soit plus longue à réaliser.

C'est grâce à ces analyses que des scores associés à chaque SE sont mis en place.

### *Tableau des scores*

L'analyse des résultats obtenus lors des tests in situ et des manipulations en laboratoire a ensuite permis d'associer chaque type de couverture de sol à un score de services rendus, entre 0 (aucun service rendu) et 1 (service rendu maximal). Le *scoring* proposé est disponible dans la Figure 5.

---

<sup>5</sup> La technologie innovante Cassia®, développée par Valorhiz, permet d'analyser des images géoréférencées de la végétation et du sol afin de cartographier les écosystèmes. Sur la base d'un jeu d'apprentissage défini par un expert, des algorithmes innovants vont analyser les images pour apprendre à reconnaître automatiquement les différentes entités d'intérêt (habitat, communauté végétale, espèces, groupe de plantes, type de sol ...). <https://cassia-technologies.com/>

Figure 5. Scores associés aux SE via les indicateurs de mesure

SAINT FONS	Id classe  Type de couverture du sol	1	2	3	4	5	6	7	8	
		Sol scellé		Sol semi-scellé		Sol non scellé				
		Imperméabilisé > 90%		Imperméabilisé entre 50% et 90%		Imperméabilisé < 50%				
		Voie de circulation lisse (béton, goudron,...etc)		Voie de circulation non lisse (pavés, graviers,...etc)		Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti
Sans végétation		Sans végétation		Strate herbacée partielle		Sans végétation (sol nu : terre)	Strate herbacée uniforme	Strate arbustive (+haies)	Strate arborée	Eau
Coefficient de biotope par surface (CBS)		0	0,1-0,2		0,3-0,4	0,5-0,7	0,8-1,0		-	
Contrôle érosion des sols (Stabilité structurale)		0	0-0,1		0,2-0,4	0,4-0,8	0,7-1,0		-	
Régulation climat global (Stockage COS)		0	0,1-0,3		0,3-0,6	0,7-1	0,7-1		-	
Accueil de biodiversité (RENATU)		0	0-0,1		0,2-0,3	0,4-0,7	0,8-1		-	
Régulation eau de pluie (Réserve utile)		0	0,1-0,3		0,4	0,5-1	0,6-1		-	

Source : SEMEUR, Valorhiz.

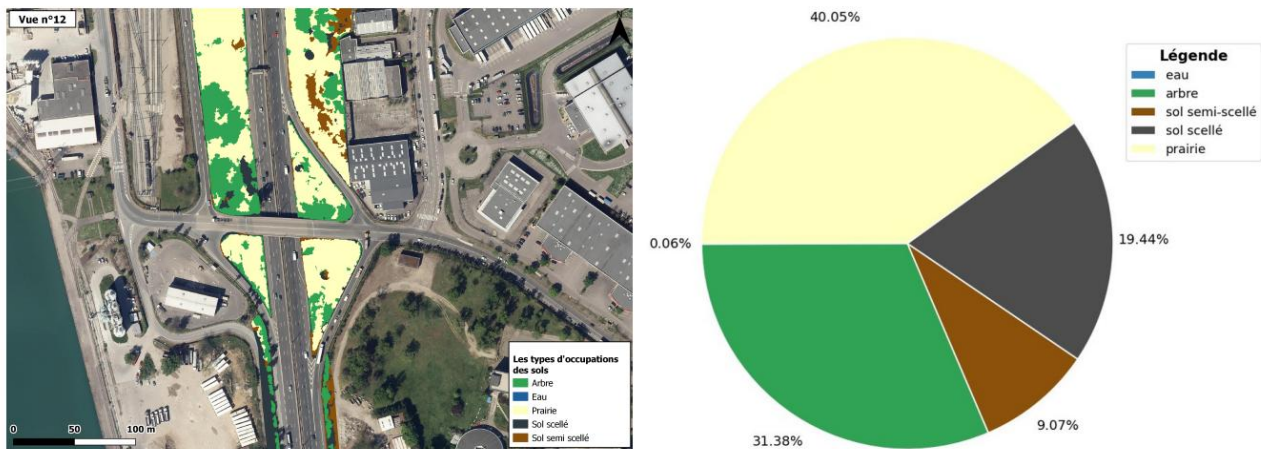
L'analyse des scores associés à chaque service écosystémique révèle plusieurs points clés :

- **Contrôle de l'érosion des sols** : Les scores, basés sur des expertises et des références littéraires, indiquent qu'un sol semi-scellé offre un service quasi-nul, tandis que les couvertures herbacées et arborées fournissent d'importants services de réduction de l'érosion.
- **Régulation du climat global** : Les scores proviennent de mesures du stock de carbone organique du sol (COS) et de la saturation, montrant que les prairies peuvent stocker autant de COS que certaines zones arborées.
- **Accueil de la biodiversité** : Les scores de l'indicateur RENATU, adaptés à un intervalle de 0-1, ont été enrichis par des données d'études antérieures pour améliorer l'échantillonnage.
- **Régulation des eaux pluviales** : Les scores, établis à partir de mesures de la réserve utile et des opinions d'experts, sont plus influencés par la texture du sol que par le type de végétation, nécessitant une interprétation prudente.

*Résultats cartographiques appliqués autour d'une infrastructure autoroutière autour de la commune de Saint-Fons*

Afin de valider la méthodologie développée précédemment, la cartographie de la typologie d'occupation du sol est effectuée autour d'une infrastructure routière présente sur le territoire de Saint-Fons (voir Annexe 7). Les occupations de sols ont donc été évaluées sur une bande de 10m le long de la route départementale 383. Comme visible sur la Figure 6 on remarque que 40% de la surface totale hors voirie est occupée par une couverture prairiale, 31% par une couverture arborée, environ 19% par un sol scellé (comprenant le bâti et les routes bétonnées/goudronnées), 9% par un sol semi-scellé (type graviers, pavés) et presque 0% par de l'eau. La zone semble donc majoritairement occupée par des couvertures capables de rendre des SE.

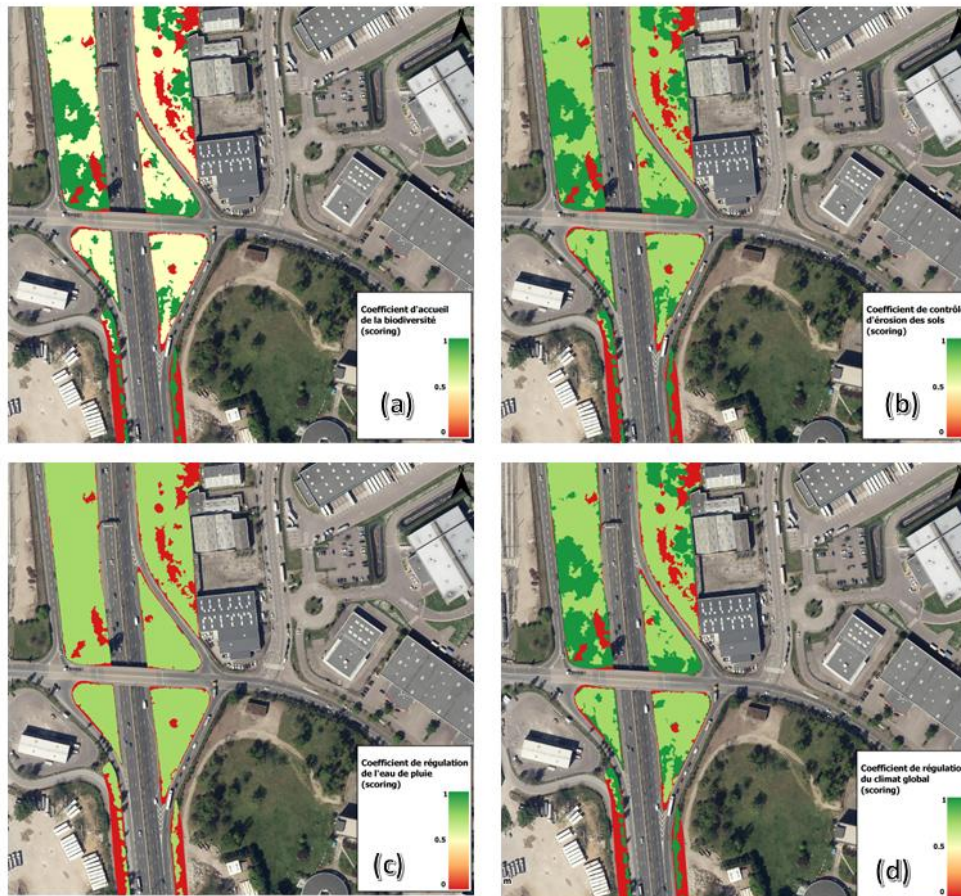
Figure 6. Cartographie des typologies d'occupation du sol autour d'un tronçon routier



Source : SEMEUR, Valorhiz. Cette figure est mise à disposition en plus grande résolution dans l'annexe 7.

La typologie d'occupation des sols a été croisée avec le tableau des scores associés à chaque SE pour obtenir des cartes de SE rendus en fonction de l'occupation des sols (Figure 7). Les gradualités des différents services rendus semblent être relativement similaires pour les différents services. Les zones identifiées comme ne rendant aucun SE (zones en rouge) sont les mêmes pour chacun des SE (sols scellés). Il semble y avoir cependant des différences pour les sols non scellés : les zones arborées notamment sur la partie nord-ouest de l'échangeur semblent rendre des services autour du contrôle de l'érosion des sols, de l'accueil de biodiversité et du climat global mais rendre moins de services autour de la régulation des eaux pluviales. Les zones prairiales semblent rendre plus de services en matière de lutte contre l'érosion, de régulation de l'eau pluviale et de stockage de carbone organique que d'accueil de biodiversité.

Figure 7. Cartes des coefficients de SE rendus par les sols urbains sur une infrastructure routière. Sont présentés quatre SE : (a) Coefficient d'accueil de la biodiversité ; (b) Coefficient du contrôle de l'érosion des sols ; (c) Coefficient de régulation de l'eau pluviale ; (d) Coefficient de régulation du climat globale



Source : SEMEUR, Valorhiz.

### Limites et perspectives de la tâche 1

La tâche 1 a permis d'établir une typologie d'occupation des sols urbains et d'en ressortir la capacité (résultat de scoring) des infrastructures linéaires de transport et leur emprise (ILTe) à rendre des SE sélectionnés pour l'étude. Les résultats ont été valorisés sous format cartographique pouvant être un support d'aide à la décision dans des projets d'aménagements urbains ou de gestion des infrastructures et surface intercommunales. Ce travail a permis de développer une méthodologie, réalisée à échelle localisée, (SEMEUR, C. GIACINTI, 2022. Rapport de stage) qui a ensuite pu être testée et déployée sur l'ensemble du territoire de Saint Fons et de ses six communes environnantes (voir Section 4).

La méthodologie développée dans la tâche 1 s'est concentrée sur une localité de Saint-Fons. Les mesures effectuées sur site, visant à calculer les scores de SE rendus par le sol, avaient pour objectif d'être représentatifs du territoire de Saint-Fons. Le modèle CASSIA, qui a permis de classifier la typologie d'occupation du sol à plus large échelle sur l'ensemble du territoire de Saint Fons et des 6 communes limitrophes, a été validé par photo-interprétation et grâce aux données de l'OCSGE. En

perspectives, cette étape de validation pourrait être renforcée par des données complémentaires de terrain pour prendre en compte de la singularité de chaque territoire. Une autre perspective est la notion d'échelle de travail utilisée. L'analyse cartographique a été réalisée à une échelle de 1:25000. Cette échelle répond à un besoin de synthèse à l'échelle communale, mais présente des imprécisions pour des besoins plus locaux, tels qu'à l'échelle d'une rue ou d'un bâtiment. Par exemple, le modèle éprouve des difficultés à détecter les strates arbustives, qui peuvent être confondues avec des strates arborées ou des prairies, entraînant un biais de prédiction. Une dernière perspective sont les critères qui ont permis de qualifier les SE tel que la topographie du territoire qui pourrait être ajouter dans les analyses pour qualifier la régulation des eaux pluviales et la prévention des risques d'inondation.

Dans la Section 4, de nouveaux résultats vont être présentés. Il s'agit d'analyses cartographiques permettant de relier les résultats de la Section 1 (tâche 1) à ceux de la Section 3 (tâche 3). Ils permettront également de discuter de l'impact de la nouvelle ligne de tramway T10 à Saint-Fons sur le SE d'accueil de la biodiversité.

## **SECTION 2 : EVALUATION DE LA DEMANDE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES (Tâche 2)**

Nous nous intéressons dans cette tâche à l'acceptabilité sociale de l'initiative de la métropole lyonnaise d'intégrer des espaces végétalisés dans son projet d'infrastructure de tramway (abords des voies et stations). Nous utilisons la méthode d'expérience de choix discrets (DCE) pour identifier et quantifier les principaux avantages en termes de services écosystémiques (SE) et les contraintes pour les habitants résultant de la mise en place d'un tel projet d'infrastructure.

Dans un contexte où la valeur des SE est absente ou sous-estimée dans les analyses de coûts-avantages, les méthodes d'évaluation permettent de révéler les consentements à payer des acteurs locaux pour la préservation du paysage. L'étude de l'offre et la demande de services écosystémiques urbains (SEU) a été abordée par des modèles de changement d'usage et occupation du sol (Geneletti et al., 2020) et les méthodes de préférences révélées, principalement des études des prix hédoniques (Morancho, 2003 ; Czembrowski and Kronenberg, 2016 ; Liebelt et al., 2019).

Certaines analyses des préférences déclarées, qui inclut la méthode du DCE, s'intéressent à la végétalisation dans les espaces urbains. C'est le cas de l'étude dans la ville de Vienne en Autriche qui explore les préférences pour les services de récréation et loisirs en introduisant un effet de congestion (nombre de joggeurs, promeneurs, cyclistes ou chiens) et propreté (déchets ou non) des parcs (Arnberger et Eder, 2011). Li et al. (2020) estiment les disponibilités à payer pour l'amélioration de la qualité de l'air liée au développement d'espaces verts dans la ville de Beijing. Enfin, Jaung et al. (2020) ont étudié les préférences pour cinq SEU présents dans des parcs à Singapour : l'évolution de la pollution atmosphérique, la baisse de température, la réduction du bruit, la conservation de la biodiversité, et des programmes communautaires à retombées culturelles.

À notre connaissance, le projet SEMEUR est la première application de la méthode DCE pour le cas de l'évaluation des SE d'un paysage urbain végétalisé par les ILTe.

### **Evaluation des SE d'un paysage urbain végétalisé par une nouvelle ligne de tramway**

Nous avons effectué cette analyse en deux étapes. Dans un premier temps, nous avons développé un modèle simple pour présenter le cadre théorique à l'origine de la demande sociale pour un paysage urbain végétalisé par les ILTe. Dans un second temps, nous avons mené une enquête par questionnaire puis nous avons effectué une analyse empirique des réponses des habitants de Lyon en utilisant la méthode de DCE. Ce travail a amené à la rédaction d'un document de travail (TUFFERY et al., 2024 ; annexe 45), actuellement en révision dans la revue internationale à comité de lecture *Land Economics*.

La discussion conceptuelle théorique avait pour objectif d'explicitier les facteurs à l'origine des préférences des habitants d'une ville pour un projet de végétalisation d'une nouvelle ligne de tramway (ses abords et stations). En particulier, elle a mis en exergue le fait pour un acteur économique de devoir arbitrer entre les bénéfices de SE par les espaces végétalisés urbains (EVU), comme la réduction de température en période de forte chaleur et le support à la biodiversité urbaine, et les contraintes ajoutées par la mise en place d'un tel projet d'infrastructure, comme la réduction de l'espace pour la circulation automobile et le stationnement. Pour cela, nous nous sommes inspirés du cadre théorique de la fourniture de biens publics de Samuelson (1954), que l'on a adapté au contexte de notre étude (voir la section 2 du document de travail TUFFERY et al. (2024), annexe 45).

## **Méthodologie de la tâche 2 : expérience de choix discrets (DCE)**

L'expérience des choix discrets, ou *discrete choice experiment* (DCE), est une méthode utilisée pour analyser les préférences des individus concernant des biens et services environnementaux. Elle repose sur la création de marchés fictifs ou contingents, permettant d'étudier les préférences déclarées des individus. Cette approche est basée sur des enquêtes, dans lesquelles les biens et services sont définis par divers attributs, y compris une variable monétaire considérée en termes de coût ou de paiement. En présentant différentes combinaisons de caractéristiques, l'objectif est de comprendre les attributs qui influencent les choix des individus, permettant ainsi d'estimer la valeur perçue des biens et services étudiés (Hoyos, 2010).

La tâche 2 propose d'étudier la question de recherche suivante : quelles sont les préférences des habitants, c'est-à-dire leur consentement à payer (CAP), pour la végétalisation du réseau de tramway dans la métropole lyonnaise ?

La tâche 2 répond à cette question à l'aide d'une méthode d'évaluation par expérience de choix discrets (DCE).

La méthode DCE se compose de plusieurs étapes :

### **Étape 1 : Conception de l'expérience de choix discrets**

Plusieurs attributs potentiels ont été identifiés sur la base d'une revue de la littérature portant sur les SEU et la végétalisation :

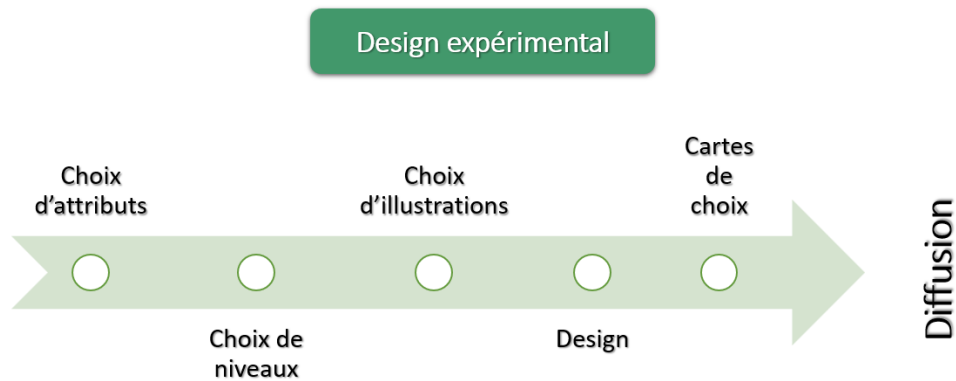
- îlot de fraîcheur,
- qualité de l'air,
- support de biodiversité,
- atténuation des risques d'inondation,
- services culturels et récréatifs,
- réduction des pollutions olfactives,
- réduction des pollutions sonores.

Ces attributs potentiels ont été discutés au sein de 3 groupes de discussion informelle (*focus groups*) : un premier avec des experts et aménageurs de la ville de Lyon, un deuxième avec des étudiants en immobilier de l'ESPI et un troisième avec des habitants de Saint-Fons. Ces réunions ont permis d'affiner la liste existante d'attributs, de faire apparaître de nouveaux attributs et de donner une idée sur les niveaux des attributs et leur illustration.

### **Étape 2 : Design expérimental**

Une fois les attributs et leurs niveaux définis, un design expérimental permet de construire les cartes de choix et les options qui la composent. La Figure 8 illustre les étapes du design expérimental.

Figure 8. Design expérimental d'une expérience de choix discrets



Source : SEMEUR, 2022. Soukaina ANOUGMAR.

L'enquête pilote a été effectuée avec la diffusion du questionnaire en face-à-face auprès des usagers du tramway à Lyon et sur les rues à Saint-Fons. 20 questionnaires ont été complétés. Ce travail a permis de valider la bonne compréhension globale du questionnaire (structure, rédaction, illustrations), de valider les niveaux de l'attribut monétaire et d'améliorer le design des cartes de choix initiales.

Une des productions scientifiques de la tâche 2 a été de proposer des scénarios de végétalisation sous forme d'illustrations effectuées par la paysagiste Hind NAIT-BARKA de la métropole de Lyon. Deux niveaux de végétalisation sont proposés (voir Figure 9). Ainsi, ces illustrations ont été intégrés aux deux vidéos de présentation de DCE que nous présentons lors de l'étape 3 (voir annexe 8).

Figure 9. Scénarios de végétalisation des réseaux de tramway dans la métropole de Lyon



© Métropole de Lyon - Hind Nait-Barka

Source : SEMEUR, 2022. Hind NAIT-BARKA.

Les cartes de choix se réfèrent à quatre attributs (voir annexe 9. Liste des attributs, description et niveaux de l'expérience de choix discrets, voir également annexe 45, TUFFERY et al. (2024)).

Le **premier attribut** « zone d'ombre et de fraîcheur » correspond à l'impact des zones plantées végétalisées sur les températures pendant les vagues de chaleur. La végétation dans une zone urbaine peut fournir de l'ombre et réduire les températures de l'air. Nous avons établi trois niveaux pour cet attribut :  $-0^{\circ}\text{C}$ , niveau de référence, c'est-à-dire option *status-quo* (*SQ*) (en l'absence de végétalisation),  $-1^{\circ}\text{C}$  et  $-2^{\circ}\text{C}$ . Le choix de ces niveaux est basé sur les effets moyens de la végétation linéaire sur la réduction des températures en ville proposés dans la littérature (Hamada et Ohta, 2010 ; Huang et al., 2018 ; Aram et al., 2019).

Le **deuxième attribut** « abondance d'oiseaux » concerne l'impact de l'EVU sur la biodiversité urbaine. Plusieurs études mesurent cet impact en termes de diversité et d'abondance des oiseaux (Caula, 2007 ; Pellissier et al., 2013 ; Dupuis et al., 2014). Nous avons défini trois niveaux pour mesurer les changements de cet attribut : +0% (*SQ*), +5% et +20% d'individus de différentes espèces d'oiseaux. Ces niveaux ont été choisis en se basant principalement sur la revue de la littérature et ont été confirmés par l'avis d'un expert d'une association environnementale reconnue.

Le **troisième attribut** « trafic et stationnement » se réfère à l'impact des EVU sur le trafic et les espaces de stationnement disponibles. Cet attribut n'est pas ressorti de l'analyse documentaire sur les SEU car il ne s'agit pas d'un service écosystémique, mais il est le résultat des *focus groups*. En effet, les participants aux groupes de discussion l'ont considéré comme crucial lors de l'aménagement du tramway, ce qui montre le compromis existant entre la végétalisation et la fluidité de la circulation automobile et du stationnement.

Le **quatrième attribut** « coût » fait référence à l'augmentation potentielle des impôts locaux mensuels (en euros par mois et pour l'ensemble du ménage) associée aux différents scénarios de végétalisation du tramway. Les niveaux choisis sont 0€ (*SQ*), 1€, 4€ et 10€ par mois. Le choix de ces niveaux a été basé sur les niveaux d'impôts locaux dans les pays à haut revenu et dans l'aire métropolitaine de Lyon. D'autres travaux sur les EVU utilisent plusieurs types d'attributs monétaires : l'augmentation des loyers (Bronnmann et al., 2020) ; la contribution annuelle à un fonds vert urbain (Fruth et al., 2019) ; les coûts directs associés aux murs verts (Collins et al., 2017) ; l'augmentation des charges mensuelles pour l'entretien (y compris le nettoyage) des zones résidentielles communes (Jaung et al., 2020) ; la surtaxe associée aux coûts de développement (Kim et al., 2020) ; et les coûts d'installation des toits verts et les frais d'entretien (Vanstockem et al., 2018 ; Vollmer et al., 2016). Le type de taxe le plus fréquemment pris en compte dans la littérature est la taxe mensuelle, qui est également le type de mécanisme de paiement le plus général (Giergiczny et Kronenberg, 2014 ; Liu et al., 2020 ; Ng et al., 2015 ; Soto et al., 2018). Pour ces raisons, et pour donner suite aux commentaires des *focus groups*, nous choisissons une taxe locale mensuelle comme attribut monétaire.

Les méthodes DCE s'appuient sur plusieurs cartes de choix. Chaque option est associée à différents niveaux des principaux attributs qui composent le bien environnemental. Les cartes de choix sont composées de deux alternatives fictives et une situation de référence. Les répondants doivent choisir leur alternative préférée dans chaque carte de choix.

Nous avons utilisé le logiciel *Ngene* (Rose et al., 2010) pour générer une conception bayésienne efficace des cartes de choix. Le design efficace a généré 12 cartes de choix, divisées en deux blocs égaux ; et les répondants ont été assignés au hasard à un bloc particulier. Au sein de chaque bloc, 6 cartes de choix ont été successivement proposées dans un ordre aléatoire. Les répondants ont donc dû faire 6 choix entre deux solutions de végétalisation différentes et la *SQ* (voir l'annexe 10. Exemple de carte de choix de l'expérience de choix discrets dans TUFFERY et al. (2024)).

### **Étape 3 : Collecte de données**

La collecte des données a eu lieu par un *web survey* en juin 2022. Pour ce questionnaire, la tâche 2 a produit deux vidéos (annexe 8). La première vidéo présente une description de la question générale de végétalisation des villes, suivie d'une présentation plus spécifique de la végétalisation du tramway et son impact sur le bien-être urbain. La deuxième vidéo décrivait les attributs et les ensembles de choix en détail et de manière simplifiée. Montrer des vidéos avant une DCE permet de réduire les biais hypothétiques et informationnels.

Le questionnaire a été administré par l’institut de sondage BVA à un échantillon de 500 répondants, habitants de la métropole de Lyon, selon les règles d’éthique et de déontologie de la collecte des données et respecte la protection des données personnelles. L’échantillon est représentatif en termes de sexe, d’âge, de classe sociale, de revenu et de situation géographique.

#### Étape 4 : Analyse économétrique des données

La dernière étape est le traitement économétrique des données grâce à l’estimation de modèles de choix discrets. Ce traitement permet d’obtenir la valeur, en unité monétaire, du bien évalué mais également de chacun des attributs qui le caractérisent (voir la section 5 du document de travail TUFFERY et al. (2024), en annexe 45).

#### Résultats de la tâche 2

Ce travail permet donc d’estimer non seulement le CAP global pour les EVU, mais aussi le CAP détaillé pour certains SE associés aux EVU et pour l’espace dédié à la circulation et au stationnement des voitures.

Pour obtenir une parfaite représentativité, l’échantillon a été redressé en utilisant les données de recensement de l’INSEE de 2015 à l’échelle de l’aire métropolitaine de Lyon pour différentes caractéristiques socio-économiques et démographiques : âge, genre, catégorie socioprofessionnelle (CSP), lieu de résidence (centre-ville ou périphérie). Le Tableau 3 présente les statistiques descriptives pour l’échantillon initial<sup>6</sup> non pondéré et l’échantillon final pondéré.

Tableau 3. Statistiques descriptives de l’échantillon de l’expérience des choix discrets

		<i>Echantillon non pondéré</i>	<i>%</i>	<i>Echantillon pondéré</i>	<i>%</i>
<i>Genre</i>	Homme	199	39.8%	233	46.6%
	Femme	301	60.2%	267	53.4%
<i>Âge</i>	18-34	84	16.8%	175	35.0%
	35-49	158	31.6%	124	24.7%
	50-64	144	28.8%	102	20.5%
	>65	114	22.8%	99	19.8%
<i>Catégorie socioprofessionnelle (CSP)</i>	CSP +	177	35.4%	178	35.5%
	CSP -	141	28.2%	133	26.7%
<i>Localisation</i>	Inactive	182	36.4%	189	37.8%
	Centre-ville de Lyon	173	34.6%	195	39.0%
	Périphérie de Lyon	327	65.4%	305	61.0%
<i>Total</i>		500	100%	500	100%

Source : SEMEUR, voir annexe 45.

<sup>6</sup> Nous avons supprimé 20 répondants considérés, soit comme ayant donné des réponses de protestation, soit comme ne comprenant pas la DCE. Plus précisément, nous avons demandé aux répondants qui choisissaient toujours l’option de SQ d’expliquer leur choix et nous avons exclu les sondés qui ont répondu : « Je n’ai pas compris les différents scénarios », « Il y avait trop d’éléments à prendre en compte », « Ce n’est pas à moi de payer », ou « J’ai besoin de plus d’informations pour me décider ». Notre échantillon final comprend donc 480 habitants.

## Résultats du modèle « Radom Parameter Logit » (RPL)

Le Tableau 4 présente les résultats économétriques pour le modèle « Random Parameter Logit » (RPL) et les interactions. Les variables explicatives sont :

- La zone d'ombre et de fraîcheur (« AirTemp »)
- L'abondance d'oiseaux (« Biodiversity »)
- La réduction faible/forte de l'espace pour la circulation et le stationnement, (« NoTraffic-Low ») et « NoTraffic-High »)
- La consommation de produits biologique (« Bio »)
- La végétation autour du réseau de tramway (« TramVege »)
- Le coefficient « SQ » représente l'utilité associée à la situation actuelle : pas de verdissement, pas d'amélioration des services écosystémiques, pas de réduction de l'espace dédié à la circulation et au stationnement
- Les taxes locales mensuelles en € (« Pay€ »).

Nous constatons que tous les coefficients, à l'exception de « NoTraffic-Low », associés aux attributs choisis, sont statistiquement significatifs et ont des signes cohérents. Le coefficient paiement (en €) « Pay€ » est fortement significatif et a un signe négatif. Comme prévu, toutes choses égales par ailleurs, l'utilité des répondants diminue à mesure que les impôts locaux mensuels augmentent. La partie inférieure du Tableau 4 présente les interactions entre les attributs et plusieurs variables socio-économiques qui nous permettent de comprendre la relation entre le profil du répondant et ses préférences.

Tableau 4. Résultats du modèle RPL avec et sans interactions

	(1)		(2)		(3)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Payment €	-0.28***	0.25***	-0.30***	0.28***	-0.26***	0.27***
	(0.04)	(0.04)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)
SQ	-2.61***	3.07***	-2.37***	-3.06***	-2.32***	2.90***
	(0.75)	(0.59)	(0.42)	(0.30)	(0.47)	(0.34)
AirCooling	0.67***	0.91***	0.48***	0.63***	-0.05	-0.08
	(0.12)	(0.12)	(0.12)	(0.10)	(0.15)	(0.16)
Biodiversity	0.14***	0.16***	0.10***	0.14***	0.05*	0.10***
	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
SpaceReduc-Low	0.02	0.20	0.09	-0.17	0.17	-0.008
	(0.17)	(0.17)	(0.17)	(0.14)	(0.18)	(0.12)
SpaceReduc-High	-0.94***	1.66***	-1.00***	1.82***	-1.98***	1.36***
	(0.30)	(0.40)	(0.30)	(0.30)	(0.46)	(0.22)
Bio×AirCooling			0.93***	-1.24***	0.99***	-1.50***
			(0.18)	(0.17)	(0.23)	(0.27)
Bio×Biodiversity			0.08***	0.14***	0.11***	0.19***
			(0.03)	(0.02)	(0.04)	(0.05)
Bio×SpaceReduc-High			0.66*	0.02	0.70**	1.52***
			(0.34)	(0.61)	(0.33)	(0.40)
TramVege×AirTemp					0.67***	0.57***
					(0.17)	(0.15)
TramVege×Biodiv					0.05*	0.06
					(0.03)	(0.05)
TramVege×SpaceReduc-High					1.20***	1.27***
					(0.43)	(0.25)
Observations	8640		8640		8640	
N_clust	480.00		480.00		480.00	
ll	-2075.82		-2042.33		-2021.62	
aic	4175.64		4120.66		4091.24	
bic	4260.41		4247.81		4260.78	

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Source : SEMEUR, document de travail TUFFERY et al. (2024), annexe 45.

Ces coefficients permettent l'estimation des disponibilités à payer (WTP) pour chaque attribut (voir Tableau 5). En moyenne, nos répondants sont prêts à payer 3,82 € par mois pour chaque degré de réduction de la température de l'air pendant une vague de chaleur (voir variable « AirTemp »). Ils sont également prêts à payer 0,77 € par mois pour augmenter de 1 % la population locale d'oiseaux (voir variable « Biodiversity »). Enfin, nos estimations nous informent que pour accepter une diminution importante de l'espace disponible pour la circulation et le stationnement, ils devraient recevoir en moyenne l'équivalent de 2,38€ par mois, sous la forme d'une réduction des impôts locaux (voir variable « NoTraffic-High »). Nous avons observé une forte hétérogénéité dans les coefficients estimés entre les répondants en ce qui concerne la volonté de changement, comme le montrent les écarts-types fortement significatifs.

Tableau 5. Estimations des consentements à payer à partir du modèle RPL

	Mean	S.D.
AirCooling	3.82*** (1.34)	5.76*** (1.34)
Biodiversity	0.77*** (0.30)	1.04*** (0.22)
SpaceReduc-Low	1.25 (1.18)	4.59** (1.99)
SpaceReduc-High	-2.38* (1.38)	11.38*** (1.85)
Observations	8640	
N_clust		
ll	-2211.77	
aic	4445.54	
bic	4523.24	

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Source : SEMEUR, document de travail TUFFERY et al. (2024), annexe 45.

### Résultats du modèle en classes latentes (LCM)

Le LCM répartit les répondants en différentes classes, ce qui permet d'obtenir des estimations de coefficients spécifiques pour chaque classe. Ce modèle décrit les classes en fonction de la façon dont les caractéristiques socio-économiques des répondants affectent la probabilité d'appartenance à une classe donnée. Pour notre échantillon le nombre optimal de classe est deux, et les résultats sont exposés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Résultats du modèle LCM

Attributes	Class 1		Class 2	
	Coefficient		Coefficient	
	(S.E.)		(S.E.)	
SQ	-0.42		-1.51***	
	(0.40)		(0.35)	
Payment €	-0.26***		-0.07***	
	(0.04)		(0.03)	
AirCooling	0.20*		0.61***	
	(0.12)		(0.13)	
Biodiversity	0.02		0.07***	
	(0.02)		(0.01)	
SpaceReduc - Low	-0.10		0.26	
	(0.19)		(0.18)	
SpaceReduc -High	-1.73***		0.49	
	(0.34)		(0.39)	
<b>Membership</b>				
EnvInvolv	-1.24***	-1.17***		Ref.
	(0.36)	(0.37)		
City center	0.56**			Ref.
	(0.25)			
Car	0.71***			Ref.
	(0.27)			
CityCenter× Car		0.75**		Ref.
		(0.33)		
Children	-0.32**	-0.30**		Ref.
	(0.13)	(0.14)		
Income	0.12*	0.12*		Ref.
	(0.07)	(0.07)		
Gender	0.09	0.09		Ref.
	(0.25)	(0.25)		
Age	-0.00	-0.00		Ref.
	(0.00)	(0.00)		
Education	0.05	0.04		Ref.
	(0.10)	(0.10)		
Log Likelihood	-2240.37	-2242.68		
AIC	4522.74	4525.37		
BIC	4671.09	4666.65		
Predictive quality		97%		
N (obs.)		8640		
Class membership		23.9%	76.1%	

Standard errors in parentheses

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Source : SEMEUR, document de travail TUFFERY et al. (2024)

Les répondants de la classe 2 (voir Tableau 6) sont en moyenne favorables à la végétalisation du tramway (coefficient négatif et fortement significatif de  $SQ$ ), alors que les répondants de la classe 1 sont indifférents à une alternative proposant de la végétalisation (coefficient non significatif de  $SQ$ ). Les deux classes préfèrent ne pas payer plus d'impôts (coefficient négatif et fortement significatif du « paiement en € »), ce qui est conforme à l'intuition économique. Alors que les deux classes apprécieraient une réduction de la température de l'air pendant les périodes chaudes, on peut constater que la classe 2 est plus sensible à ce problème de changement climatique. La classe 1 est indifférente à la biodiversité (coefficient non significatif) mais les répondants de la classe 2 sont fortement préoccupés par cette question (coefficient positif et fortement significatif de l'amélioration de la biodiversité). Les deux classes sont indifférentes à une petite réduction de l'espace disponible pour la circulation et le stationnement, cependant les répondants de la classe 1 sont fortement opposés à une

réduction importante de la chaussée (coefficient négatif et fortement significatif de « NoTraffic - High »).

En résumé, nos résultats montrent que 76,1% des répondants (classe 2) sont plutôt favorables à la végétalisation, et sensibles à la régulation du climat et à la préservation de la biodiversité. Nos résultats montrent également que 23,9 % des répondants (classe 1) sont indifférents au support à la biodiversité. Ils apprécieraient des températures plus fraîches en été, mais moins que les répondants de la classe 2. Les répondants de la classe 1 ne sont pas favorables à une forte réduction de l'espace pour la circulation et le stationnement résultant d'une plus grande végétalisation.

Concernant leurs caractéristiques propres, nous pouvons constater que les répondants dont le principal moyen de transport est la voiture privée sont plus susceptibles d'être inclus dans la classe 1. De plus, les individus de la classe 1 vivent principalement dans la ville de Lyon (« City center »), et disposent en moyenne de revenus plus élevés (« Income »). Ces résultats concernant les habitants des centres-villes et les revenus plus élevés semblent contre-intuitifs, car les habitants des banlieues, dont les revenus sont en moyenne plus faibles, sont généralement les plus dépendants de la voiture privée et donc plus sensibles à ce type d'espaces verts urbains. Une explication serait que les individus de la classe 1 comprennent des résidents du centre-ville qui sont également propriétaires d'une voiture et qui subissent déjà une réduction de l'espace disponible pour les voitures (en raison de l'ajout de voies de bus et de tramway, de pistes cyclables, de zones piétonnes, etc.). Ils sont susceptibles d'être plus concernés par les scénarios de végétalisation proposés, alors que ceux qui vivent en dehors du centre-ville (où il y a plus d'espace) seront moins affectés par la réduction de l'espace. Ceci est confirmé par les variables significatives et positives « City Center » et « Car ». Nous constatons également que les répondants ayant des enfants et/ou impliqués dans des activités en faveur de l'environnement, par les dons ou du bénévolat, sont plus susceptibles d'appartenir à la classe 2 (coefficients négatifs et significatifs de « Children » et « EnvInvolv »). Cette implication environnementale, ainsi que le fait de consommer des produits biologiques, sont des proxys de la sensibilité pour l'environnement dans la présente étude.

## **Limites et perspectives de la tâche 2**

Le travail effectué dans la tâche 2 présente un certain nombre de limites. Tout d'abord, l'évaluation de la demande sociale pour la végétalisation des ITe à Saint-Fons n'a pas pu être comparée au reste de Lyon faute de données. En effet, il n'y a pas assez de répondants habitant à Saint-Fons pour que leur réponse puisse être comparée à celle du reste de l'échantillon. Par ailleurs, le modèle théorique stylisé développé en amont du travail empirique suppose que le choix modal des habitants est donné (fixé). Cette hypothèse, qui reste valable à court-terme, ne l'est pas à long-terme car un habitant peut arbitrer entre l'utilisation de transports publics (tramway végétalisé par exemple) et de la voiture privée. Il serait alors intéressant d'effectuer une expérience de choix dans le futur afin de mesurer les préférences des habitants pour le choix modal avec des effets environnementaux associés différents.

Une fois le document de travail publié dans une revue à comité de lecture, une nouvelle étape consistera à rédiger un article de vulgarisation destiné au grand public. Un support approprié pour cette diffusion pourrait être *The Conversation*, qui permet de toucher un large public tout en conservant un certain niveau de rigueur scientifique. Cette démarche contribuera à mieux informer le grand public et à susciter des échanges autour des enjeux soulevés par la recherche.

### SECTION 3 : EVALUATION DU SYSTEME DES ACTEURS (Tâche 3)

Le travail réalisé dans la tâche 3 visait aussi à comprendre le contexte d'implantation et les apports que peut amener une nouvelle ligne de tramway (T10) dans la métropole de Lyon et comment elle participe à désenclaver un territoire, à le végétaliser et à le rendre plus attractif.

Pour cela, une analyse du territoire a été menée en s'appuyant sur la construction d'un diagnostic territorial et une étude du marché immobilier de la ville de Saint-Fons et de ses communes limitrophes. Cette analyse s'intéresse en particulier à la capacité de Saint-Fons à devenir une ville productive du quart d'heure par la nouvelle infrastructure du tramway. Ce travail a été construit et porté par l'Ecole Supérieure des Professions Immobilières (ESPI) avec le soutien de la métropole du Grand Lyon et la mairie de Saint-Fons. Il a ainsi mobilisé deux enseignants-chercheurs (Jeffrey BLAIN et Carmen CANTUARIAS-VILLESSUZANNE), des étudiants en mastère de l'ESPI Lyon dans le cadre de plusieurs enseignements et deux stagiaires, Myriam ZELLER-COHEN (M1 en géographie, ENS Lyon, avril-juin 2022) et Anaïs PORTELA (M1 géographie-aménagement, Université Jean Moulin Lyon 3, avril-juin 2023).

#### Méthodologie de la tâche 3 : diagnostic territorial

La méthode du diagnostic territorial permet de comprendre le contexte d'un territoire, ses spécificités et ses rapports aux territoires alentours, et les dynamiques socio-économiques qui le caractérisent. Les diagnostics territoriaux présentent un état des lieux d'un territoire afin d'identifier les enjeux et la capacité des acteurs à se mobiliser, à faire des choix stratégiques et à proposer des actions pour impulser un changement de dynamique du territoire et du comportement des acteurs. Pour mener à bien un diagnostic territorial, il est primordial de mobiliser plusieurs approches et outils quantitatifs et qualitatifs.

Dans le cadre de cette étude, nous avons commencé par mener une analyse des données socio-économiques et démographiques de la commune de Saint-Fons et de l'ensemble de la métropole de Lyon afin de comprendre les spécificités de la commune. Pour caractériser la dynamique socio-économique et démographique de Saint-Fons, des données des bases infra-communales de l'INSEE ont été recueillies à l'échelle des IRIS (Ilot Regroupé pour l'Information Statistique) :

- activités des résidents, 2019, mise en ligne le 19/10/2020 ;
- couples – familles – ménages, 2019, mise en ligne le 19/10/2020 ;
- diplômes – formation, 2019, mise en ligne le 19/10/2020 ;
- population, 2019, mise en ligne le 19/10/2020 ;
- logement, 2019, mise en ligne le 03/11/2020.

Ensuite, des données issues de la base de demande de valeurs foncières (DVF) de 2014 à 2022 ont permis de comprendre les caractéristiques du marché immobilier de Saint-Fons par rapport à ses communes limitrophes (le 7<sup>ème</sup> arrondissement de Lyon, le 8<sup>ème</sup> arrondissement de Lyon, Vénissieux, Feyzin, Irigny et Pierre-Bénite). Le partenariat avec l'entreprise Explore mis en place pendant la période du projet nous a permis de recueillir des données sur le marché immobilier qui ont pu être intégrées dans notre analyse.

Pour développer notre approche, nous avons mobilisé la notion de ville productive du quart d'heure. Ce concept a été mobilisé dans d'autres études en France (voir par exemple Lehoux et al., 2023 et l'application<sup>7</sup> sur la Vallée de la Chimie à Lyon) Celle-ci a été introduite comme cadre conceptuel

---

7

[https://www.eup.fr/fileadmin/redaction/EUP/Documents/Formation/Innovations\\_peda/Ateliers\\_pedagogiques/M2\\_2020-2021/Syntheses/Atelier-M2-DUI\\_2020-2021\\_La-ville-productive\\_Synthese.pdf](https://www.eup.fr/fileadmin/redaction/EUP/Documents/Formation/Innovations_peda/Ateliers_pedagogiques/M2_2020-2021/Syntheses/Atelier-M2-DUI_2020-2021_La-ville-productive_Synthese.pdf)

pour apporter une analyse plus approfondie du territoire. Cette approche, en mobilisant de multiples données et en cherchant à mieux comprendre l'intégration du territoire de Saint-Fons dans la dynamique de la Métropole de Lyon, permet de mieux apprécier l'apport du tram T10 en termes de désenclavement urbain, par une meilleure accessibilité du territoire et une vitalité urbaine renouvelée. Ainsi, cette étude vise aussi à comprendre comment caractériser la capacité d'une ville à être et à devenir une ville productive du quart d'heure. Le concept de ville du quart d'heure repose sur un développement urbain polycentrique, multifonctionnel et de ville compacte, qui répondrait aux enjeux de durabilité et aux défis écologiques, économiques et sociaux auxquels les villes sont aujourd'hui confrontées. Ce modèle urbain développé et théorisé par Carlos Moreno, professeur à l'université Paris Sorbonne, a été mis en avant par l'UN Habitat<sup>8</sup> et l'OCDE<sup>9</sup> comme cadre de développement répondant aux enjeux de résilience, de durabilité et d'inclusivité dans les espaces urbains. L'objectif théorique du modèle est d'assurer l'accès en moins de quinze minutes à tout habitant, à pied, à vélo ou plus globalement en mode de transports doux, à six fonctions sociales de la ville : habiter, travailler, s'approvisionner, être en forme, apprendre, s'épanouir. Pour chacune de ces fonctions, la ville du quart d'heure doit atteindre trois objectifs : bien-être, sociabilité et inclusivité. La « ville productive » fait référence à la localisation des emplois, des activités économiques, des entreprises sur le territoire et à la façon dont les fonctions économiques peuvent être repensées pour créer plus de mixité fonctionnelle dans la ville. Les deux notions se rejoignent pour proposer une construction de territoires multifonctionnels. Le développement de cette approche s'intègre ainsi dans le diagnostic territorial et vise à développer un outil d'aide à la décision en aménagement du territoire.

Cette approche par la notion de ville productive du quart d'heure a été appliquée aux communes de Saint-Fons et celles qui lui sont limitrophes. Pour cette analyse, l'échelle de l'IRIS a été privilégiée pour étudier ces communes (annexe 11). Au total, 95 IRIS ont été inclus dans notre étude. 228 bases de données ont été collectées et analysées pour caractériser les six fonctions sociales de la ville du quart d'heure. Les sources de ces données sont principalement publiques : INSEE et data.gouv pour l'échelle nationale, Grand Lyon et les municipalités pour les échelles régionales et locales, ainsi qu'Open Street Map (OSM). Pour traiter l'ensemble de ces données, trois analyses en composante principale (ACP) ont été réalisées pour chacune des fonctions, correspondant aux trois objectifs à atteindre pour chaque fonction. 18 ACP ont ainsi finalement été calculées, permettant de combiner des données entre elles afin de décrire plus précisément les caractéristiques des territoires. Les composantes principales expliquant au moins 45% de la variance ont été sélectionnées pour réaliser une classification ascendante hiérarchique (CAH) afin de regrouper les IRIS ayant des caractéristiques communes.

Cette première partie quantitative du diagnostic territorial a été complétée par deux approches qualitatives. D'abord, des observations de terrain ont été menées avec deux promotions d'étudiants en deuxième année de master au sein de l'ESPI Lyon. Répartis en groupes de travail, leur objectif principal était de compléter des grilles d'observations construites au préalable. Chaque groupe avait un IRIS de la ville de Saint-Fons à observer et à qualifier. La grille d'observation utilisée était composée de huit thématiques, elles-mêmes divisées en 27 critères à noter de 0 à 3 selon si l'observation est estimée négative (note proche de 0) ou positive (note proche de 3), la note maximale par IRIS est ainsi de 81. Chaque critère fait l'objet d'une description et de photographies.

La grille d'observation est composée 8 thématiques qui traitent des aménités du territoire, des éléments naturels, d'habitat, logement et bâtis, des lieux de convivialité, de salubrité urbaine,

---

<sup>8</sup> <https://unhabitat.org/wcr/>

<sup>9</sup> [https://www.oecd.org/fr/publications/les-mesures-adoptees-par-les-villes-face-au-covid-19\\_aebdbf1c-fr.html](https://www.oecd.org/fr/publications/les-mesures-adoptees-par-les-villes-face-au-covid-19_aebdbf1c-fr.html)

d'environnement sécurisé, des nuisances et enfin des critères supplémentaires définis par les étudiants lors des sorties de terrains (voir annexe 12)

Enfin, l'outil *Healthy Streets*<sup>10</sup>, développé par Lucy Sanders, spécialiste en santé publique, urbanisme et planification des transports, a été testé et utilisé pour comprendre la situation actuelle des rues Carnot et Marcel Sembat à Saint-Fons, où passera le futur tram T10, et pour estimer l'impact qu'aura celui-ci en termes de création d'espaces publics, de santé et de bien-être, d'apport de végétalisation, d'équipements, de développement des transports, des mobilités douces et de la marche. Pour réaliser cette estimation, cet outil se construit à partir de 10 thématiques qui font chacune l'objet d'une note calculée à partir de 18 variables, en collectant des données et par des observations de terrain (voir annexe 13).

### Résultats de la tâche 3

#### *Une commune au contexte socio-économique et urbain complexe*

La commune de Saint-Fons est située au sud-est de la ville de Lyon avec laquelle elle est limitrophe avec les 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> arrondissements. Jusqu'à présent, la commune n'était pas desservie par des transports en commun majeurs. La création de la ligne T10 répond à ce manque et connectera la commune aux autres lignes de tramway et de métro existantes offrant des alternatives aux routes et à l'utilisation de la voiture. Aussi, ce territoire forme avec la commune voisine de Feyzin la principale zone du couloir de la chimie, zone industrielle développée au XX<sup>ème</sup> siècle et qui rencontre aujourd'hui de nombreux enjeux liés aux industries chimiques, pétrochimiques et sites SEVESO qu'elle accueille (carte en annexe 11).

L'étude des données socio-économiques et démographiques de l'Insee montre que le territoire connaît aussi des difficultés. Pour mentionner quelques résultats majeurs de l'ensemble des données que nous avons traités, nous pouvons constater que le revenu disponible moyen par ménage est de 16 000 euros (contre 23 000 pour l'ensemble de la métropole de Lyon), 69% de la population active sont des ouvriers et des employés (42% dans la métropole de Lyon), seulement 4% des cadres ou professions intellectuelles supérieures (24% dans la métropole de Lyon), 39% d'habitants sans aucun diplôme et seulement 15% avec un niveau d'études supérieures (contre respectivement 20% et 42% dans la métropole de Lyon), et 65% de locataires, 48% d'HLM (contre respectivement 55% et 20% dans la métropole de Lyon) (graphiques en annexes 14 au 17).

L'analyse des dynamiques du marché immobilier, basée sur le traitement des données de demande de valeurs foncières (DVF), révèle que sur l'ensemble des 7 communes étudiées, de 2014 à 2022, le taux d'évolution des prix au mètre carré est de 33%. Toutefois, des différences sont constatées entre les communes de Vénissieux (-6%), de Saint-Fons et de Feyzin qui connaissent des taux d'évolution bas (respectivement 16% et 17%) et les 4 autres communes (taux d'évolution entre 35% et 56%) (voir graphique en annexe 18). Avec une moyenne de 2 412€/m<sup>2</sup>, la ville de Saint-Fons est la moins chère des communes étudiées, bien en dessous de la moyenne pour la zone sur l'ensemble de la période (3496€/m<sup>2</sup>) (voir graphique en annexe 19).

Cette situation constatée par une analyse de données a également été révélée par les observations menées dans la commune de Saint-Fons (voir carte en annexe 20). L'IRIS le moins bien noté (18/81) est celui qui comprend la zone industrielle de Saint-Fons. Cette zone regroupant l'essentiel des activités économiques du territoire mais aussi des infrastructures de transport majeures (autoroute,

---

<sup>10</sup> <https://www.healthystreets.com/>

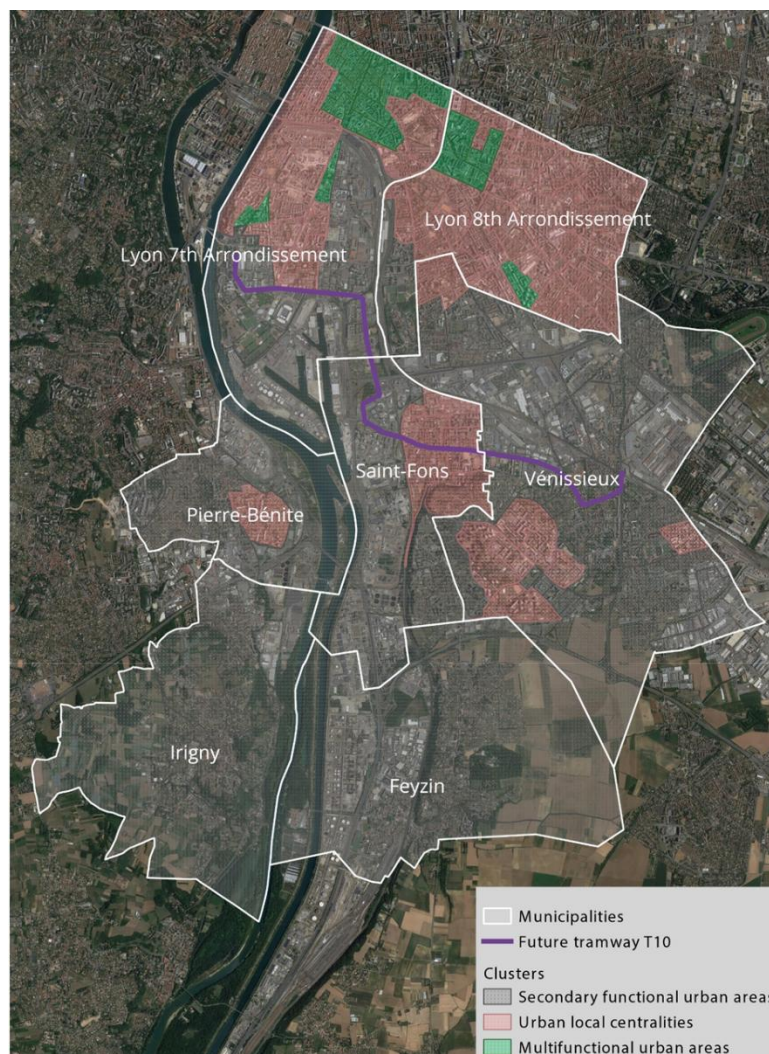
périphérique, chemin de fer) contient peu de logements. Elle représente aussi une barrière entre Saint-Fons et la ville de Lyon. Largement monofonctionnelle, cet IRIS possède peu d'éléments naturels malgré sa proximité au Rhône, de lieux de convivialité et rencontre des enjeux de salubrité et de nuisances importants. A l'inverse, certains IRIS résidentiels ont été mieux notés (jusqu'à 41,5/81). Les observations de terrain ont montré la présence de plus d'aménités, d'éléments naturels, un meilleur cadre d'habitat, la présence de lieux de convivialité, malgré la proximité à la zone industrielle qui apporte une évaluation négative des critères de salubrité et de nuisances.

*Vers une ville productive du quart d'heure*

Les travaux s'intéressant à la caractérisation du territoire par le concept de ville productive du quart d'heure ont permis de comprendre l'organisation hiérarchique existant entre les territoires de Saint-Fons et de ses 6 communes limitrophes.

Le résultat du traitement des données par une ACP a permis de réduire l'information des 228 bases de données pour faire ressortir 48 composantes principales (voir tableau en annexe 21). A partir de ces 48 composantes principales, la CAH nous a permis d'identifier 3 clusters regroupant les 95 IRIS (Figure 9).

Figure 9. Carte des trois clusters identifiés à partir de la classification ascendante hiérarchique



Source : SEMEUR, traitement et interprétation des données : Jeffrey BLAIN, Carmen CANTUARIAS-VILLESSUZANNE, Myriam ZELLER-COHEN.

Le premier cluster, dit des « aires urbaines secondaires », regroupe des espaces où les conditions pour rendre accessibles les six fonctions sociales de la ville sont difficilement réunies. Le prix de l'immobilier y est relativement bas et la densité de population également.

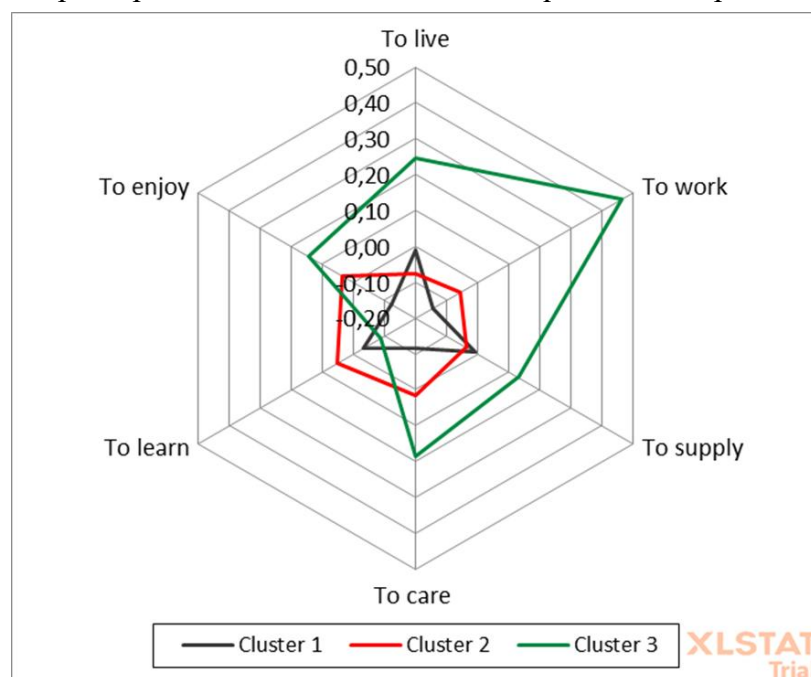
Le deuxième cluster, dit des « centres urbains locaux », réunit les IRIS qui proposent des fonctions urbaines spécifiques propres aux petits centres de quartiers et aux petites villes. Il s'agit d'un groupe intermédiaire entre la première classe et la troisième : les IRIS sont plus denses et les prix de l'immobilier plus élevés que dans la première classe.

Enfin, le dernier groupe correspond aux « aires urbaines multifonctionnelles ». Les IRIS possèdent plus d'équipements, une population plus nombreuse et dense soumise à des prix de l'immobilier clairement plus élevés que dans les deux classes précédentes.

On retrouve ainsi des IRIS correspondant à l'hypercentre plus attractifs, d'autres à des zones intermédiaires présentant uniquement certains services et certains à de larges territoires périphériques, symbolisant l'organisation fonctionnelle de l'espace urbain (voir Figure 10). Cette hiérarchie des espaces urbains et locaux offre un outil de planification permettant de caractériser ces zones et d'évaluer leur capacité à devenir (ou à faire partie) d'une ville productive du quart d'heure.

Il s'agit d'un schéma simplifié pour les urbanistes, les décideurs publics et les promoteurs immobiliers afin de soutenir la transformation urbaine. Le tramway peut être considéré comme une infrastructure majeure qui pourrait permettre le développement d'une ville productive du quart d'heure. En effet, le tracé du tramway passe à travers les zones des clusters 1 et 2 pour connecter ces territoires aux clusters les plus équipés et répondant davantage aux principes de la ville du quart d'heure. Certaines de ces zones industrielles ou d'activités économiques vont ainsi bénéficier de l'équipement et apporter une autre dynamique, plus de passage, des mobilités douces et des éléments de végétalisation.

Figure 10. Graphique des principales dimensions de la ville du quart d'heure par cluster



Source : SEMEUR, Jeffrey BLAIN.

Les observations de terrain réalisées dans le cadre de l'utilisation de l'outil *Healthy Streets* ont permis de nous concentrer sur le tracé du tramway et d'estimer l'apport de celui-ci dans le paysage urbain. Pour cela, nous avons décidé de diviser notre observation et nos notes en deux tronçons correspondant à deux secteurs distincts par leurs fonctions (voir graphiques en annexe 22). Un premier tronçon rue

Marcel Etienne Sembat correspondant au passage du tramway dans la zone industrielle et un deuxième rue Charles Plasse/Rue Carnot, correspondant au centre bourg de Saint-Fons. Les observations et les notes attribuées indiquent que le projet du tramway permettrait d'améliorer le cadre de vie et donc de contribuer au bien-être des habitants<sup>11</sup>. Néanmoins, les notes restent relativement basses par rapport aux recommandations de l'outil. Aussi, l'utilisation de *Healthy Streets* dans le cadre de ce projet est une projection puisque les notes attribuées après la construction de la ligne T10 s'appuient sur les éléments annoncés dans les présentations du projet de construction du tramway par SYTRAL et il semble nécessaire de les reconsidérer à l'aune de la réalisation concrète du projet.

Le projet a permis de mobiliser les étudiants en deuxième année de master en aménagement et promotion immobilière du campus ESPI de Lyon pendant deux années (2021-2022, 2022-2023). Plusieurs travaux ont été réalisés et ont alimenté le travail de diagnostic territorial. Notamment, le *business game* réalisé en 2022 sur le territoire saint-foniarde portait sur les modifications de l'entrée de ville du centre-bourg de la commune et sur les possibles évolutions immobilières de celle-ci en accord avec l'arrivée du tram. Ce travail a permis de se projeter dans les modifications urbaines et immobilières possibles avec la construction de la nouvelle infrastructure de transport.

### **Limites et perspectives de la tâche 3**

L'étude menée dans l'axe 3 du projet SEMEUR est avant tout descriptive, basée sur la mobilisation de données et d'observations. Il ne s'agissait pas de répondre à une volonté déclarée de politique urbaine, mais plutôt de mener une étude principalement exploratoire sur la notion de ville productive du quart d'heure. Aussi, nous avons fait face à certains manques de disponibilité de données et à la subjectivité des observations réalisées. Afin de renforcer l'étude, des analyses complémentaires auraient pu être réalisées, en organisant des rencontres avec des acteurs locaux ou en généralisant à la métropole de Lyon certaines des analyses statistiques, par exemple. Toutefois, le temps du projet et les moyens étaient limités. Également, la préparation d'un livret à destination des promoteurs immobiliers n'a pu être menée mais en remplacement un chapitre sur la nature en ville mettant en avant le projet SEMEUR a été rédigé dans l'ouvrage *Les grandes notions de l'urbanisme pour les métiers de l'immobilier* de BOUHADDOU et al. (2024).

---

<sup>11</sup> Afin d'illustrer le niveau d'exposition de territoires en étude voir en annexes 23 et 24 les cartes du taux de la population exposée à au moins un polluant au-dessous des seuils recommandés par l'OMS et du taux de la population résidant dans une zone couverte par un PPRT.

## **SECTION 4 : CARTOGRAPHIE DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES URBAINS**

Les objectifs de la section 4 sont d'appliquer la méthodologie cartographique de la partie 1 sur des travaux d'aménagements qui ont lieu dans la commune de Saint-Fons, d'analyser les résultats cartographiques sur une échelle communale et de développer des nouvelles conjectures concernant les aspects socio-économiques d'un quartier et la répartition de la typologie d'occupation du sol.

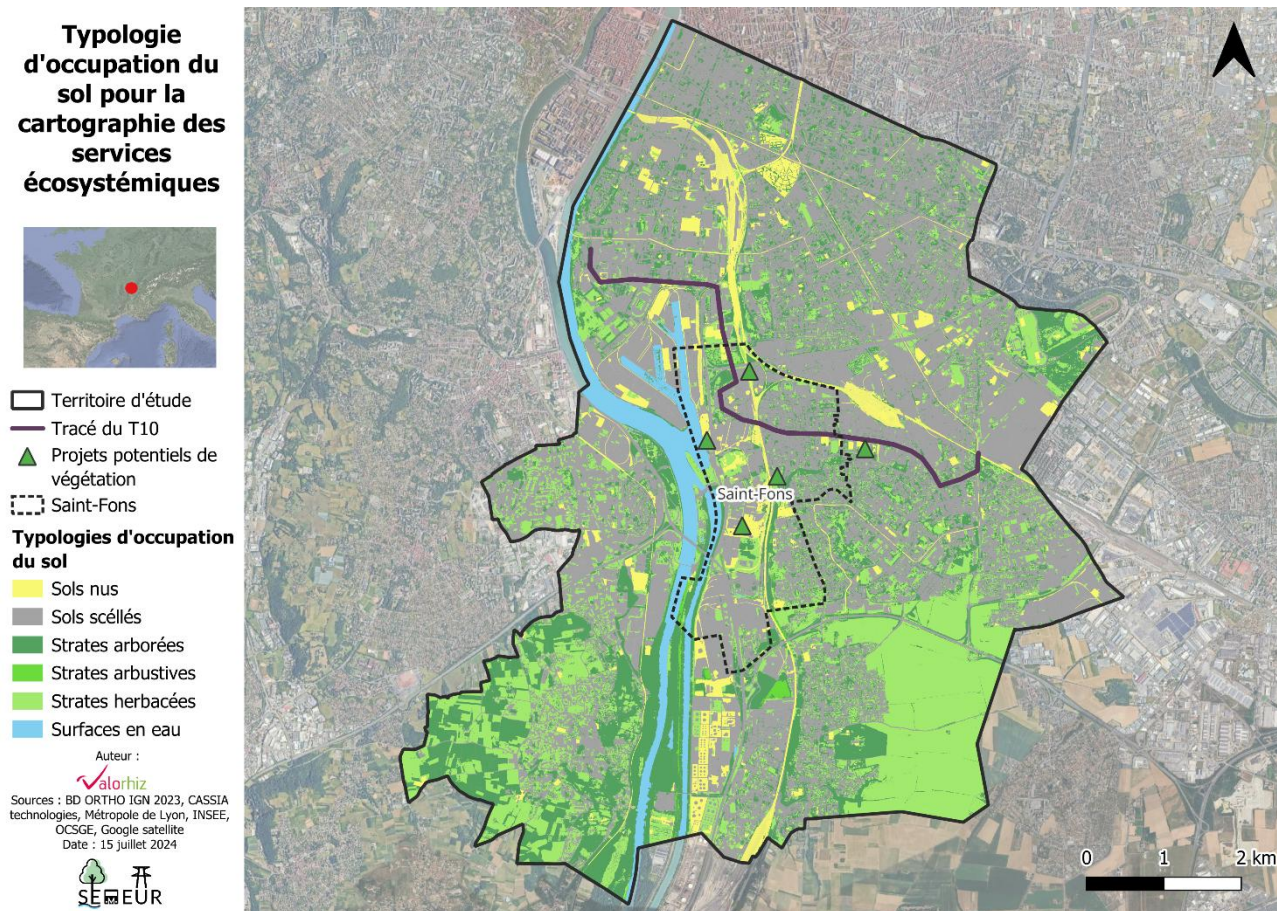
Dans cette section, nous présentons de nouveaux résultats. Tout d'abord, la méthodologie développée dans la section 1 est appliquée sur la commune de Saint-Fons et les 6 communes aux alentours. Aussi, nous effectuons de nouvelles analyses cartographiques permettant de relier les clusters de hiérarchie urbaine identifiés en tâche 3 et la répartition de la typologie d'occupation du sol cartographié dans la tâche 1. Enfin, nous discutons de l'impact potentiel de la nouvelle ligne de tramway T10 à Saint-Fons sur le SE d'accueil de la biodiversité à l'aide d'outils cartographiques.

### **Cartographie de la typologie d'occupation du sol : Saint-Fons et communes limitrophes**

La méthodologie développée dans la section 1 a été déployée sur l'ensemble du territoire de la Commune de Saint-Fons et de ses 6 communes limitrophes (le 7ème et le 8ème arrondissement de Lyon, Vénissieux, Feyzin, Irigny, Pierre-Bénite).

La Figure 11 ci-dessous représente la cartographie de l'occupation du sol classées en 6 catégories : sols nus, sols scellés, strates arborées, strates arbustives, strates herbacées, surfaces en eau. Pour plus de détails, l'analyse de la typologie du sol a été produite par commune sous forme de cartographie et de graphique représentant la part de chaque type de sol par IRIS (annexes 25 au 36).

Figure 11. Cartographie de la typologie d'occupation du sol sur la commune de Saint-Fons et les 6 communes limitrophes

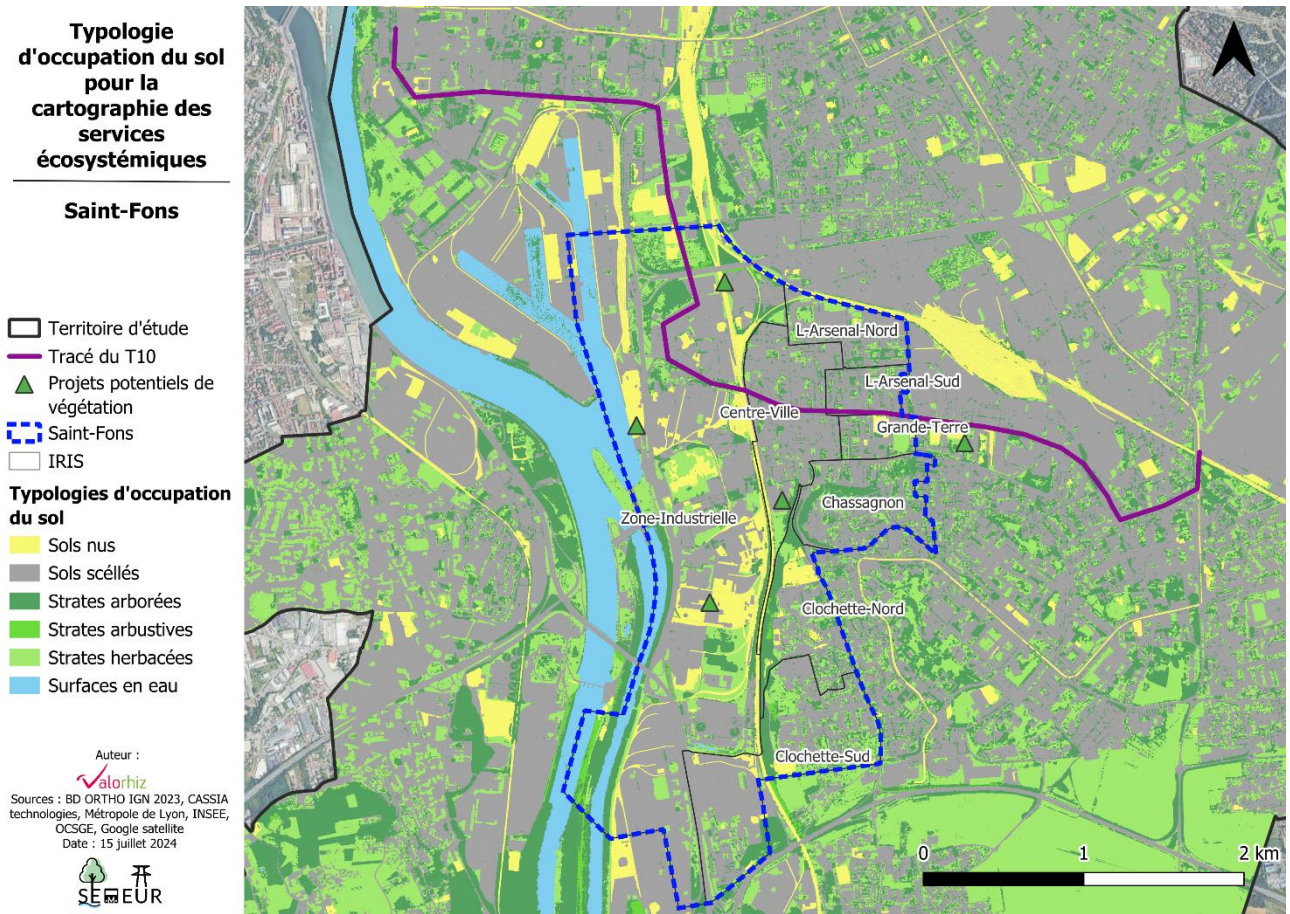


Source : SEMEUR, Valorhiz.

Ensuite, pour chaque polygone, un score représentant le service rendu est appliqué (section 1 ; annexe 6). Pour analyser les résultats obtenus, la répartition des typologies d'occupation du sol est effectuée pour Saint-Fons (Figures 11 et 12), sur les 6 communes limitrophes (annexes 25 au 36) et en fonction des clusters de hiérarchie urbaine identifiées dans la tâche 3 (aires urbaines secondaires, centre urbains locaux et aires urbaines multifonctionnelles).

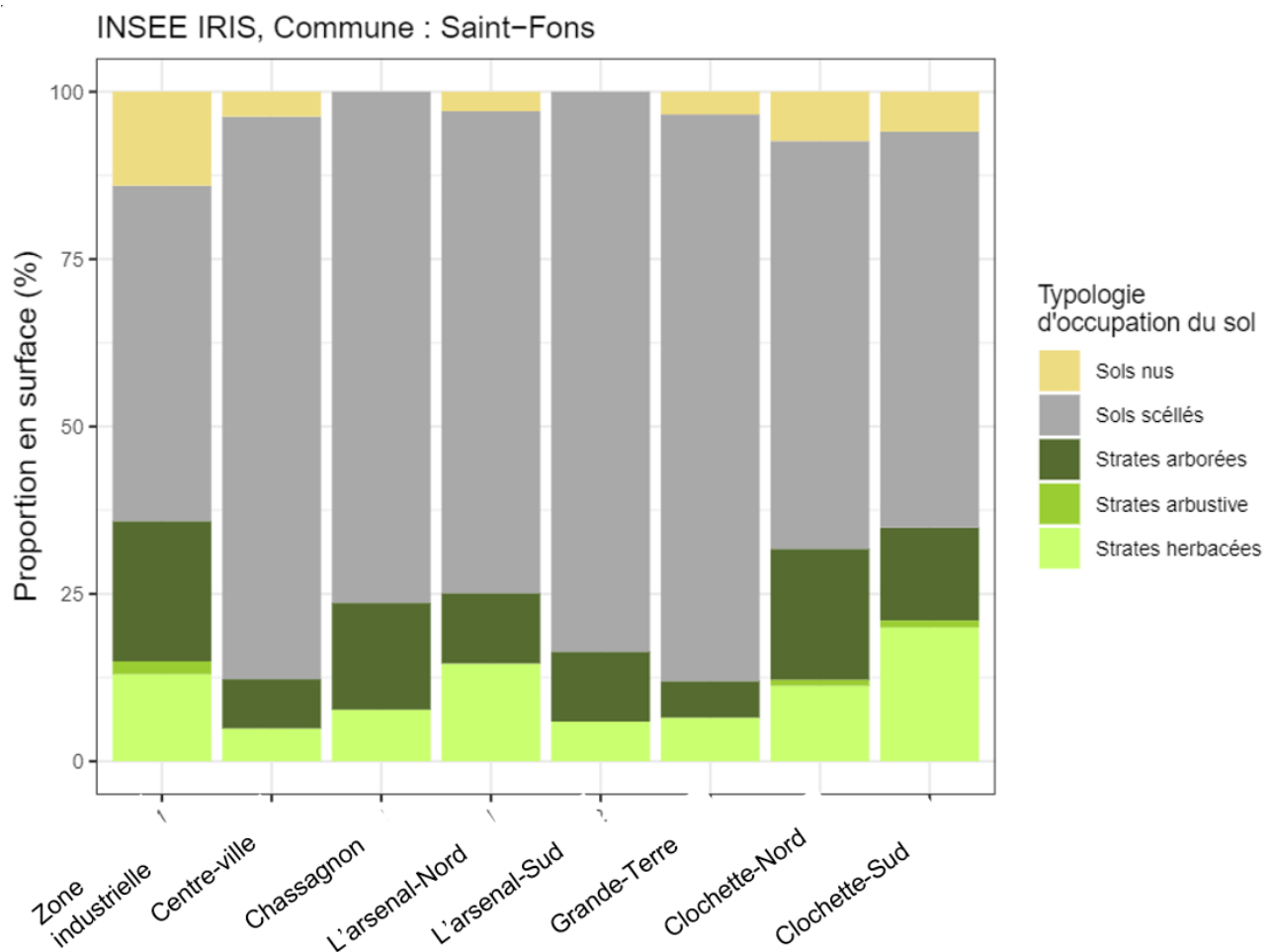
Dans la commune de Saint-Fons, l'analyse de l'occupation des sols montre que la zone industrielle possède davantage de sols nus ou de strates végétalisées que les IRIS d'habitation (Figure 13). La commune largement artificialisée se trouve dans situation intermédiaire entre la continuité des sols scellés des territoires des deux arrondissements de Lyon (7ème et 8ème) et en partie de Vénissieux et les autres communes allant vers le périurbain beaucoup plus végétalisées.

Figure 12. Cartographie de la typologie d'occupation du sol sur la commune de Saint-Fons



Source : SEMEUR, Valorhiz.

Figure 13. Répartition de la typologie d'occupation du sol sur la commune de Saint-Fons par IRIS



Source : SEMEUR, Valorhiz.

### Cartographie des de la typologie d'occupation du sol à la hiérarchie des espaces urbains

La superposition des cartographies et des résultats des tâches 1 et 3 du projet (Figures 14 et 15) renforce la hiérarchie urbaine observée entre :

1. des aires urbaines monofonctionnelles, industrielles ou résidentielles, plus étendues et tendant vers les espaces périurbains, avec davantage de territoires non scellés ;
2. des centres urbains locaux qui connaissent et possèdent un peu plus de sols herbacés et nus ;  
et
3. des aires urbaines multifonctionnelles très urbaines et donc majoritairement artificialisées.

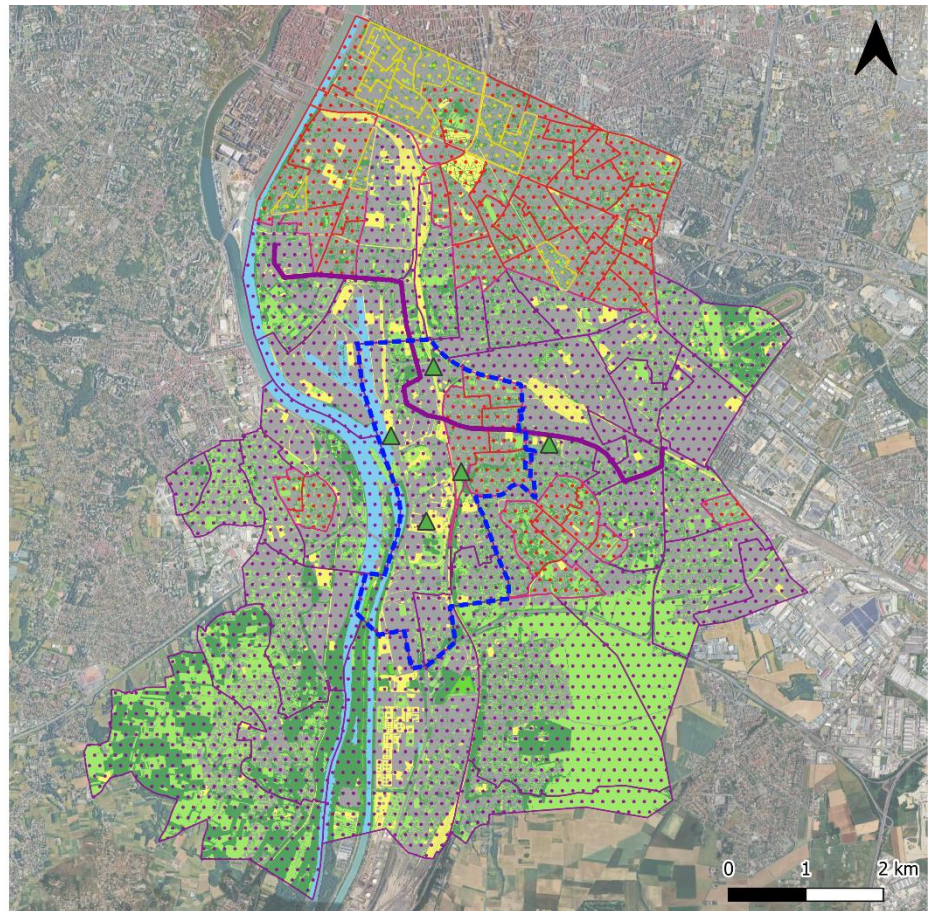
Figure 14. Cartographie de la typologie d'occupation du sol sur la commune de Saint-Fons avec la hiérarchie urbaine

**Typologie d'occupation du sol pour la cartographie des services écosystémiques associée à la hiérarchie des espaces urbains**

- Saint-Fons 
- Projets potentiels de végétation 
- Tracé du T10 
- Typologie d'occupation des sols**
- Sols nus 
- Sols scellés 
- Strates arborées 
- Strates arbustives 
- Strates herbacées 
- Surfaces en eau 
- Urban and local space hierarchy**
- Cluster 2 : 
- Urban local centralities 
- Cluster 3 : 
- Multifonctionnal urban areas 
- Cluster 1 : 
- Secondary functional urban areas

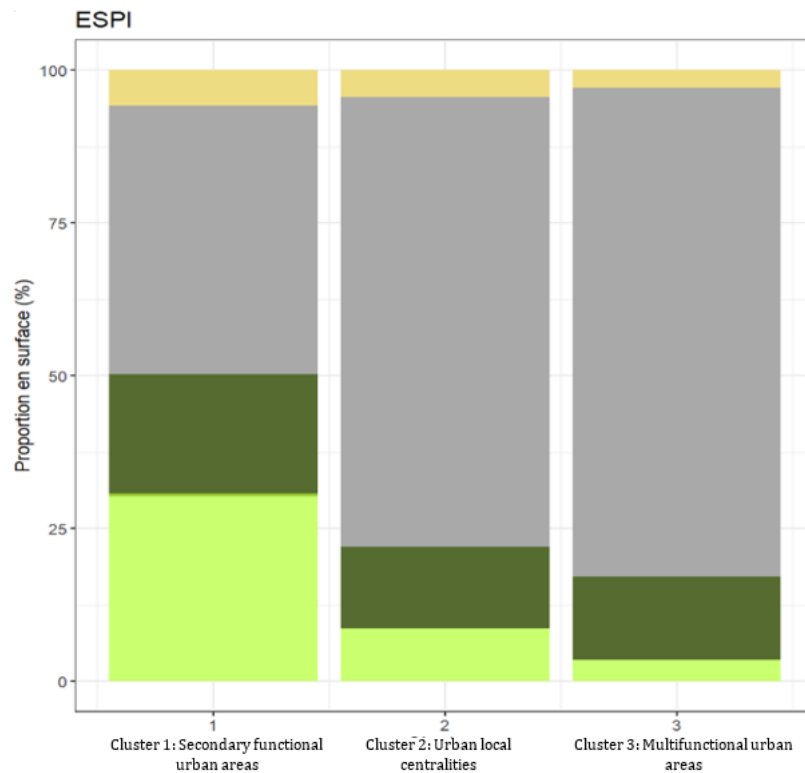
Auteurs :  

Sources : BD ORTHO IGN 2023, CASSIA technologies, Métropole de Lyon, INSEE, OCSGE, Google satellite  
Date : 15 juin 2024



Source : SEMEUR, Valorhiz.

Figure 15. Répartition de la typologie d'occupation du sol en fonction des clusters identifiés en tâche 3



Source : SEMEUR, Valorhiz.

### Le cas du T10 : évolution de la typologie d'occupation du sol

La méthodologie de la tâche 1 a été appliquée autour du futur tram T10 (Figure 16). L'objectif est de voir quel est l'impact de cet aménagement pour les SE rendus, en particulier l'accueil de la biodiversité. Le travail sur le tram T10 s'est basé sur le dossier d'enquête publique unique (pièce E - bilan socioéconomique, page 43) mise à disposition par SYTRAL<sup>12</sup> (voir annexe 37).

Une étude est effectuée pour évaluer l'impact de ces aménagements avec l'occupation actuelle du sol. Sur une surface initiale bétonnée de 19 398 m<sup>2</sup>, 77 % resteront scellés, 17 % deviendront une plateforme végétalisée et 6 % accueilleront de nouveaux arbres. L'historique montre que les gains en végétalisation surpassent les pertes (Figure 17). En croisant ces données avec les scores des services écosystémiques (SE), on peut quantifier les bénéfices liés au changement d'occupation des sols.

<sup>12</sup> <https://destinations2026-sytral.fr/processes/t10>

Figure 16. Carte de la plateforme végétale du T10

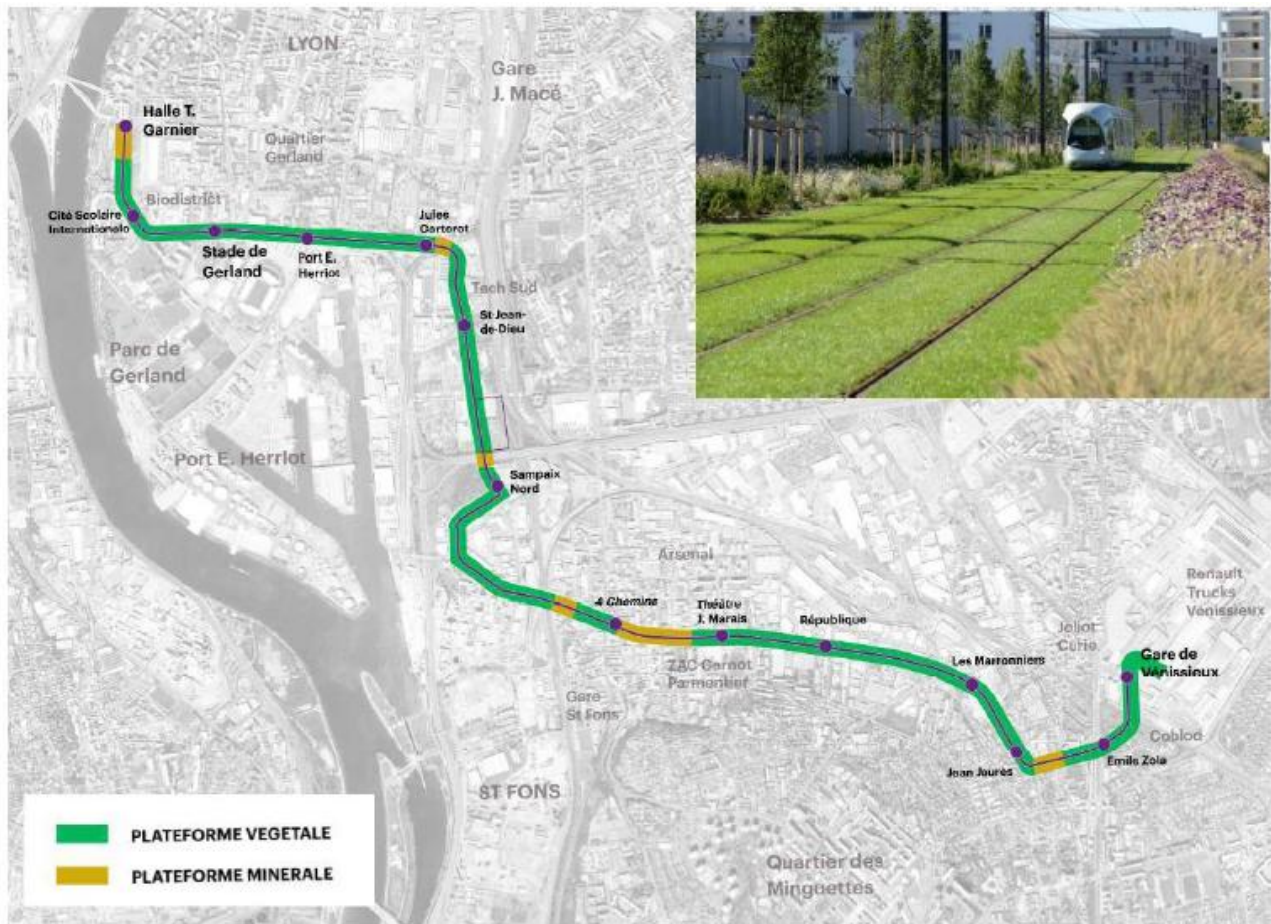


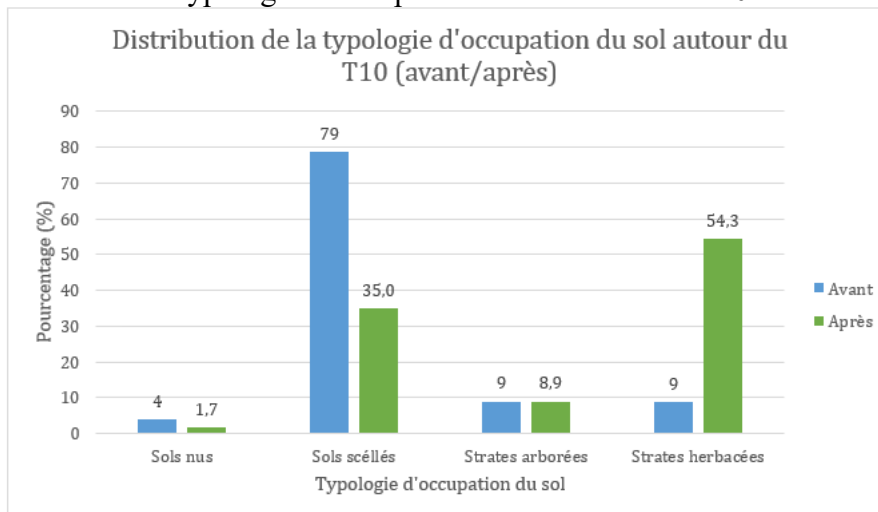
FIGURE 42 : CARTE DE LA PLATEFORME VEGETALE DU T10

Source : SYTRAL Mobilités.

La distribution de la typologie de l'occupation du sol autour du T10 est calculé avant et après l'aménagement du service urbain (Figure 17). En transformant les sols scellés en sols végétalisés, la part de sol scellé diminue pour des strates herbacées (annexe 39). Dans ces strates herbacées, il est possible de trouver des strates arbustives ou arborées<sup>13</sup> : les données des arbres et arbustes plantés lors de l'aménagement n'a pas été pris en compte dans cette étude.

<sup>13</sup> L'évaluation environnementale (pièce C4 - évaluation des incidences et mesures), réalisée par SYTRAL, prévoit 3 516 arbres à la fin du projet, *versus* un état initial de 1220 arbres (voir dans l'annexe 38 le bilan des incidences et mesure sur le milieu naturel).

Figure 17. Distribution de la typologie d'occupation du sol autour du T10



Source : SEMEUR, Valorhiz.

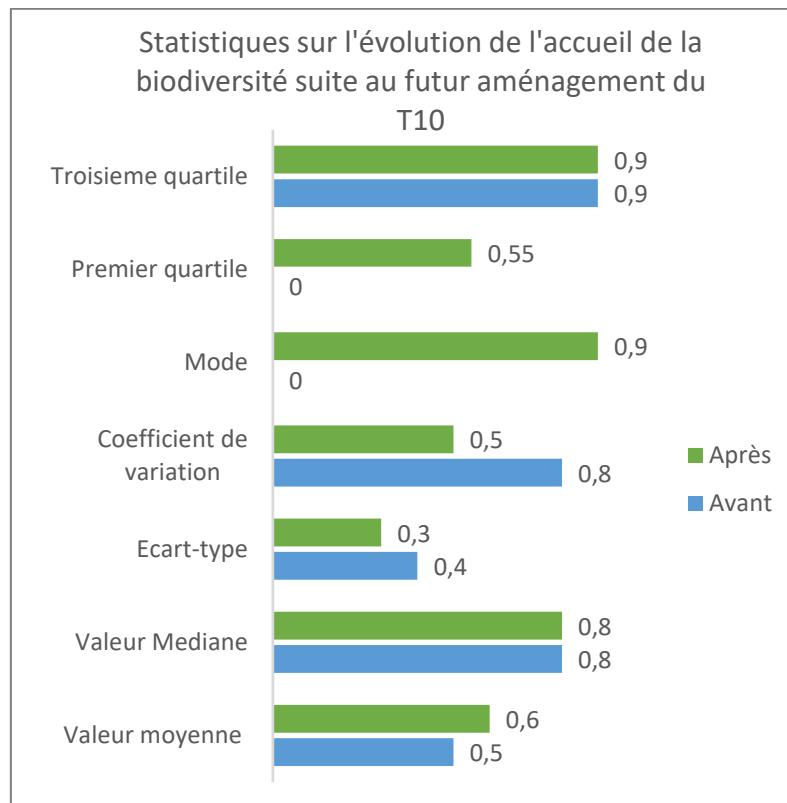
### Evolution du coefficient d'accueil de la biodiversité

La méthodologie développée en partie 1, permet de prévoir les changements liés à des futurs aménagements urbains. La Métropole de Lyon accueille la ligne de tram T10 dans le sud de Lyon. Pour évaluer l'impact des travaux de végétalisation sur l'accueil de la biodiversité par exemple, plusieurs étapes sont nécessaires :

- prendre le tracé de la future ligne de tramway T10 ;
- modéliser la typologie d'occupation du sol actuel en futurs espaces végétalisés (en fonction des plans qui ont été fournis par SYTRAL) ;
- évaluer l'évolution du SE d'accueil de la biodiversité. Pour rappel, les coefficients d'accueil de la biodiversité sont des scores allant de 0 à 1 (0 : la typologie d'occupation du sol ne répond pas au SE identifié, 1 la typologie du sol répond au SE identifié).

Toutes ces étapes peuvent être effectuées sur chaque SE identifié lors de la partie 1. Ces étapes réalisées, une étude statistique est effectuée (Figure 18) qui permet de voir l'impact du T10 sur l'accueil de la biodiversité. La moyenne du score d'accueil de la biodiversité après les travaux de végétalisation du T10 augmente : elle passe de 0.5 à 0.6. Ces travaux auront donc un impact positif sur ce SE.

Figure 18. Statistiques sur l'évolution de l'accueil de la biodiversité suite au futur aménagement du T10



Source : SEMEUR, Valorhiz.

La prédiction de l'impact des futurs aménagements autour des ILTe sur les SE identifiés peut faire partie d'un outil d'aide à la décision (voir les cartes de SEU rendus dans les annexes 40 au 43). De plus, avec les entretiens réalisés dans la tâche 1, les contraintes qu'ont les aménageurs autour des ILTe sont connus et peuvent être prises en compte lors de l'application de la méthodologie pour la cartographie des SE.

## CONCLUSION

Le projet de recherche SEMEUR porté par une équipe interdisciplinaire a analysé les opportunités et contraintes liées à la végétalisation d'une nouvelle ligne de tramway (T10) à Saint-Fons dans la métropole de Lyon. Cette ligne traversera Saint-Fons, une ville confrontée à des défis économiques et environnementaux, notamment en raison d'un déficit de végétalisation. D'une part, la végétalisation augmente les services écosystémiques urbains (SEU) pour les habitants (réduction de la température pendant les canicules, accueil de la biodiversité urbaine, etc.), d'autre part, elle diminue potentiellement les espaces dédiés au parking et à la circulation routière. De plus, la mise en place de la végétalisation requiert des investissements coûteux au niveau de la collectivité territoriale, ce qui peut augmenter les taxes locales pour les habitants.

Le projet SEMEUR restitué ici a évalué trois aspects de ce problème complexe : l'offre de SE provenant de cette végétalisation, la demande sociale pour cette (coûteuse) végétalisation, et enfin le système des acteurs du territoire à l'aide d'une étude du marché immobilier et de diagnostics territoriaux.

### Cheminement du projet et difficultés rencontrées

Nous avons observé deux difficultés majeures pour créer des liens entre les différents axes de recherche du projet SEMEUR : (i) le périmètre et l'échelle d'analyse et (ii) le type de services écosystémiques et les indicateurs d'évaluation de ces services.

Dans les tâches 1 et 2, les SEU étudiés ne correspondent pas, car l'échelle d'analyse pertinent ne permet pas de comparaison. Par exemple, dans l'analyse des îlots de chaleur urbaine, la demande (tâche 2) s'intéresse à la disponibilité à payer des individus pour la baisse d'un 1°C de température en ville grâce à la végétalisation du tramway, tandis que l'offre (tâche 1) mesure la capacité de la végétalisation à contribuer à la régulation du climat global. De la même façon, pour la mesure de la biodiversité, la tâche 1 considère l'accueil de biodiversité (indicateur RENATU - relevés botaniques, repérage de micro-habitats, fréquence de fauche, etc.), tandis que la tâche 2 étudie la demande de la biodiversité urbaine par la présence de oiseaux en ville. Les tâches 1 et 3 sont sur des observations très locales (allant des coordonnées géographiques à l'IRIS puis à la commune), alors que la tâche 2 dispose de résultats binaires Lyon/hors Lyon. En effet, pour avoir une représentativité géographique de l'échantillon interrogé en tâche 2, nous avons dû regrouper les répondants en deux zones géographiques (habitant de Lyon *versus* Hors Lyon).

Nous avons néanmoins réussi à créer des ponts entre les différentes tâches du projet. En premier, nous avons effectué des analyses cartographiques permettant de relier les *clusters* de hiérarchie urbaine identifiés en tâche 3 et la répartition de la typologie d'occupation du sol cartographiée dans la tâche 1. En second, nous avons évalué à l'aide d'outils cartographiques, l'impact potentiel de la nouvelle ligne de tramway T10 à Saint-Fons sur le SE d'accueil de la biodiversité.

Certains résultats phares du projet peuvent être résumés de la façon suivante :

i) L'impact de la nouvelle ligne de tramway T10 sur l'occupation du sol dans la commune de Saint-Fons : sur une surface initiale bétonnée de 19 398 m<sup>2</sup>, 77 % resteront scellés, 17 % deviendront une plateforme végétalisée et 6 % accueilleront de nouveaux arbres. L'histogramme montre que les gains en végétalisation surpassent les pertes, en transformant les sols scellés en sols végétalisés.

ii) L'impact de la nouvelle ligne de tramway T10 sur le SE "accueil de la biodiversité" dans la commune de Saint-Fons : la moyenne du score d'accueil de la biodiversité après les travaux de végétalisation du T10 augmente : elle passe de 0.5 à 0.6. Ces travaux auront donc un impact positif sur ce SE.

iii) Nos estimations économétriques nous informent que l'en moyenne, les répondants du questionnaire (un échantillon représentatif des habitants de la métropole de Lyon) sont prêts à payer 3,82 € par mois pour chaque degré de réduction de la température de l'air (grâce à la végétalisation de tramway) pendant une vague de chaleur. Ils sont également prêts à payer 0,77 € par mois pour augmenter de 1 % la population locale d'oiseaux. Enfin, pour accepter une diminution importante de l'espace disponible pour la circulation et le stationnement, ils devraient recevoir en moyenne l'équivalent de 2,38€ par mois, sous la forme d'une réduction des impôts locaux.

iii) Nos estimations économétriques montrent que 76,1% des répondants (classe 2) sont plutôt favorables à la végétalisation, et sensibles à la régulation du climat et à la préservation de la biodiversité. Nos résultats montrent également que 23,9 % des répondants (classe 1) sont indifférents au support à la biodiversité. Ils apprécieraient des températures plus fraîches en été, mais moins que les répondants de la classe 2. Les répondants de la classe 1 ne sont pas favorables à une forte réduction de l'espace pour la circulation et le stationnement résultant d'une plus grande végétalisation.

iv) Quant aux facteurs qui déterminent l'appartenance aux groupes mentionnés en haut, nos résultats économétriques montrent que les répondants dont le principal moyen de transport est la voiture privée, vivant principalement dans la ville de Lyon, et disposant en moyenne de revenus plus élevés sont plus susceptibles d'être inclus dans la classe 1. Nous constatons également que les répondants ayant des enfants et/ou impliqués dans des activités en faveur de l'environnement, par les dons ou du bénévolat, sont plus susceptibles d'appartenir à la classe 2.

v) Le territoire de Saint-Fons et les 6 communes limitrophes présentent une hiérarchie urbaine qu'il est possible de décliner en trois types de *clusters* : aires urbaines secondaires, centres urbains locaux et aires urbaines multifonctionnelles. L'aménagement du T10 favoriserait l'augmentation des espaces en aires urbaines multifonctionnelles et contribuerait ainsi à la création d'une ville productive du quart d'heure.

Ces résultats ont plusieurs implications en termes de recommandations de politiques publiques.

### **Implications en termes de politiques publiques**

Les vagues de chaleur et les incendies de forêt ont conduit le gouvernement français à mettre en place en 2022 des mesures urgentes accompagnées d'un fonds de 500 millions d'euros pour la renaturation des villes où les effets de la chaleur sont les plus importants<sup>14</sup>. L'objectif est de soutenir les collectivités locales pour qu'elles s'adaptent aux conséquences du changement climatique et de promouvoir des « îlots de fraîcheur » fondés sur la nature dans les villes. L'un des moyens d'introduire plus de nature dans les villes est d'inclure les infrastructures de transport dans le processus de

---

<sup>14</sup> <https://www.info.gouv.fr/actualite/500-millions-deuros-pour-remettre-de-la-nature-dans-les-villes>

renaturation, en augmentant la végétation (arbres et parcs urbains) et en investissant dans l'infrastructure des transports publics (le réseau de tramway en particulier).

Les disponibilités à payer des habitants de la métropole de Lyon montrent, qu'en moyenne, les répondants sont en faveur de la végétalisation urbaine et ont une forte préférence pour des températures plus basses pendant les périodes chaudes, ainsi qu'une plus grande abondance d'oiseaux.

Nos résultats empiriques suggèrent que, si un référendum était organisé dans la métropole lyonnaise pour décider de la mise en œuvre d'un programme de végétalisation du réseau de tramway, la majorité serait en faveur, bien qu'une proportion significative de la population démontre des inquiétudes à cause de la réduction d'espaces dédiés au stationnement et à la circulation routière d'un tel programme. Par conséquent, une solution qui n'empiète pas trop sur l'espace - telle que la végétation verticale - serait pertinente. Par ailleurs, nos résultats indiquent que la végétalisation en dehors du centre-ville et dans les zones où il y a plus de familles serait plus acceptable.

Enfin, le concept de ville productive du quart d'heure, mobilisé dans la tâche 3 du projet SEMEUR, et son application comme cadre conceptuel pour mener un diagnostic territorial permet d'identifier les secteurs d'un territoire sous différents angles. Ainsi, il permet de comprendre quelles sont ses forces et ses faiblesses. Mobiliser cette méthodologie dans l'aménagement des villes – par les décideurs publics et les acteurs privés (promoteurs et investisseurs immobiliers) – permettrait de concilier des objectifs de développement territorial et de durabilité environnementale.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adhikari, K., Alfred E. Hartemink, 2015, Linking soils to ecosystem services — A global review, pages 101-111, accès demandé via : <https://www.researchgate.net/publication/281283592-Linking-soils-to-ecosystem-services-A-global-review>.
- Almenar, B., J., Elliot, T., Rugani, Bodéan, P., Navarrete Gutierrez, T., Sonnemann, G., & Geneletti, D. (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy*, 100, 104898.
- Anzivino, L., Venzac, M., Badin, A.-L., Philippot, M., Miège, B., Reydellet, F., Nguyen, A., & Olry, X. (2018). *Diagnostic santé environnement des habitants de la Métropole de Lyon*. Métropole de Lyon, ORS Auvergne-Rhône-Alpes, Cerema.
- Aram, F., E. Higuera Garcia, E. Solgi, and S. Mansournia (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon* 5, 1339.
- Babí Almenar, J., T. Elliot, B. Rugani, B. Philippe, T. Navarrete Gutierrez, G. Sonnemann, and D. Geneletti (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy* 100, 104898.
- Baptist, F., Thierry Disca, Jennifer Hellal, Elsa Limasset, Mailys Horiot, Thomas Binet, 2018, RECORD, Mesure de la biodiversité et évaluation des services écosystémiques des milieux restaurés. Méthodes et retours d'expérience., étude n° 17-1021/1A, 142 pages, téléchargeable au lien : <https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/1261-mesure-de-la-biodiversite-et-evaluation-des-services-ecosystemiques-des-milieus-restaures.html>.
- Bouhaddou MK, Tuffery L, Cantuarias-Villesuzanne C. Nature en ville. In Blain J, Brown L. Les grandes notions de l'urbanisme pour les métiers de l'immobilier, Dunod, 2024, 978-2-10-086199-6.
- Bronnmann, J., V. Liebelt, F. Marder, J. Meya, and M. Quaas (2020). The value of naturalness of urban green spaces: Evidence from a discrete choice experiment. *Land Economics*.
- Caula, S. (2007). *L'usage de l'avifaune comme indicateur écologique et socio-économique dans l'espace urbain*. Ph. D. thesis.
- Collins, R., M. Schaafsma, and M. Hudson (2017). The value of green walls to urban biodiversity. *Land Use Policy* 64, 114–123.
- Czembrowski, P. and J. Kronenberg (2016). Hedonic pricing and different urban green space types and sizes: Insights into the discussion on valuing ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 146, 11–19.
- Dupuis, V., B. Deceuninck, F. Jiguet, and N. Issa (2014). Evolution des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, indicateurs de biodiversité. *Ornithos* 21, 121–131.
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation. (2021). *Evaluating the impact of nature-based solutions: A handbook for practitioners*. Publications Office of the European Union.
- Fruth, E., M. Kvistad, J. Marshall, L. Pfeifer, L. Rau, J. Sagebiel, D. Soto, J. Tarpey, J. Weir, and B. Winiarski (2019). Economic valuation of street-level urban greening: A case study from an evolving mixed-use area in Berlin. *Land Use Policy* 89.
- Geneletti, D., et al., 2020. "Ecosystem services mapping and assessment for policy-and decision-making: Lessons learned from a comparative analysis of European case studies." *One Ecosystem* 5 (2020): e53111.
- Giergiczny, M. and J. Kronenberg (2014). From valuation to governance: Using choice experiment to value street trees. *Ambio* 43, 492–501.
- Hamada, S. and T. Ohta (2010). Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening* 9, 15–24.

- Huang, M., P. Cui, and X. He (2018). Study of the cooling effects of urban green space in harbin in terms of reducing the heat island effect. *Sustainability* 10.
- Jaung, W., L. Carrasco, S. Ahmad, P. Tan, and D. Richards (2020). Temperature and air pollution reductions by urban green spaces are highly valued in a tropical city-state. *Urban Forestry & Urban Greening* 55, 126827.
- Kraszewski, M., 2019, Evaluation du taux d’artificialisation en France : comparaison des sources Teruti-Lucas et fichiers fonciers., 60 pages, téléchargeable au lien : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-08/evaluation-du-taux-d-artificialisation.pdf>
- Kim, H., Y. Shoji, T. Tsuge, T. Aikoh, and K. Kuriyama (2020). Understanding services from ecosystem and facilities provided by urban green spaces: A use of partial profile choice experiment. *Forest Policy and Economics* 111, 102086.
- Lejoux, P., Rachel Linossier, Ori Abihssira, Arnaud Bouyssi re, Thibault Nugue, et al.. Lyon, métropole fabricante de demain? PUCA, Métropole de Lyon, La Fabrique de l’industrie. 2023, pp.96. (halshs-04206322)
- Liebelt, V., S. Bartke, and N. Schwarz (2019). Urban green spaces and housing prices: An alternative perspective. *Sustainability* 11, 3707.
- Liu, Z., N. Hanley, and D. Campbell (2020). Linking urban air pollution with residents’ willingness to pay for greenspace: A choice experiment study in beijing. *Journal of Environmental Economics and Management* 104, 102383.
- Morancho Bengochea, A. (2003). A hedonic valuation of urban green areas. *Landscape and Urban Planning* 66, 35–41.
- Ng, W.-Y., C.-K. Chau, G. Powell, and T.-M. Leung (2015). Preferences for street configuration and street tree planting in urban hong kong. *Urban Forestry & Urban Greening* 14, 30–38.
- Pellissier, V., J. Touroult, R. Julliard, J.-P. Sibley, and F. Jiguet (2013). Assessing the natura 2000 network with a common breeding birds survey. *Animal Conservation* 16, 566–574.
- Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Arneeth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P. F., Popp, A., ReyesGarc a, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y. J., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A.L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D.C., Rogers, A.D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., & Ngo, H.T. (2021)., IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. . IPBES & IPCC. [https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/2021-06/20210609\\_workshop\\_report\\_embargo\\_3pm\\_CEST\\_10\\_june\\_0.pdf](https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/2021-06/20210609_workshop_report_embargo_3pm_CEST_10_june_0.pdf)
- Revi, A., Satterthwaite, D. E., Arag n-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R. B. R., Pelling, M., Roberts, D. C., & Solecki, W. (2014). Chapter 8. Urban areas. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea & L.L. White (edits), –*Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (535-612). Cambridge University Press.
- Rose, J., A. Collins, M. Bliemer, and D. Hensher (2010). *Ngene, 1.0.2*. ed. Statistical Software, ChoiceMetrics Pty Ltd.
- Samuelson, P. (1954). The pure theory of public expenditure. *The Review of Economics and Statistics* 36 (4), 387–389.

- Soto, J., H. Khachatryan, and D. Adams (2018). Consumer demand for urban forest ecosystem services and disservices: Examining trade-offs using choice experiments and best-worst scaling. *Ecosystem Services* 29, 31–39.
- Thacker, S., Adshead, D., Fantini, C., Palmer, R., Ghosal, R., Adeoti, T., Morgan, G., & Stratton-Short, S. (2021). *Infrastructure for climate action*. UNOPS,. [https://content.unops.org/publications/Infrastructure-for-climate-action\\_EN.pdf?mtime=20211008124956&focal=none](https://content.unops.org/publications/Infrastructure-for-climate-action_EN.pdf?mtime=20211008124956&focal=none)
- Vanstockem, J., L. Vranken, B. Bleyts, B. Somers, and M. Hermy (2018). Do looks matter? a case study on extensive green roofs using discrete choice experiments. *Sustainability* 10 (2).
- Vollmer, D., A. Ryffel, K. Djaja, and A. Grêt-Regamey (2016). Examining demand for urban river rehabilitation in indonesia: Insights from a spatially explicit discrete choice experiment. *Land Use Policy* 57, 514–525.
- Wolch, J. R., Byrne, B., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234-244.