



Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence



Rencontre acteurs/chercheurs 22 mars 2022



Temps, Espaces, Langages, Europe Méridionale, Méditerranée
UMR 7303

1-État d'avancement général du programme

Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence

Postulats :

- Le **réseau des rues et des voies urbaines (réseau viaire)** comme la **matrice première de constitution et d'évolution des tissus urbains**, comme un marqueur essentiel **de la morphologie urbaine**.
- Le réseau viaire comme un support privilégié des **appropriations humaines** (circulation des biens et des personnes) et des **dynamiques floristiques et faunistiques** (habitat et dispersion).
- Le réseau viaire comme potentiel considérable d'espaces mobilisables au service de la transition écologique, à l'échelle de la ville et de ses quartiers.

Questionnement :

- Quelle place pour le réseau viaire dans la montée en puissance d'un urbanisme non plus seulement durable, mais écologique ?
- **Quelle capacité du réseau viaire à être support de fonctionnements urbanistiques et écologiques** suivant sa structuration (i) topologique, en tant que réseau de « liens » et (ii) morphologique, en tant que réseau de « lieux », notamment à l'échelle du quartier ?

Hypothèse :

La relation entre les fonctionnements urbanistiques et écologiques du réseau viaire est inféodée à deux paramètres principaux :

- **la morphologie territoriale et urbaine** caractérisée par des interrelations entre des structures viaires et des formes bâties (constructions) et non-bâties (espaces ouverts non minéralisés, parcs, jardins...), extrêmement variables dans leurs configurations et leurs usages.
- **les modes de gestions des espaces à caractère naturel (ECN)** présents sur le réseau viaire.

Schéma organisationnel de projet Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence (BioReV-Aix)

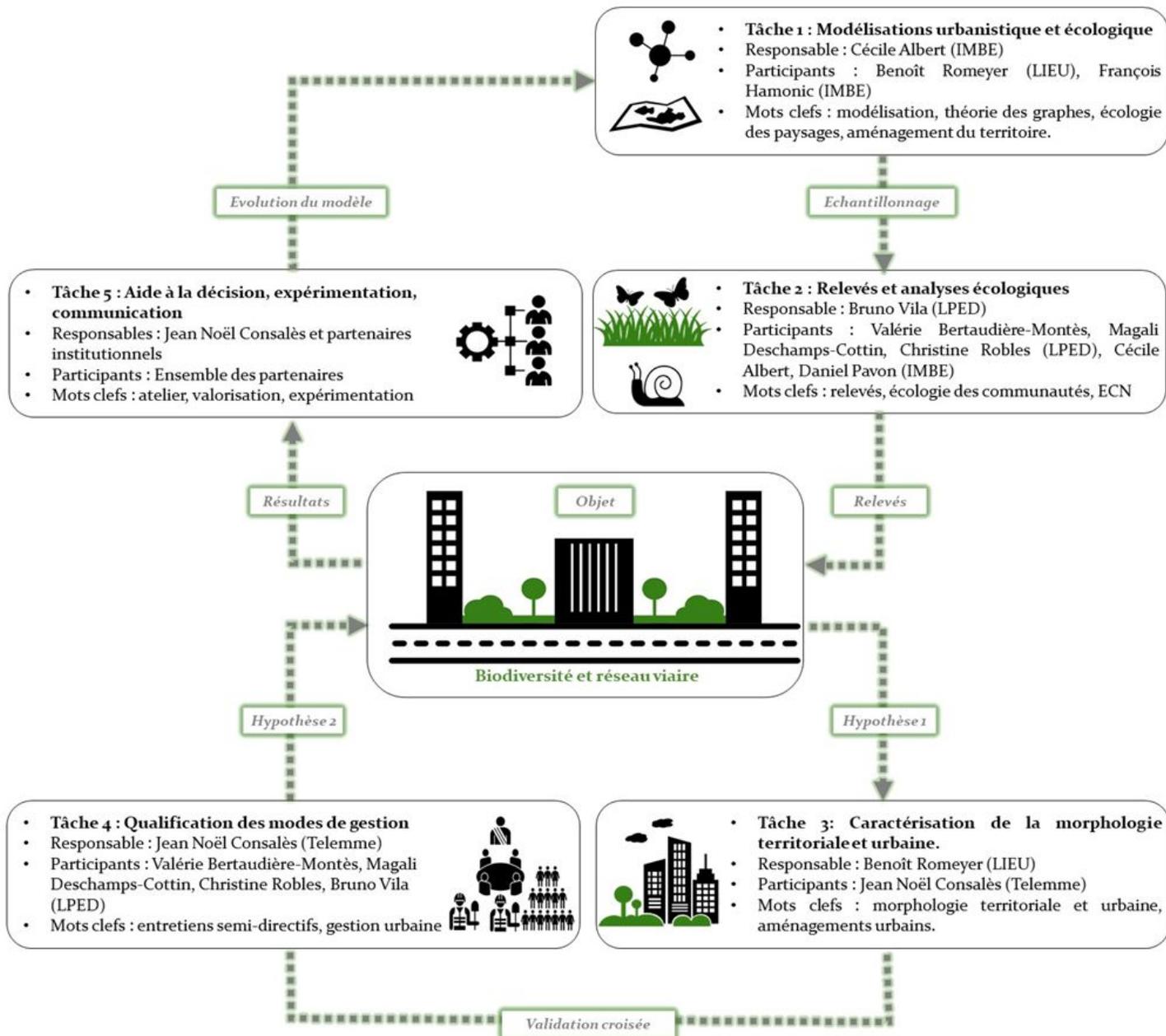
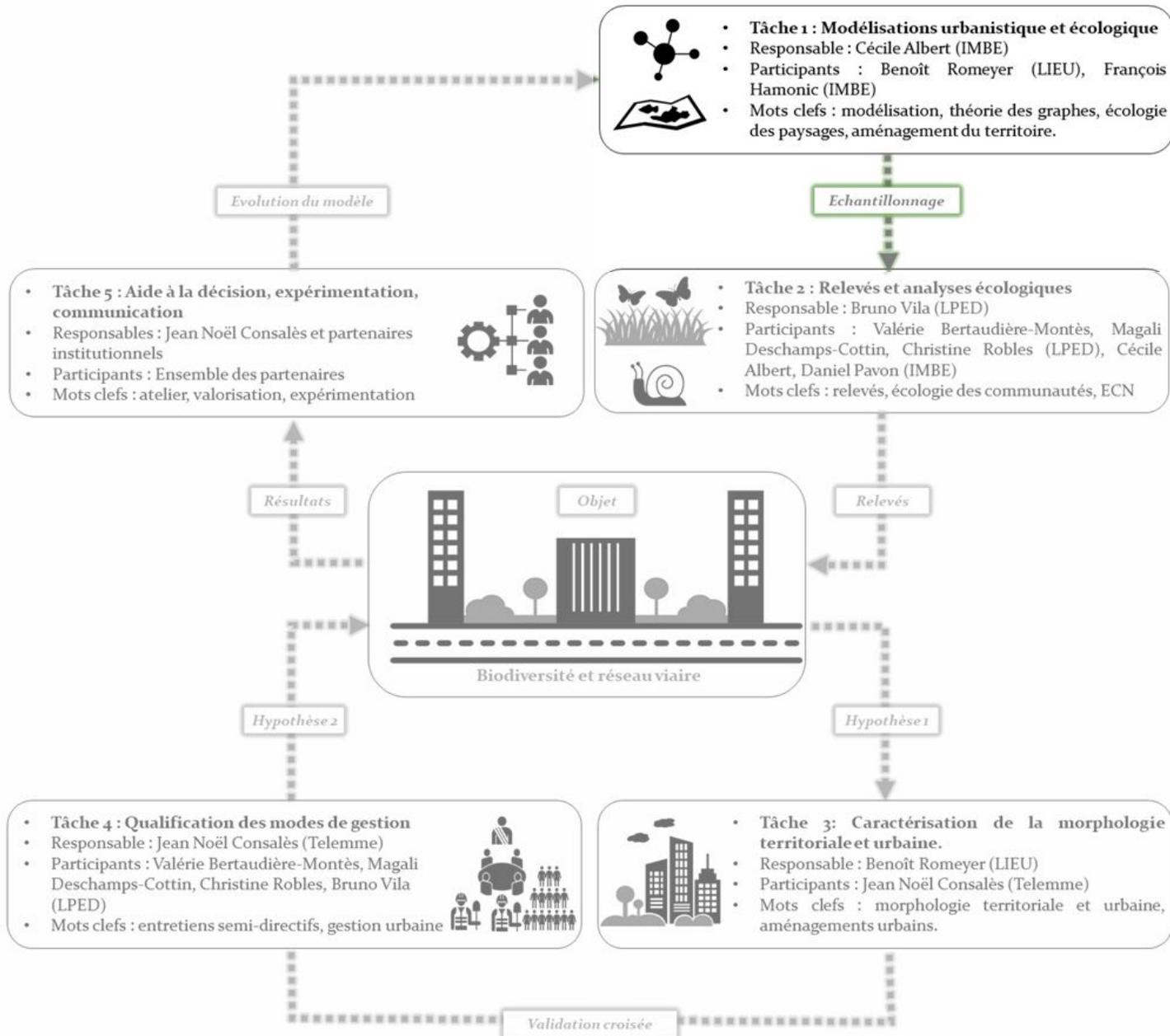


Schéma organisationnel de projet Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence (BioReV-Aix)



Rappel des objectifs de la tâche 1 :

Cette tâche vise à analyser et modéliser le réseau viaire d'un double point de vue, écologique et urbanistique.

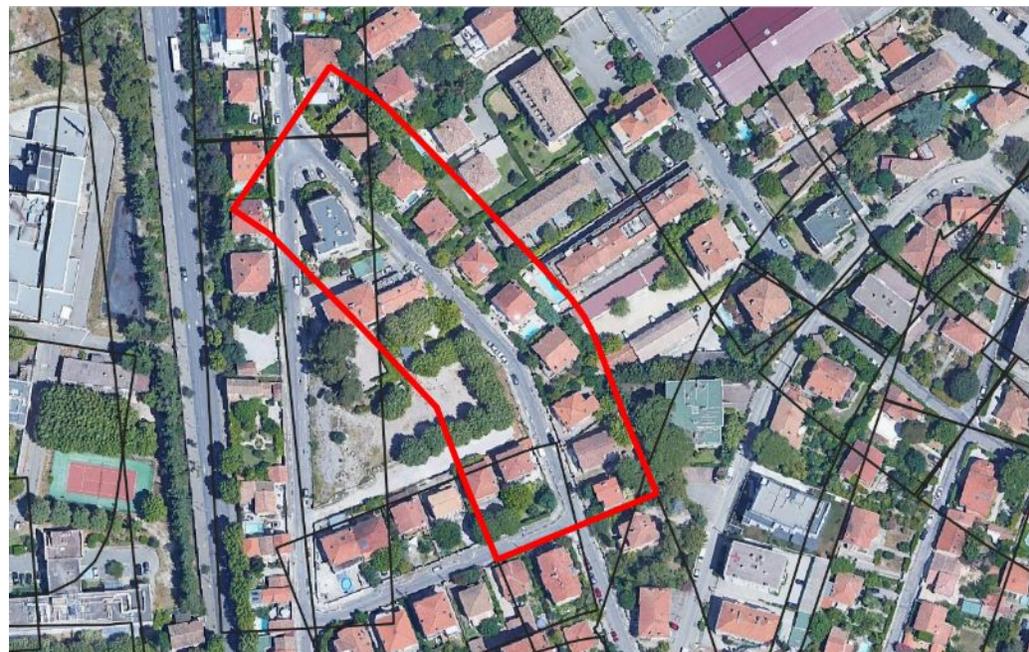
Elle s'articule autour de deux sous-tâches complémentaires :

- 1.1 *Analyse croisée des caractéristiques écologiques et urbanistiques du réseau viaire aixois.* Il s'agit ici d'identifier des espaces plus ou moins connectés en termes écologiques, eux-mêmes inscrits dans des contextes morphologiques distincts.

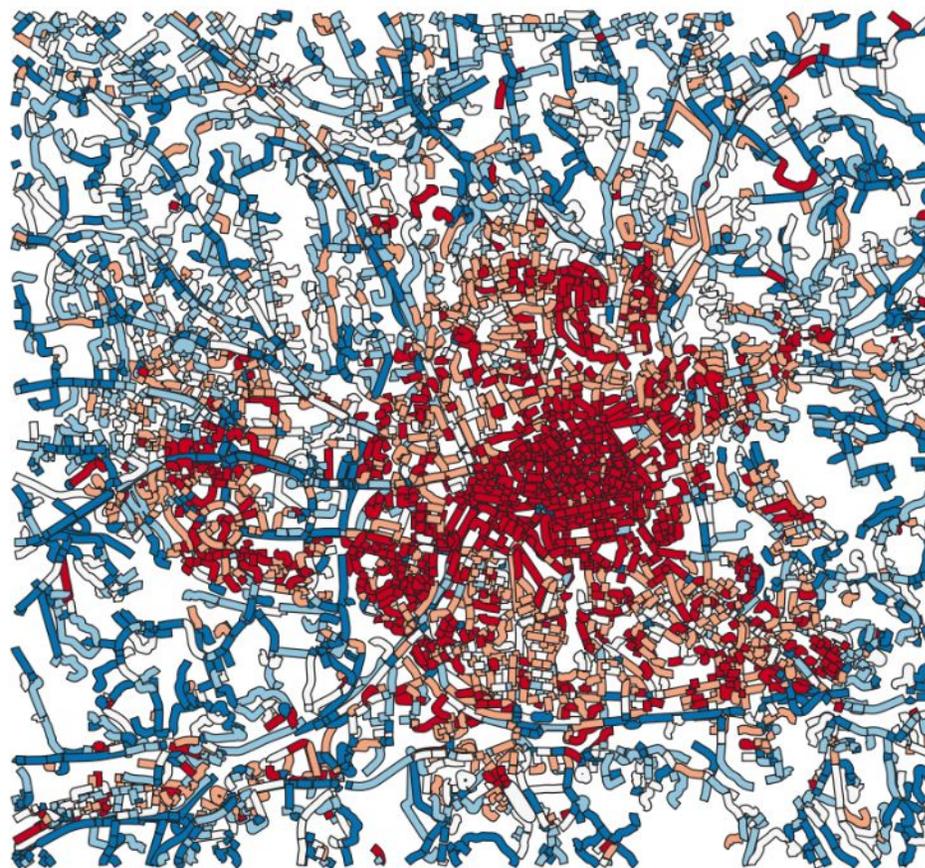
- 1.2 *Modélisation et identification de zones prioritaires d'action et d'expérimentation.* Il s'agit ici d'identifier les zones dans lesquelles la densification du réseau écologique, par des démarches de renaturation, serait plus efficace pour améliorer la connectivité d'ensemble, du quartier au territoire.

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Construction d'un objet d'études : du réseau viaire au "tronçon"



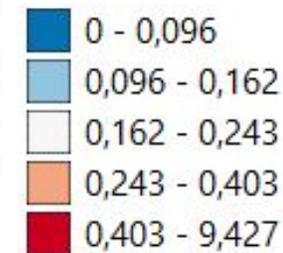
- L'unité morphologique « tronçon » :
 - correspond à un linéaire de voie urbaine (hors route et sentier),
 - incluse entre 2 intersections,
 - auquel a été appliqué un *buffer* de 30m de part et d'autre de son axe central.



5460 tronçons générés à l'échelle du territoire d'études.

Ici discrétisés suivant le ratio :

$\frac{\text{Hauteur moyenne du bâti}}{\text{Largeur moyenne du tronçon}}$

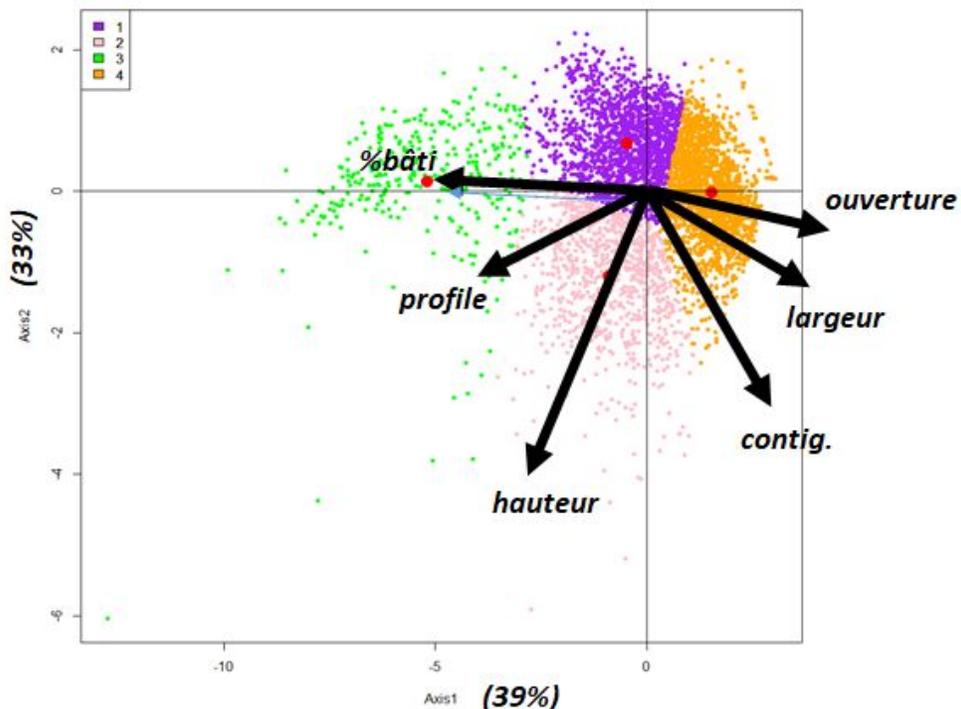


Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Nom_colonne	Données associées	Remarques
ID_troncon	Identifiant unique associé au tronçon	donnée issue du SIG
NOM_1_G	Nom de la rue (côté gauche)	donnée issue de la BD TOPO IGN
IMPORTANCE	Hierarchisation du réseau viaire en fonction du trafic routier, sur une échelle de 1 à 6 (1 étant le niveau avec le plus d'importance)	donnée issue de la BD TOPO IGN
LARGEUR	Largeur indicative de la chaussée, de trottoir à trottoir ou d'accotement à accotement.	donnée issue de la BD TOPO IGN
LONGUEUR	Longueur du tronçon	donnée issue du SIG
AIRE	Surface du tronçon avec buffer	donnée issue du SIG
AIRE_BATI	Surface des emprises bâties dans le tronçon	donnée issue du SIG
RATIO_BATI	Ratio entre la surface bâtie et la surface totale du tronçon	donnée issue du SIG
decliv	Écart entre les points d'altitude les plus élevés et faibles du tronçon.	Pour déclivité (en appui sur BD ALTI IGN)
length_euc	Longueur euclidienne du tronçon (à vol d'oiseau)	donnée issue du SIG
sinuos	Sinuosité du tronçon exprimé par le ratio entre la longueur euclidienne du tronçon et sa longueur effective)	donnée issue du SIG
alt_start	Altitude du point de départ du tronçon	donnée issue du SIG
alt_end	Altitude du point final du tronçon	donnée issue du SIG
penne	Différentiel entre altitude de départ et altitude finale du tronçon	donnée issue du SIG (exprimé en valeur absolue)
conti_batie	Indice de contiguïté du bâti. Celui-ci permet de qualifier dans quelle mesure le bâti est fragmenté en différents ensembles ou plutôt mitoyen	donnée issue du SIG
nb_blocs	Nombre d'ensembles bâtis contigus du tronçon	donnée issue du SIG
nb_bati	Nombre de bâtiments présents dans le tronçon	donnée issue du SIG
widths	largeur moyenne de la rue de bâti à bâti	Calculé avec le logiciel Momepy avec intervalle de 3m et suivant buffer de 50 m de part et d'autres de l'axe du tronçon).
width_devi	Écart-type de la largeur de la rue de bâti à bâti	Calculé avec le logiciel Momepy à intervalle de 3m et suivant buffer de 50 m de part et d'autres de l'axe du tronçon).
openness	Qualifie le degré d'ouverture de la rue (Nombre de rayons perpendiculaires à l'axe du tronçon qui ont "touché" un bâtiment sur nombre total de rayons)	Calculé avec Momepy
heights	hauteur moyenne du bâti présent à 50 m de l'axe du tronçon.	Calculé avec Momepy
heights_de	hauteur moyenne du bâti présent à 50 m de l'axe du tronçon.	Calculé avec Momepy
profile	Hauteur moyenne / largeur moyenne de la rue	Calculé avec Momepy
BtE200	Betweenness centrality de chaque tronçon suivant un rayon de 200m	Calculé avec Momepy
BtE800	Betweenness centrality de chaque tronçon suivant un rayon de 800m	Calculé avec Momepy
BtE2000	Betweenness centrality de chaque tronçon suivant un rayon de 2000m	Calculé avec Momepy

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Un découpage en quatre classes morphologiques statistiquement construites, concordantes avec le territoire aixois



- Réalisation d'une **ACP** sur six variables morphologiques :
« pourcentage d'emprise bâti »,
« hauteur moyenne du bâti »,
« niveau de contiguïté du bâti »,
« degré d'ouverture du bâti »,
« largeur moyenne du tronçon »,
« profil du tronçon ».

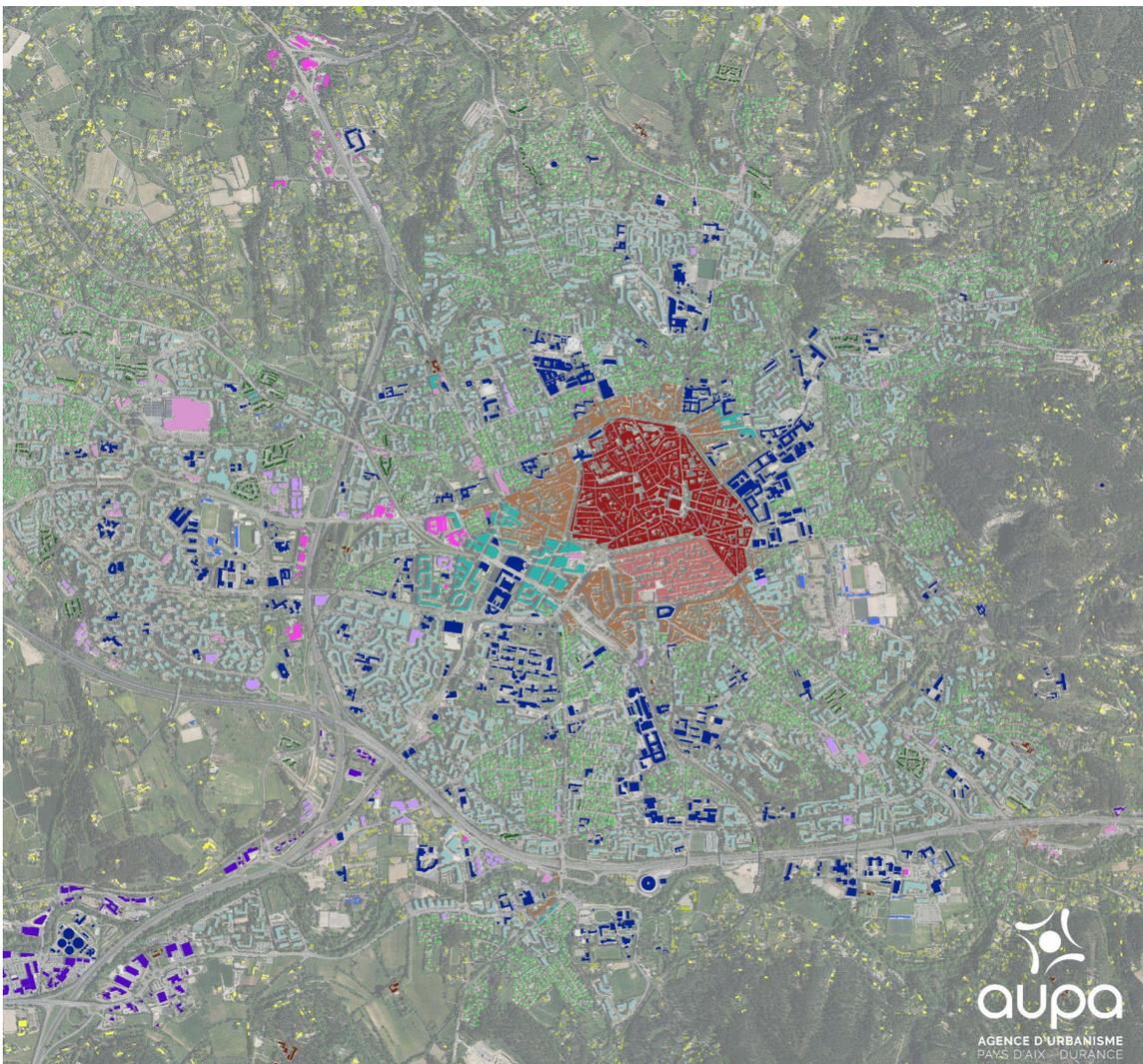
Création des **classes de tronçons** ayant des caractéristiques similaires (approche de "clustering").

Test et spatialisation des différents nombres de classes (2 à 7).

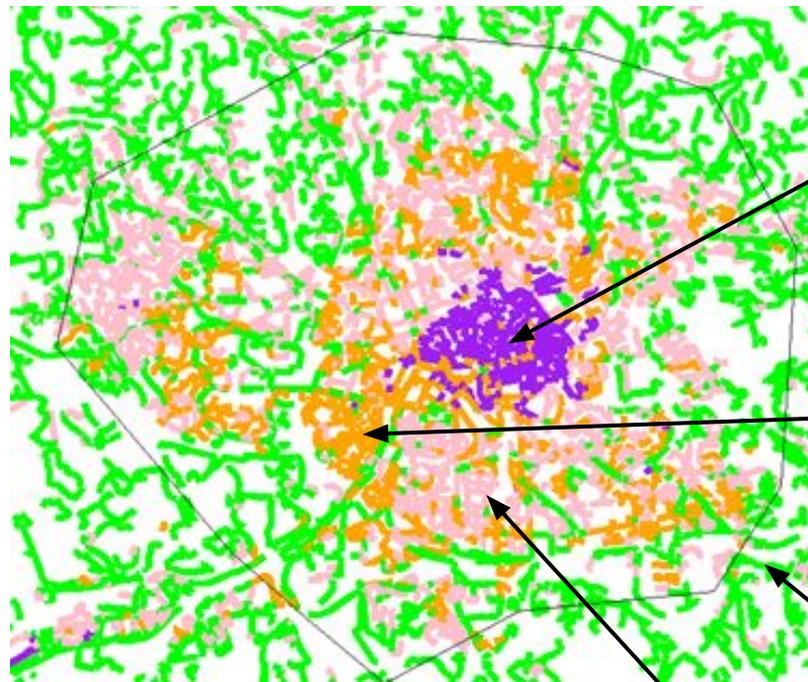
Validation d'un **découpage en 4 classes** à la fois synthétique et représentatif de la diversité morphologique du territoire aixois.

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Un découpage en quatre classes morphologiques statistiquement construites et concordantes avec le territoire aixois

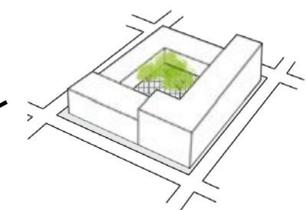


La morphologie urbaine d'Aix-en-Provence déterminée par l'Agence d'urbanisme pays d'Aix – Durance.

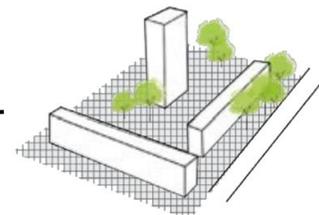


Cette concordance entre classes morphologiques et réalité territoriale a permis une catégorisation en 4 grands types de tissu urbain :

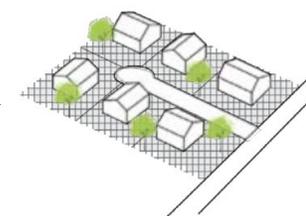
- *habitat collectif continu* (violet)
- *habitat collectif discontinu* (orange)
- *habitat pavillonnaire* (vert)
- *composites* (saumon)



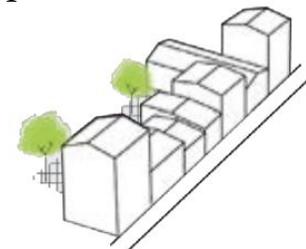
collectif continu



collectif discontinu



pavillonnaire



composite

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois



Aperçu des données de canopée urbaine fournies par Kermap

En parallèle, nous avons cherché à imputer à chaque tronçons différents indicateurs permettant de caractériser et de comparer l'ensemble des tronçons en termes écologiques.

CE travail s'est fait en appui sur la base de données canopée urbaine développée par Kermap (<https://www.nosvillesvertes.fr/>), qui cartographie le patrimoine arboré (végétation > 1.50 m de hauteur) à sur la base de photographie aérienne,

Pour ce faire, nous avons croisé l'état de végétalisation à deux échelles:

- (i) l'échelle du quartier (qui correspond ici à la centaine de mètres) et,
- (ii) l'échelle du tronçon (qui correspond à une vingtaine de mètres).

Ces deux distances correspondent à des dispersions type pour des espèces végétales, et peuvent également concorder avec des distances raisonnables pour de la dispersion active chez les escargots.

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

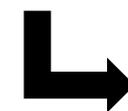
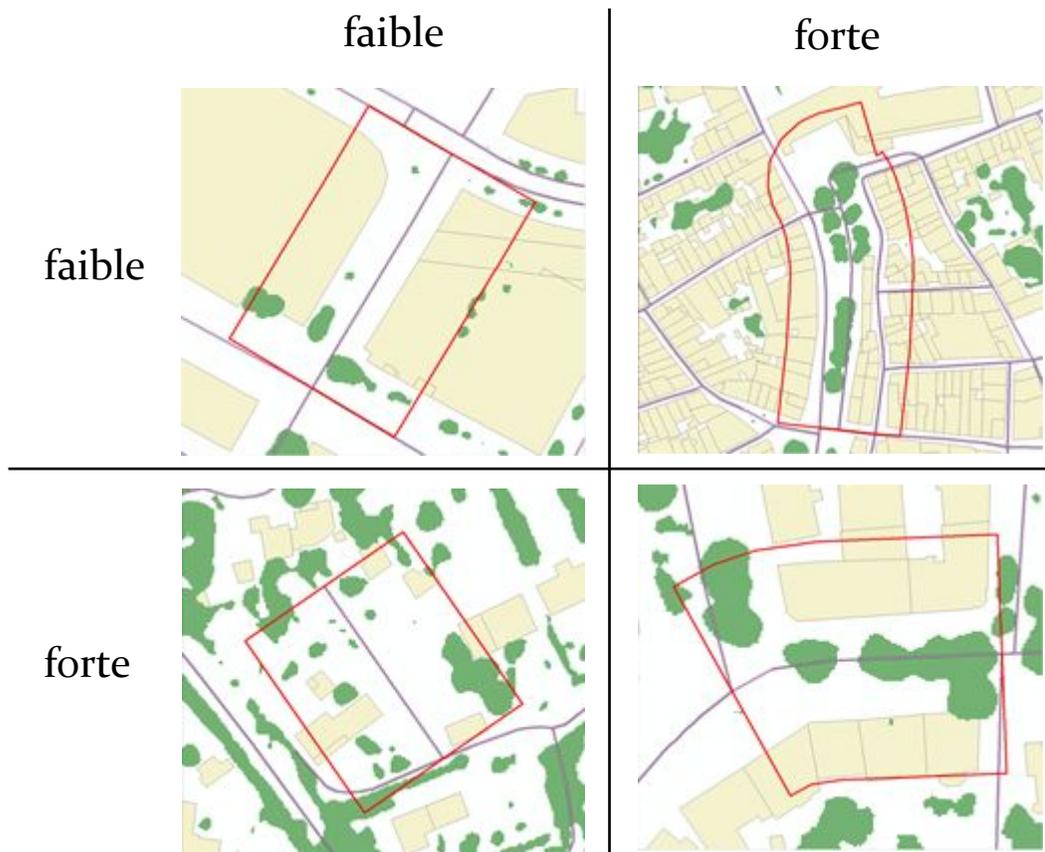
Nom_colonne	Données associées	Remarques
ID_troncon	Identifiant unique associé au tronçon	
aircan30	surface de canopée dans le tronçon (30m)	dérivé de la BD Kermap
aircap30	proportion de canopée dans le tronçon (30m)	dérivé de la BD Kermap
aircan20	surface de canopée dans les 20 m autour de la ligne du tronçon	dérivé de la BD Kermap
aircap20	proportion de canopée dans les 20 m autour de la ligne du tronçon	dérivé de la BD Kermap
aircan100	surface de canopée dans les 100 m autour de la ligne du tronçon	dérivé de la BD Kermap
aircap100	proportion de canopée dans les 100 m autour de la ligne du tronçon	dérivé de la BD Kermap
canopy_nb_patch	Nombre de patches disjoints formés par la canopée dans le tronçon	dérivé de la BD Kermap
canopy_eca	Aire équivalente connectée avec une probabilité de passage de 0.3 entre 2 patches distincts	dérivé de la BD Kermap
nb_tree_bu	Nombre d'arbres contenu dans le buffer initial (30 m autour de la rue linéaire)	dérivé de la BD FREDON
nb_tree_20	Nombre d'arbres contenu dans un buffer de 20 mètres arrondi	dérivé de la BD FREDON
nb_tree_100	Nombre d'arbres contenu dans un buffer de 100 mètres arrondi	dérivé de la BD FREDON
GENRE	Nb d'arbres de chaque taxon dans un tronçon	dérivé de la BD FREDON
pied_arbre	Type de traitement du pied d'arbre	dérivé de la BD FREDON
Hinfio	Nombre d'arbres du tronçon supérieurs à 10m de hauteur	dérivé de la BD FREDON
Hsup10	Nombre d'arbres du tronçon supérieur à 10m de hauteur	dérivé de la BD FREDON
conif	Ratio de conifères présents dans le tronçon?	dérivé de la BD FREDON
nb_arb_2	Nombre d'arbres du tronçon (une fois sélectionné les types de pieds d'arbre voulu)	dérivé de la BD FREDON
rich	Richesse - Nb de genre d'arbre dans le tronçons	dérivé de la BD FREDON
rich_rel	Richesse relative - Nb de genre d'arbre dans le tronçons/Nb d'arbres	dérivé de la BD FREDON

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

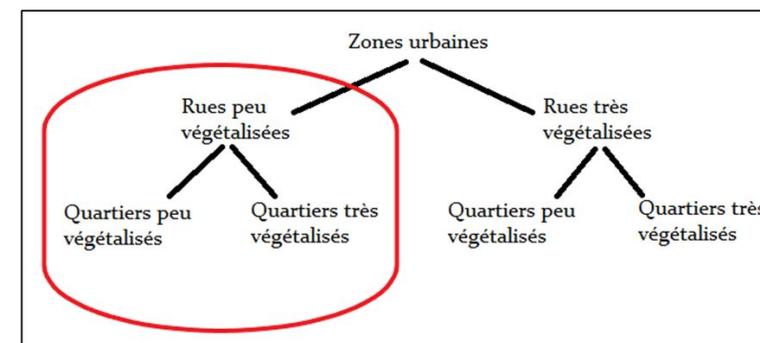
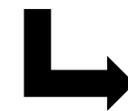
Un contexte de végétalisation exprimé en termes de strates arbustive et arborée, à deux échelles et suivant deux modalités

Surface arbustive et arborée (>1.5 m) présente dans la rue (20m)

Surface arbustive et arborée (>1.5 m) présente dans les 100m autour de la rue (logique de dispersion et approximation de la connectivité)

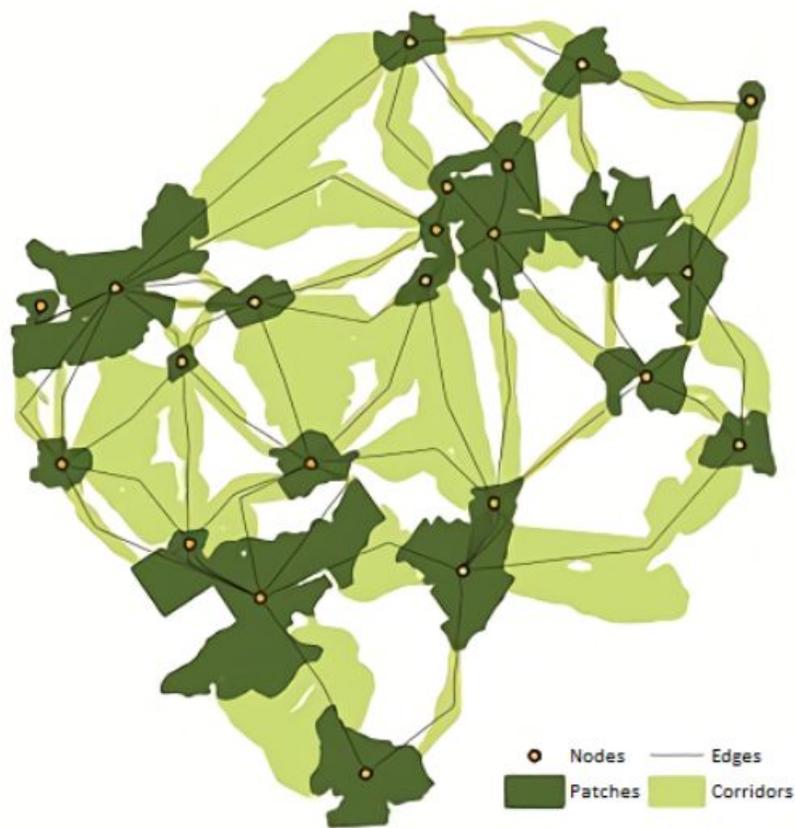


Aux 4 contextes morphologiques se croisent donc 4 contextes de végétalisation, tous ensemble mobilisés dans l'échantillonnage (cf. tâche 2)

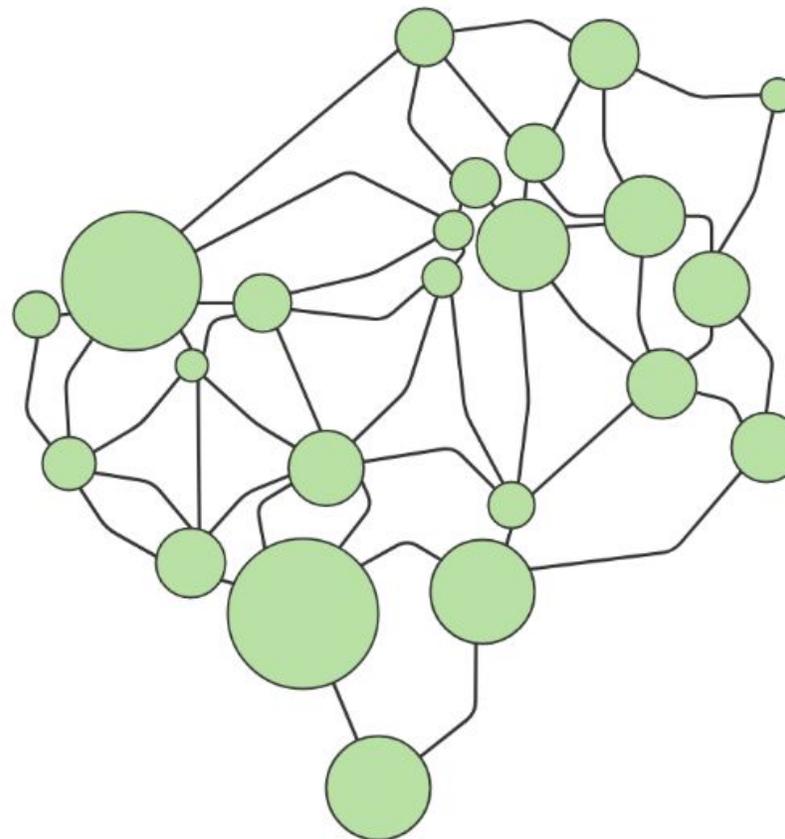


Résumé de la stratification de l'échantillonnage.

Sous- tâche 1.2 Modélisation et identification de zones prioritaires d'action et d'expérimentation



(c) paysage écologique



(d) graphe paysager $G = (V, E, w, \pi)$

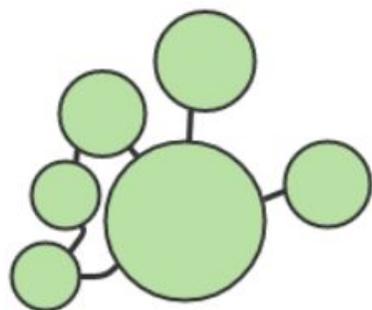
- w_u la qualité du patch u
- π_{uv} la probabilité de connexion du corridor (u, v) pour une espèce donnée

Sous- tâche 1.2 Modélisation et identification de zones prioritaires d'action et d'expérimentation

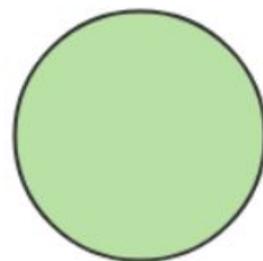
Aire équivalente connectée [Saura et al. 2011]

$$ECA(G) = \sqrt{\sum_{s,t \in V} w_s \cdot w_t \cdot \Pi_{st}}$$

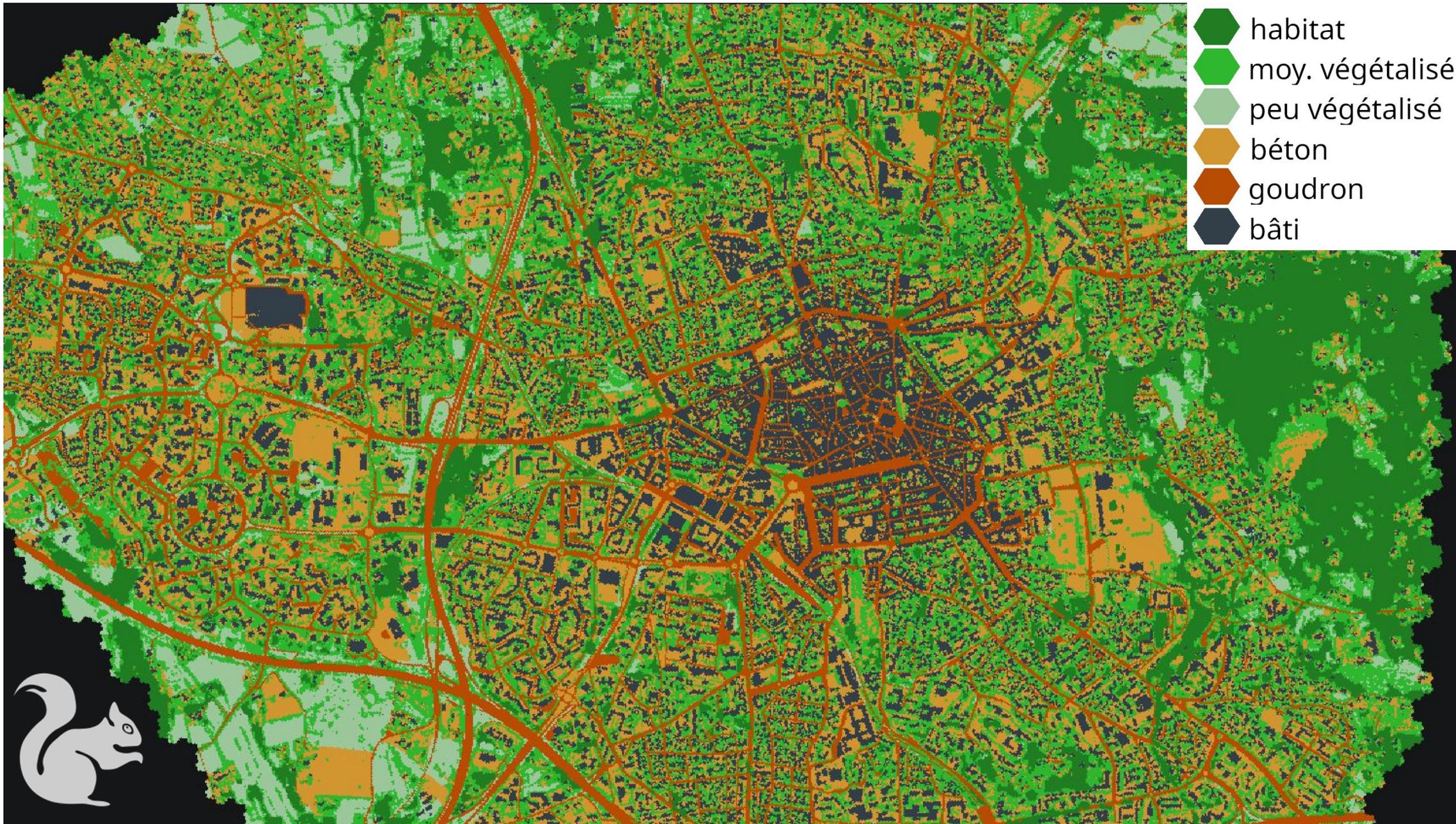
avec Π_{st} la probabilité du chemin le plus probable de s à t .

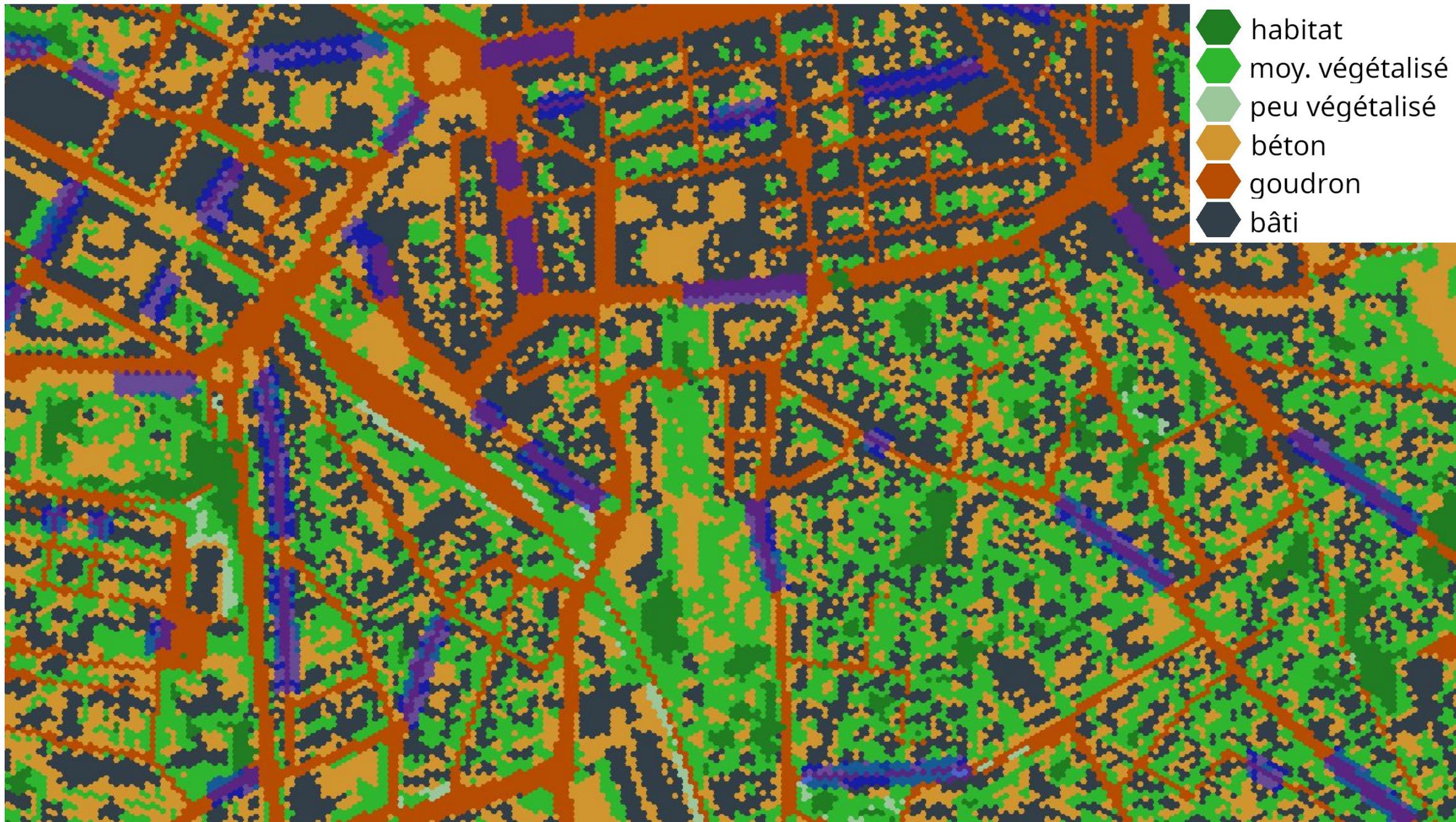


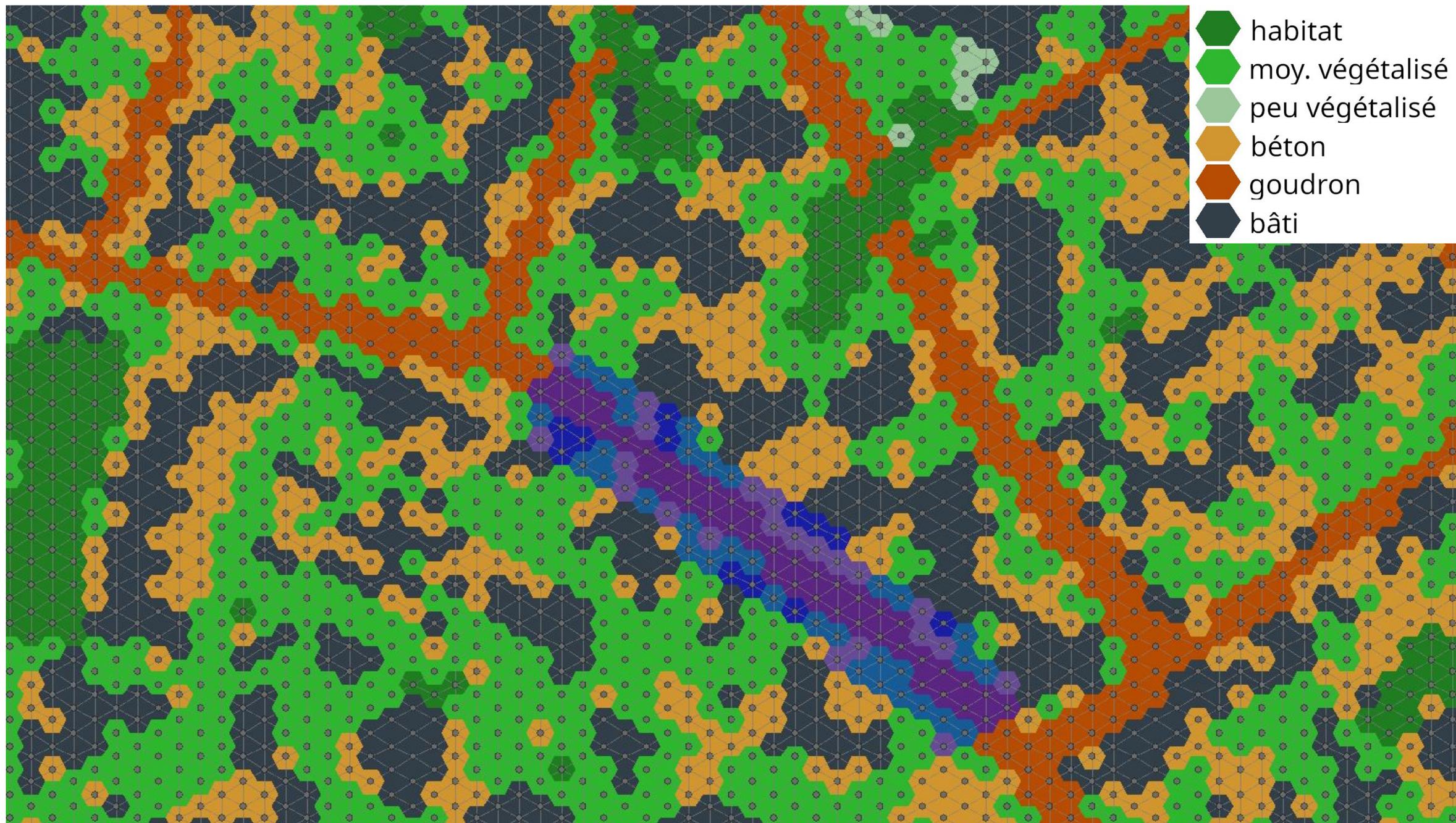
(e) paysage
écologique

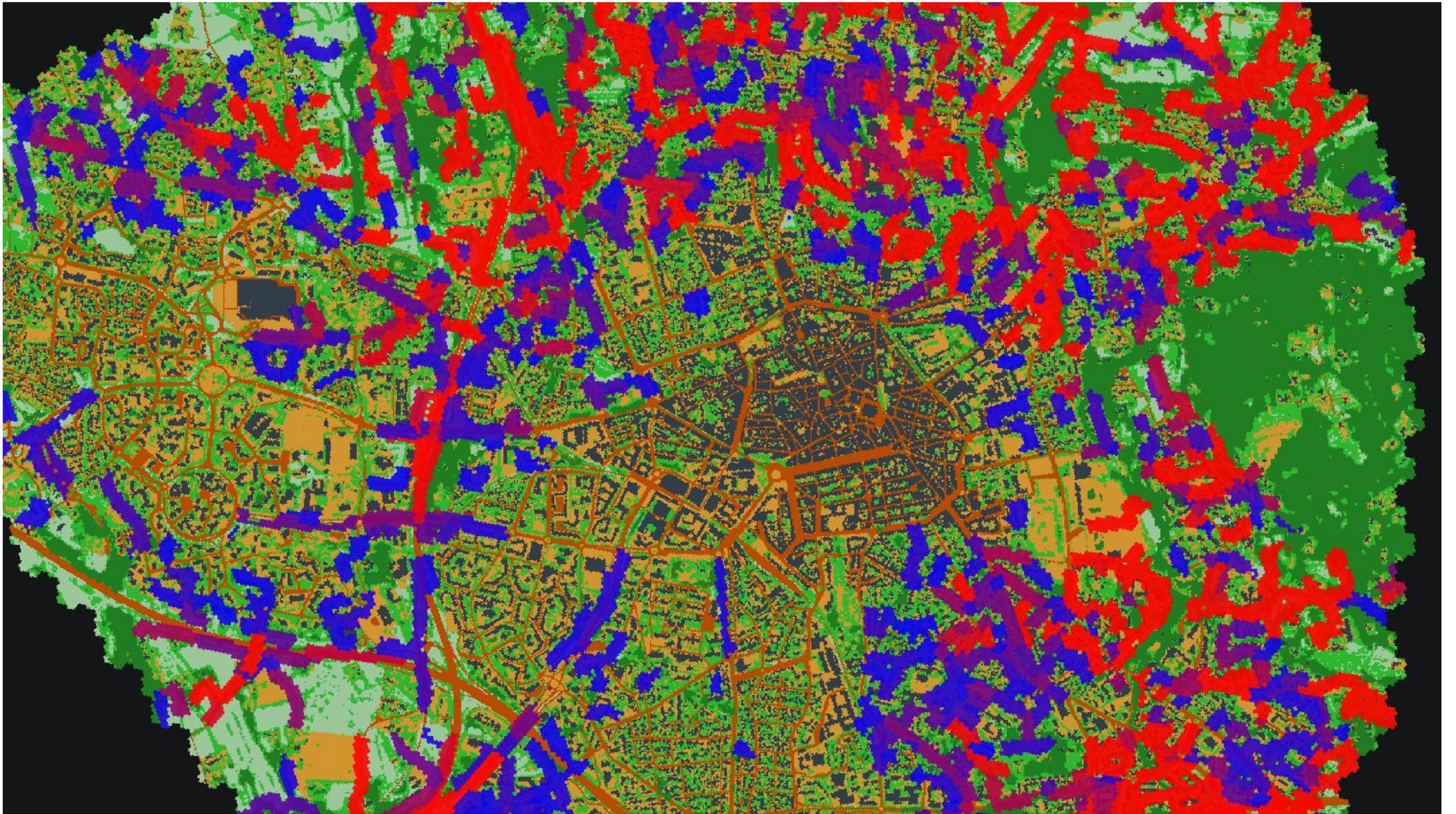


(f) patch
équivalent









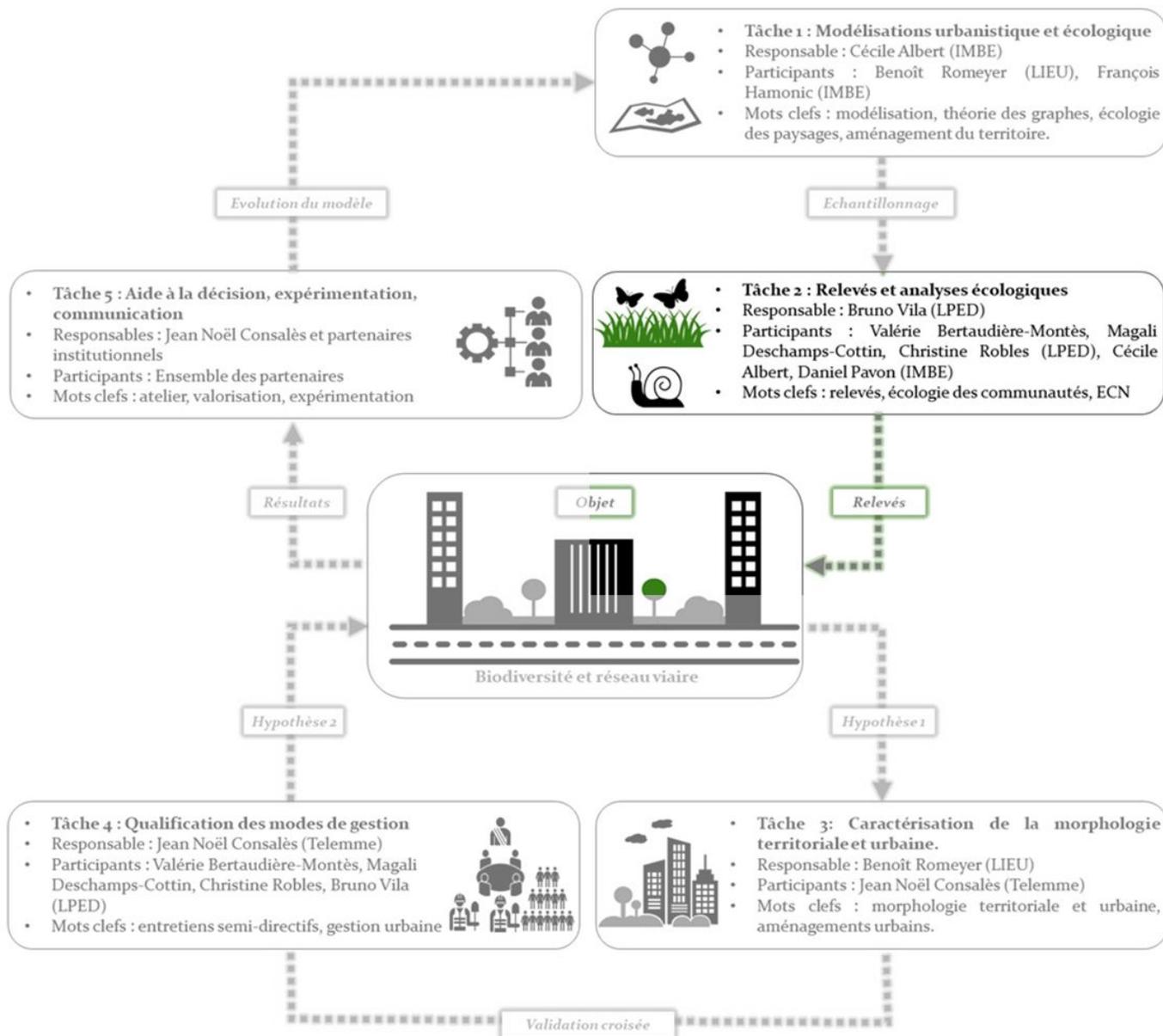


Cette spatialisation des tronçons où la densification du réseau écologique serait la plus efficace pour améliorer la connectivité d'ensemble pour l'espèce considérée donne à voir **le potentiel associé aux situations de franges ville-nature**, mais aussi **l'importance des liaisons de périphérie à périphérie**.

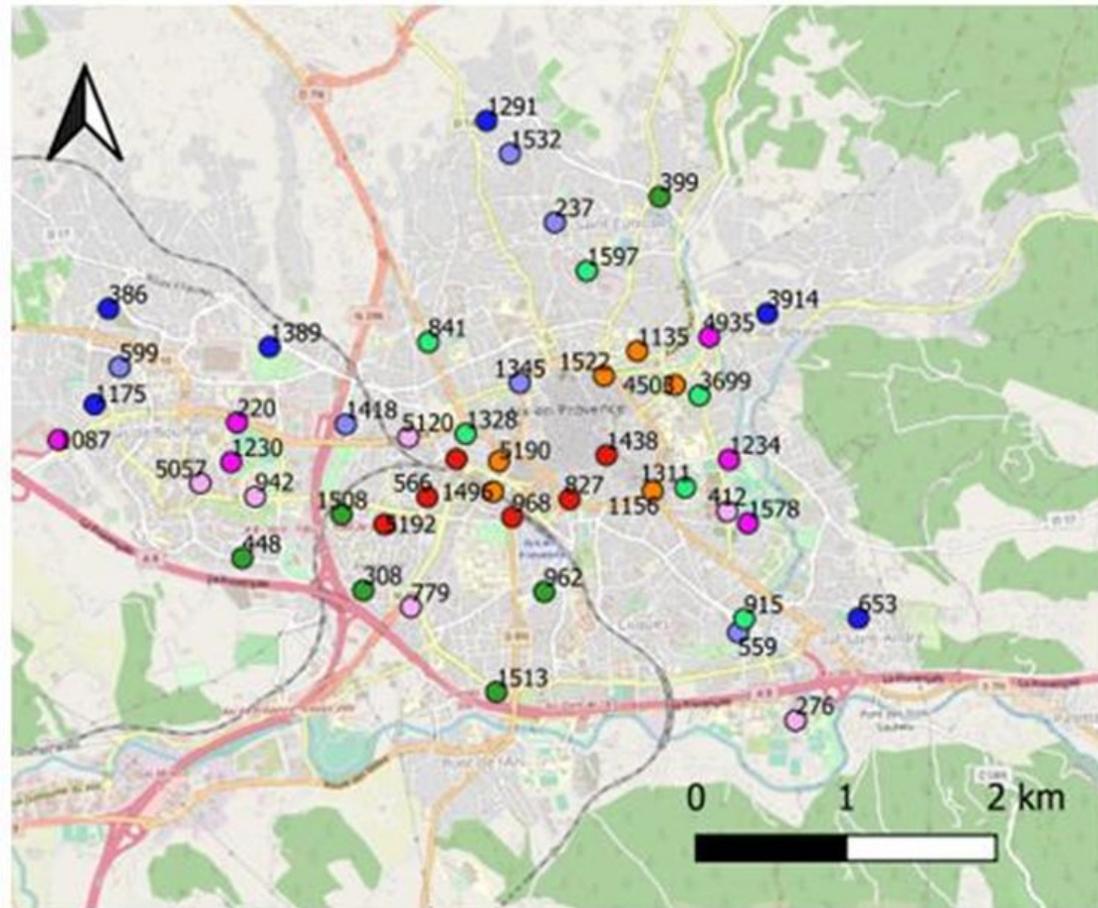
Les différents résultats associés à cette tâche 1 contribuent **ainsi au développement d'un outil d'aide à la décision innovant** en matière de priorisation de démarches de renaturation.

Celui-ci a d'ores et déjà été mis à la disposition des partenaires de la ville d'Aix-en-Provence afin d'accompagner la mise en oeuvre de sa politique de végétalisation.

Schéma organisationnel de projet Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence (BioReV-Aix)



3. État d'avancement Tâche 2 : Relevés et analyses écologiques



Légende :

- Continu_Peu
 - Continu_Vege
 - Discontin_Peu
 - Discontin_Vege
 - Composite_Peu
 - Composite_Vege
 - Pavillonnaire_Peu
 - Pavillonnaire_Vege
- OpenStreetMap

Méthode

La flore vasculaire des pieds d'arbres :

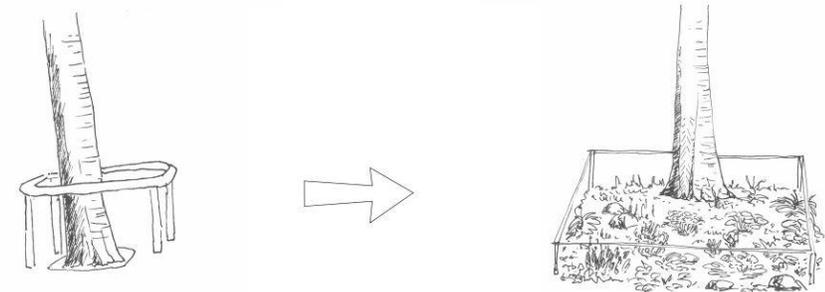
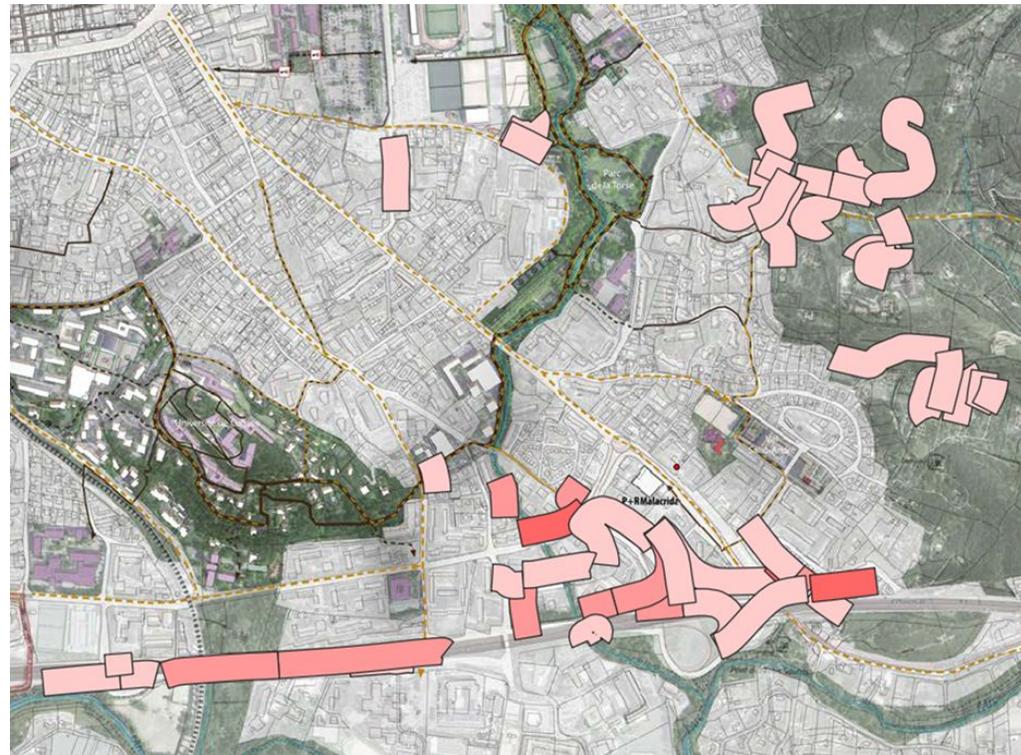
- 480 pieds d'arbres étudiés l'année 1.
- 10 pieds d'arbres par tronçon de rue.
- Relevés de la composition et du recouvrement spécifiques.
- 2 passages (mars à mai 2021).

Répartition des rues échantillonnées l'année 1. Continu : tissus d'habitats collectifs continus ; Discontin : tissus d'habitats collectifs discontinus ; Composite : tissus composites ; Pavillonnaire : tissus d'habitats pavillonnaires ; Peu : quartiers peu végétalisés ; Vege : quartiers très végétalisés

Premiers résultats :

- D'un point de vue quantitatif, l'étude confirme l'importance du pied d'arbre pour le développement de la flore en ville. En effet, **137 taxons ont été identifiés et parmi eux 30% ont une origine biogéographique méditerranéenne. Cette richesse spécifique apparait comme supérieure à celle relevée dans d'autres villes sur le même habitat et le micro-habitat pied d'arbre se révèle comme l'un des plus riches dans une rue** (comparaison avec données issues du programmes Sauvages de PACA, Aix-en-Provence).
- **D'un point de vue qualitatif, la composition floristique des pieds d'arbres apparait relativement diversifiée.** Une majorité d'espèces peu fréquentes apporte de la dissimilarité dans les communautés végétales, même si un cortège d'espèces très fréquentes témoignent d'une certaine homogénéisation biotique
- **La majorité des traits biologiques des espèces sont ceux classiquement rencontrés en ville.**

4. Perspectives Tâche 3 : Morphologie urbaine



4. Perspectives Tâche 4 : Modes de gestion

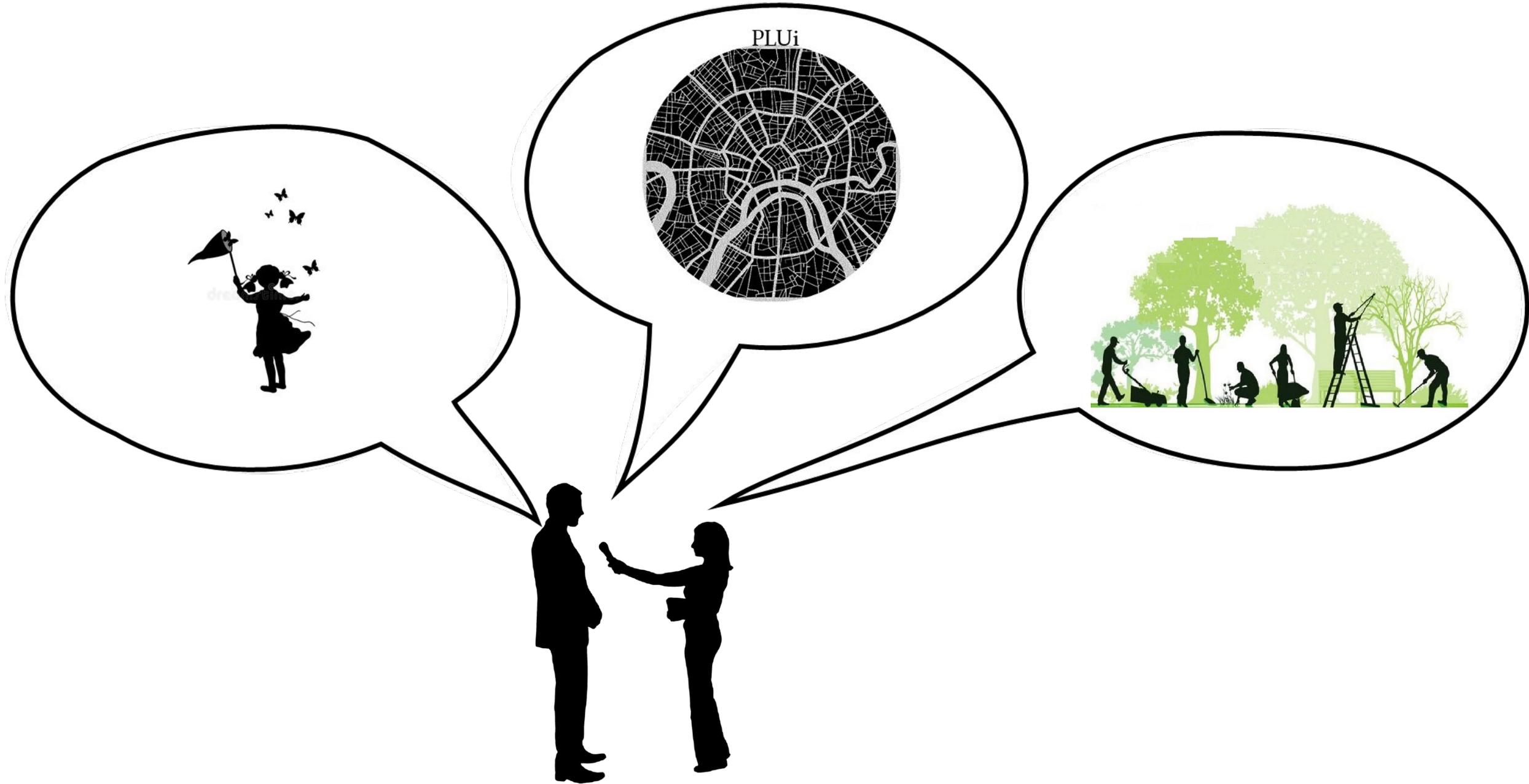
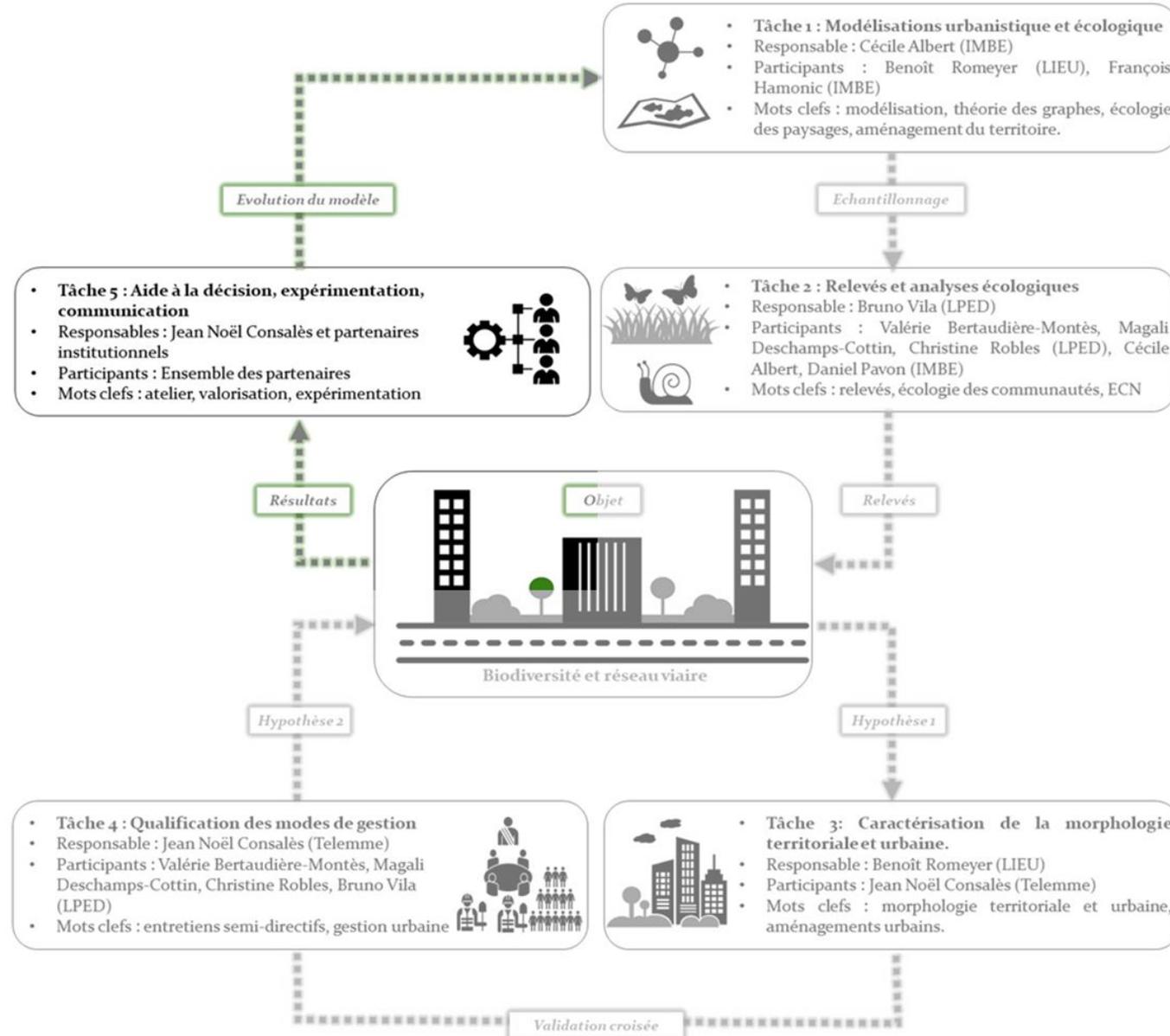
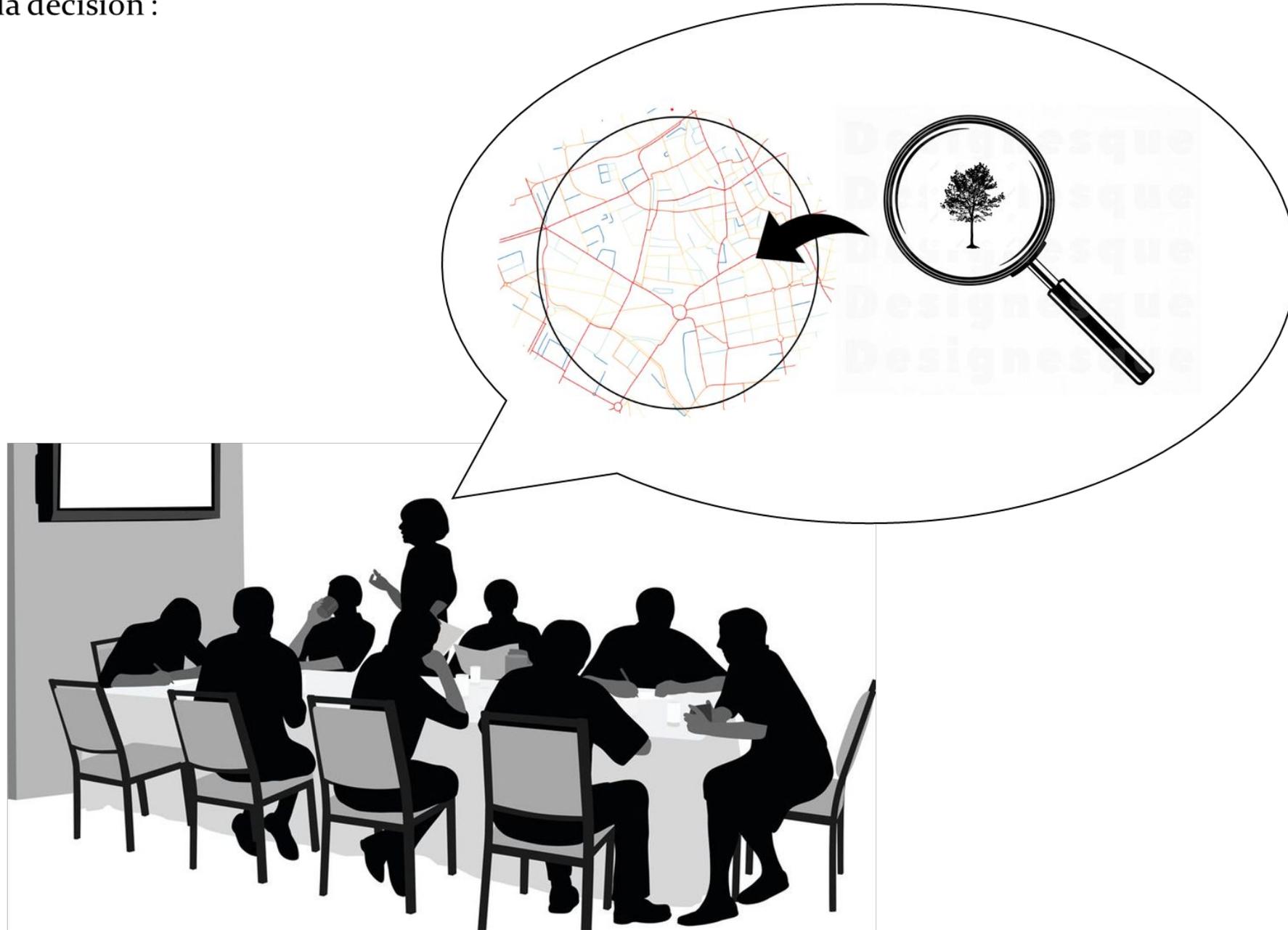


Schéma organisationnel de projet Biodiversité et Réseau Viaire à Aix-en-Provence (BioReV-Aix)

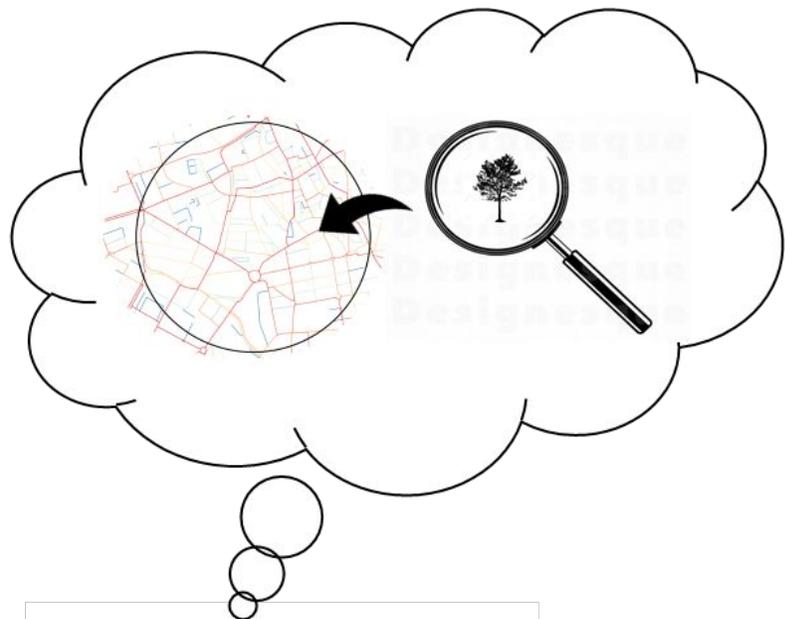


5. Perspectives Tâche 5 : partenariat

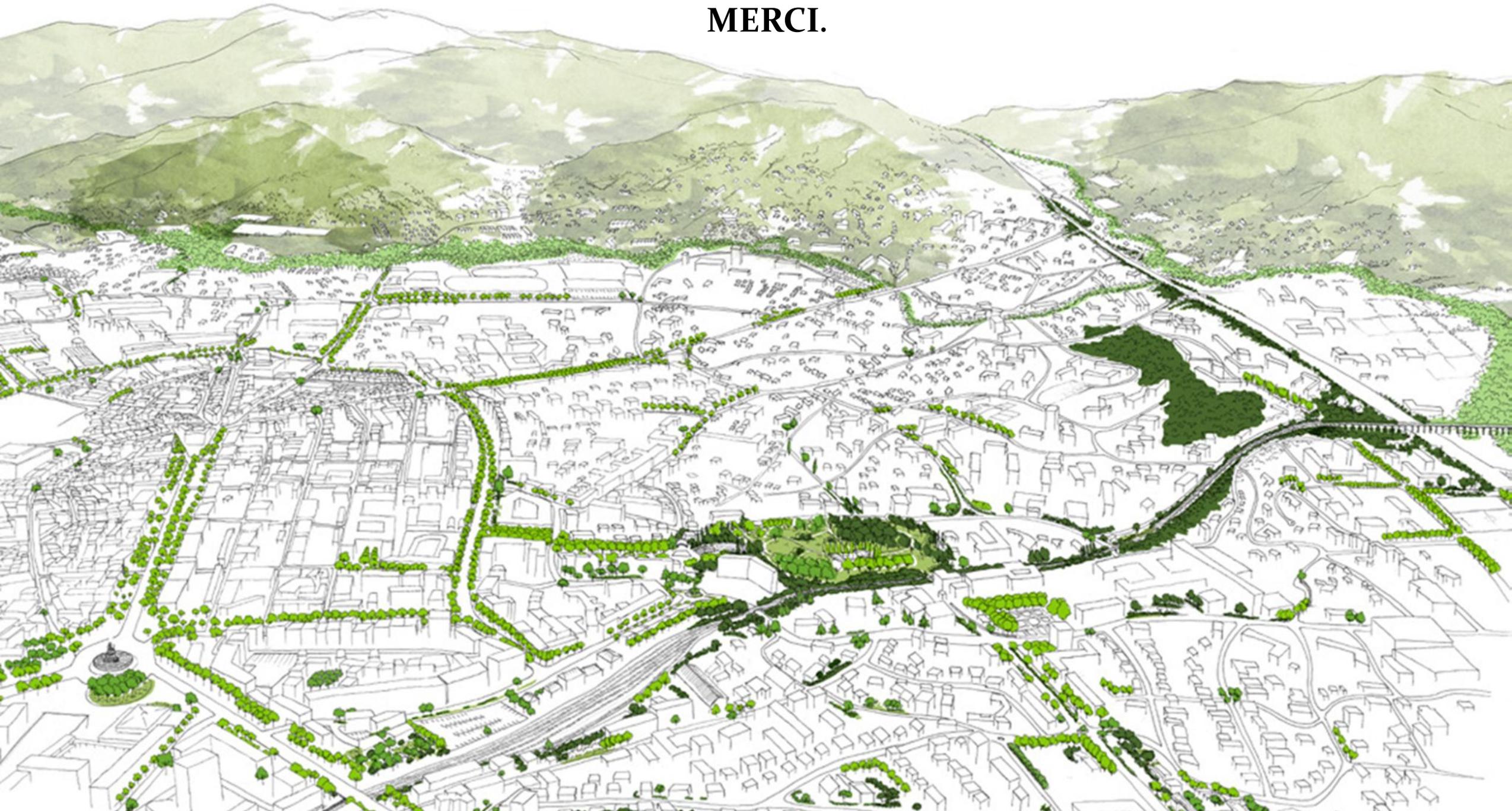
Aide à la décision :



Expérimentation :



MERCI.



Pour répondre à quelques questions

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Construction d'un objet d'études : du réseau viaire au "tronçon"



L'approche proposée ici s'appuie sur la couche "Route nommée" proposée par la base de données BD TOPO développée par l'IGN, sur laquelle une série de modifications est opérée :

1 Soustraction des voies d'importance "1" (autoroutes) et "6" (sentiers, pistes cyclables...) dont les caractéristiques morphologiques ne répondent pas à la définition classique de la rue comme "voie de circulation bordée de bâtiments".

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Construction d'un objet d'études : du réseau viaire au "tronçon"



L'approche proposée ici s'appuie sur la couche "Route nommée" proposée par la base de données BD TOPO développée par l'IGN, sur laquelle une série de modifications est opérée :

② Découpage des voies au niveau de chaque intersection (nœud) avec un buffer de 4m. Ceci afin de générer des sous-segments de rue à la fois bien différenciés et comparables.

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Une définition du « tronçon » comme unité morphologique de référence



L'approche proposée ici s'appuie sur la couche "Route nommée" proposée par la base de données BD TOPO développée par l'IGN, sur laquelle une série de modifications est opérée :

③ Suppression de tous les tronçons inférieurs à 30 m. Ce seuil nous est apparu pertinent pour permettre l'élimination d'un maximum de segments jugés non-représentatifs (reliquats de rond-points...),

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

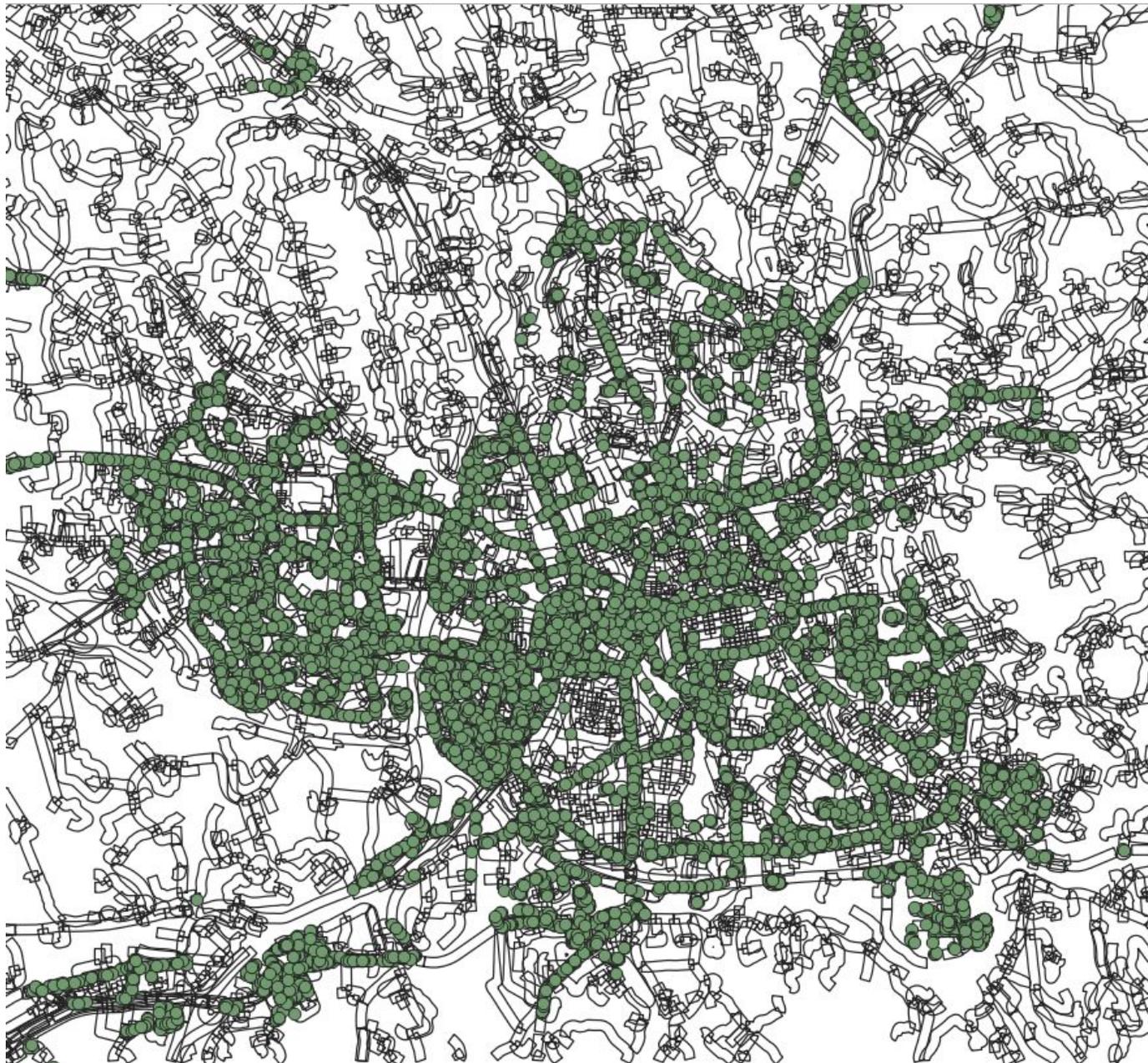
Une définition du « tronçon » comme unité morphologique de référence



L'approche proposée ici s'appuie sur la couche "Route nommée" proposée par la base de données BD TOPO développée par l'IGN, sur laquelle une série de modifications est opérée :

- ④ Application d'un buffer à plat de 30m de part et d'autre des segments de rues, donnant lieu aux "tranches" finaux.

Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois



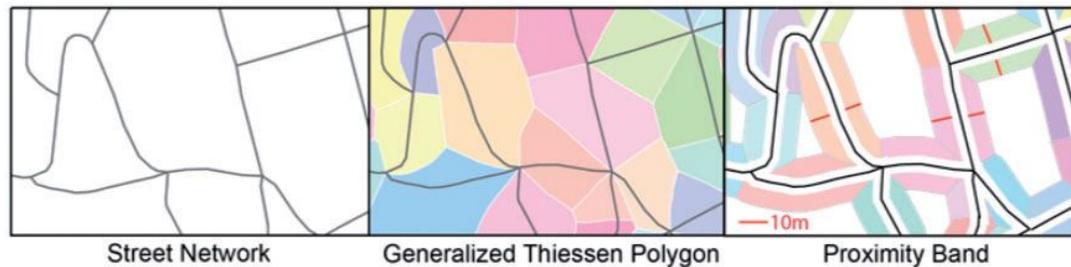
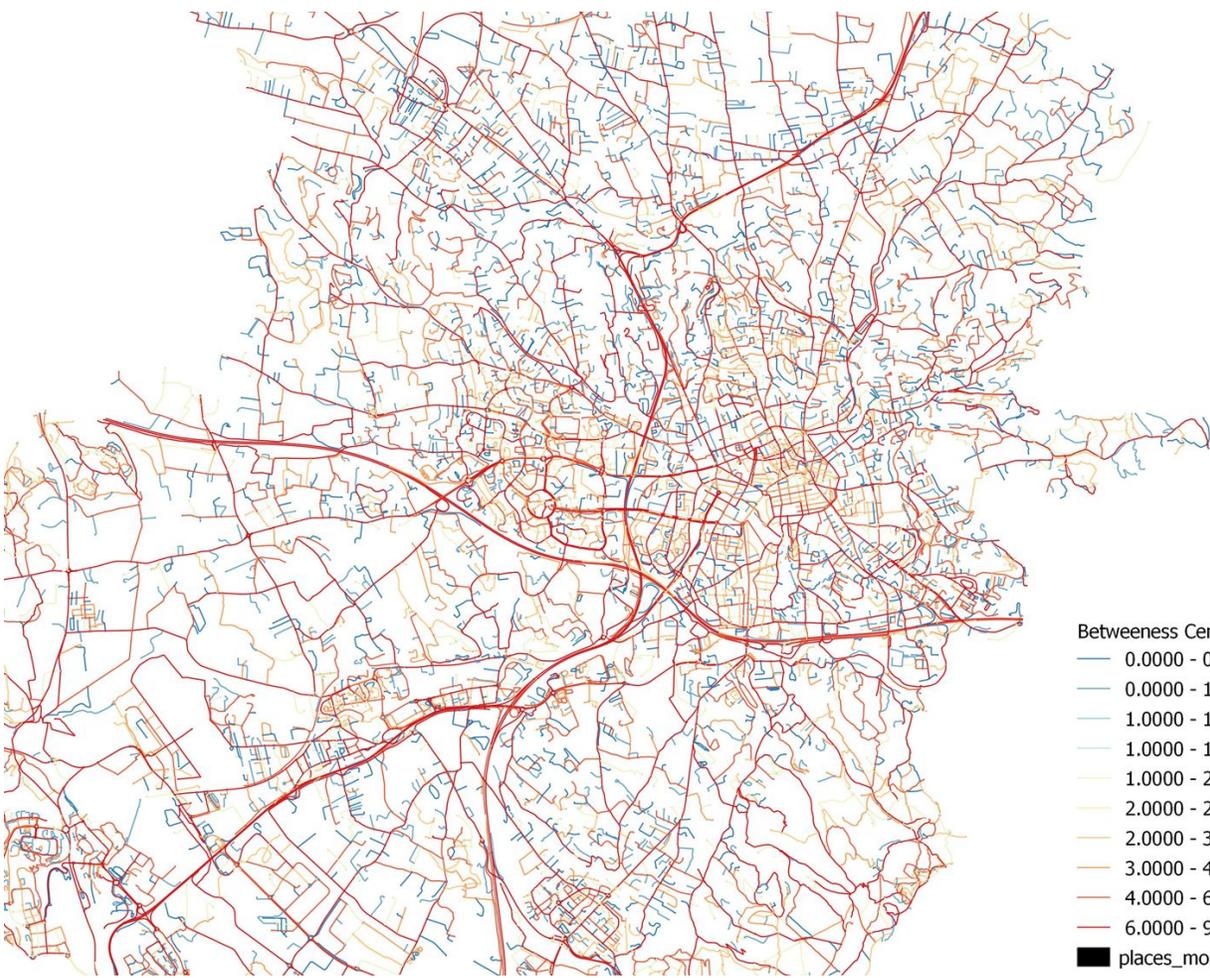
Une analyse écologique appuyée par deux bases de données :

- base canopée urbaine (raster) développées par Kermap (<https://www.nosvillesvertes.fr/>), qui cartographient le patrimoine arboré (végétation > 1.50 m de hauteur) à une résolution de 20 cm x 20 cm sur la base de photographie aérienne,
- base FREDON de la Ville d'Aix-en-Provence qui caractérise les arbres gérés par la municipalité sur le domaine public.



Sous- tâche 1.1 Analyse croisée, écologique et urbanistique, du réseau viaire aixois

Construction d'un objet d'études : du réseau viaire au "tronçon"



Analyse par graphe du réseau viaire d'Aix-en-Provence faisant ressortir ses segments les plus centraux.