

MARCHÉ DE SERVICE EN DEUX LOTS :

- LOT N°1 : ÉTUDES CARTOGRAPHIQUES DE LA CANOPÉE D'ARBRES, DE SITES
POTENTIELS DE PLANTATION D'ARBRES ET DES ÎLOTS DE CHALEURS URBAINS ET ÉTUDE DES
SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DE RÉGULATION RENDUS PAR LES ARBRES URBAINS

- LOT N° 2 : COMMUNICATION RELATIVE AUX RÉSULTATS ET PLANS D'ACTION ET

STRATÉGIE D'IMPLICATION CITOYENNE

PROCÉDURE NÉGOCIÉE SANS PUBLICATION PRÉALABLE

CAHIER SPÉCIAL DES CHARGES GEP/2020-560/E.

Tranche 1

Rapport de réalisation des tâches 2.3 et 2.4 : Caractérisation de la canopée d'arbres et des sites potentiels de plantation d'arbres

Tables des matières

1. TRANCHE 1 – TÂCHE 2.3 CARACTÉRISATION DE LA CANOPÉE D'ARBRES	4
1.1. PRÉAMBULE	4
1.2. CARTOGRAPHIE DE LA CANOPÉE D'ARBRES	4
1.2.1. CANOPÉE D'ARBRES RASTER	4
1.2.2. CANOPÉE D'ARBRES VECTEUR	4
1.2.3. MÉTADONNÉES	6
1.2.4. LIMITATIONS, CAS PARTICULIERS ET SOLUTIONS MISES EN ŒUVRE	7
1.2.5. BRÈVE SUR LA MÉTHODE DE PRODUCTION	8
1.2.6. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION	8
1.3. ANALYSE DE LA CANOPÉE D'ARBRES	10
1.3.1. VALIDATION	10
1.3.2. ANALYSE SPATIALE	11
2. TRANCHE 1 – TÂCHE PRÉLIMINAIRE AU CALCUL DES SURFACES DISPONIBLES	17
3. TRANCHE 1 – TÂCHE 2.4.1. STRATE HERBACÉE	17
3.1. CARTOGRAPHIE DE LA STRATE HERBACÉE	17
3.1.1. STRATE HERBACÉE RASTER	18
3.1.2. STRATE HERBACÉE VECTEUR	18
3.1.3. LIMITATIONS, CAS PARTICULIERS ET SOLUTIONS MISES EN ŒUVRE	18
3.1.4. BRÈVE SUR LA MÉTHODE DE PRODUCTION	19
3.1.5. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION	19
3.2. ANALYSE DE LA STRATE HERBACÉE	19
3.2.1. VALIDATION	19
3.2.2. ANALYSE SPATIALE	20
3.3. ANALYSE DE LA STRATE HERBACÉE DISPONIBLE	25
4. TRANCHE 1 – TÂCHE 2.4.2. STRATE ARTIFICIALISÉE DISPONIBLE	28
4.1. PRODUCTION DE LA STRATE ARTIFICIALISÉE	28
4.1.1. STRATE ARTIFICIALISÉE RASTER	28
4.1.2. STRATE ARTIFICIALISÉE VECTEUR	28
4.1.3. LIMITATIONS, CAS PARTICULIERS ET SOLUTIONS MISES EN ŒUVRE	28
4.1.4. BRÈVE SUR LA MÉTHODE DE PRODUCTION	28
4.1.5. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION	29
4.2. ANALYSE DE LA STRATE ARTIFICIALISÉE	29
4.2.1. ANALYSE SPATIALE	29
5. TRANCHE 1 – TÂCHE 2.4.3. TRONÇONS SANS ARBRES	32
5.1. PRODUCTION DES TRONÇONS PRIORITAIRES	32

5.1.1. TRONÇONS SANS ARBRES EN VECTEUR	32
5.1.2. LIMITATIONS, CAS PARTICULIERS ET SOLUTIONS MISES EN ŒUVRE	32
5.1.3. BRÈVE SUR LA MÉTHODE DE PRODUCTION	33
5.1.5. PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION	33
5.2. ANALYSE DES TRONÇONS SANS ARBRES	33
5.2.1. ANALYSE SPATIALE	34
6. <u>TRANCHE 1 – TÂCHE 2.4. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES RÉSULTATS</u>	37

1. Tranche 1 – Tâche 2.3 Caractérisation de la canopée d'arbres

1.1. Préambule

Le présent chapitre détaille les livrables produits dans le cadre de la réalisation de la tâche « 2.3. Caractérisation de la canopée d'arbres » de la tranche 1. Cette tâche est subdivisée en deux sous-tâches aux objectifs suivants :

- La tâche « 2.3.1. Détermination de la canopée d'arbres » vise à la cartographie de la canopée d'arbres non-subdivisée (l'objectif n'est pas d'isoler chaque plant) sur l'ensemble du territoire communal de la ville de Liège (avec zone tampon de 50 m) selon les critères suivants :
 - Hauteur d'arbres/arbustes/haies supérieure ou égale à 3 m ;
 - Une MMU de 4 m² ;
 - Incluant l'ensemble du patrimoine arboré repris à l'inventaire, et ce même si les deux critères précédents ne sont pas remplis.
- La tâche « 2.3.2. Analyse de la canopée d'arbres » vise à la mesure de l'indice de canopée et de la superficie de la strate arborée pour chaque entité du territoire communal (32 quartiers), ventilée selon la division entre espaces public et privé.

Ce chapitre se structure en deux parties faisant suite au préambule et relatives aux deux sous-tâches mentionnées ci-dessus. La partie 1.2 est composée de six sous-sections concernant les deux livrables produits raster et vecteur, les métadonnées relatives aux deux produits livrables, les limitations principales identifiées ainsi qu'une brève description de la méthode de production. La partie 1.3 présente les résultats en deux sous-sections : validation et analyse spatiale.

1.2. Cartographie de la canopée d'arbres

1.2.1. Canopée d'arbres raster

Le fichier « *CanopeeLiege_Raster_L72.tif* » reprend la cartographie raster au format « .tif » de la canopée d'arbres dans le système de projection Lambert belge 72. Le fichier « *CanopeeLiege_Raster_L08.tif* » reprend ce même résultat dans le système de projection Lambert belge 2008.

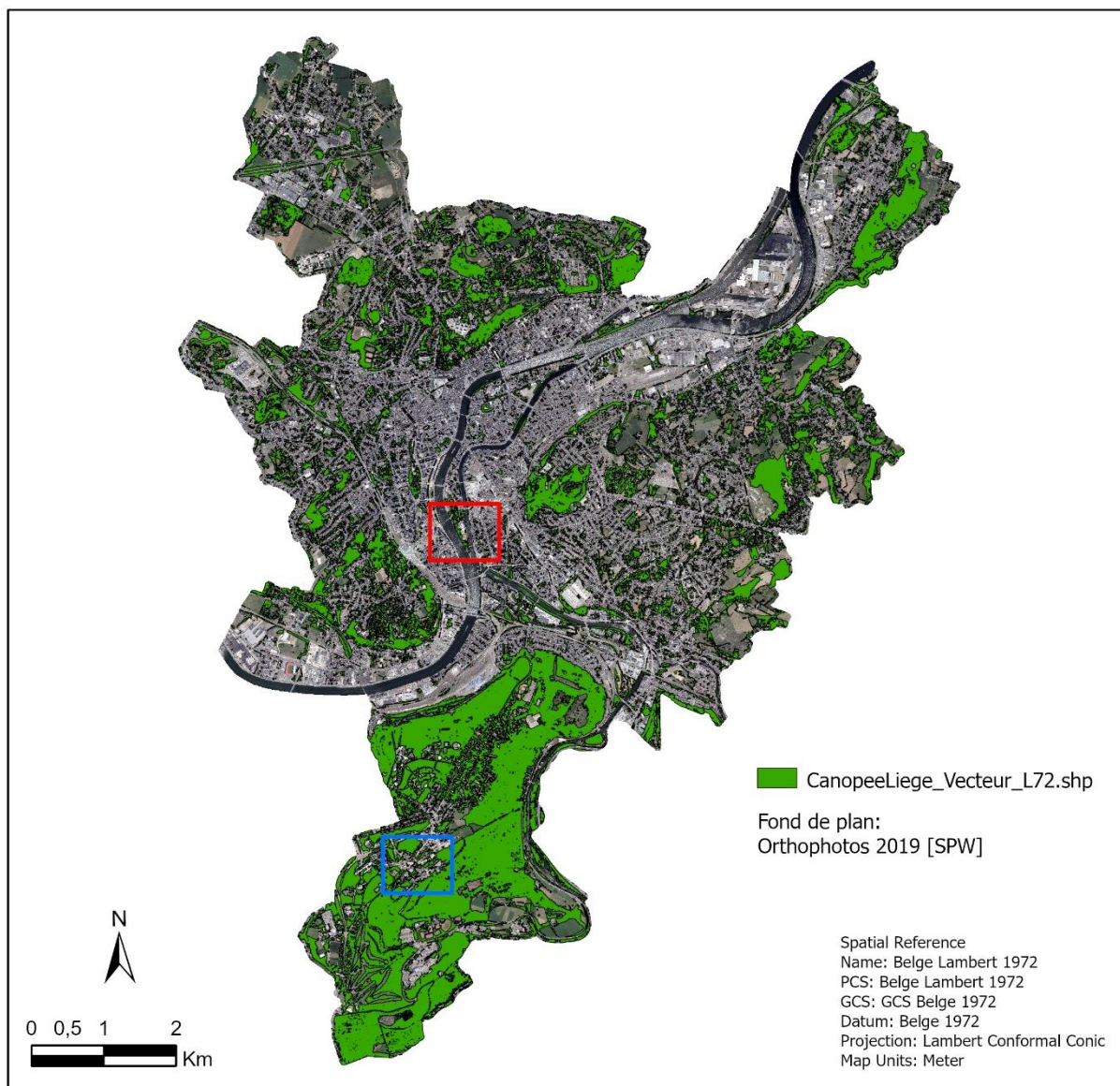
Ces deux fichiers représentent le masque de la végétation arborée à une résolution spatiale de 25 cm.

1.2.2. Canopée d'arbres vecteur

Le fichier « *CanopeeLiege_Vecteur_L72.shp* » reprend la cartographie vectorielle au format shapefile de la canopée d'arbres dans le système de projection Lambert belge 72. Le fichier « *CanopeeLiege_Vecteur_L08.shp* » reprend ce même résultat dans le système de projection Lambert belge 2008.

Ces fichiers correspondent à une vectorisation lissée du fichier raster à 25 cm.

La figure 1 présente ce résultat sur l'étendue complète de la ville de Liège (étendue d'une zone tampon de 50 m) et sur deux zooms : Sart-Tilman et Parc de la Boverie.



Zoom Sart-Tilman



Zoom Boverie



Figure 1 – Cartographie de la canopée d'arbres format vectoriel (polygone shapefile) sur la Ville de Liège et sur deux zooms : Sart-Tilman et Parc de la Boverie.

1.2.3. Métadonnées

Tableau 1 - Fiche de métadonnées de la donnée canopée d'arbres.

Fiche de métadonnées	
Titre	Canopée d'arbres de la Ville de Liège 2019
Type de ressources	Couche de données
Type de représentation spatiale	Raster 25 cm et vectoriel lissé (polygone)
Description	Masque de la canopée d'arbres de la Ville de Liège représentant la situation de l'année 2019 créé dans le cadre du CAHIER SPÉCIAL DES CHARGES GEP/2020-560/E par l'ISSEP et l'UCLouvain.
Généalogie	Les étapes principales de production sont : - Définition des spécifications techniques dans le Cahier Spécial des Charges - Collection et mise en forme des données sources - Classification automatisée dans un système d'information géographique - Consolidation manuelle par photo-interprétation - Contrôle de qualité - Publication
Date de création	08/01/2021
Système de coordonnées	Lambert belge 72 & Lambert belge 08
Contact	ISSEP – Benjamin Beaumont b.beaumont@issep.be
Propriétaire	Ville de Liège
Ressources associées	- Orthophotos 2019 et 2018 [SPW] - Modèle Numérique de Surface 2019 [SPW] - Modèle Numérique de Terrain 2012-2014 [SPW] - Limites communales de la Ville de Liège [VDL] - Arbustum de la Ville de Liège, situation au 27/11/2020 [VDL] - Projet Informatique de Cartographie Continue 2019 [SPW] - Parcellaire cadastral 2019, parcelles cadastrées appartenant à un propriétaire public et espaces non-cadastrés [VDL] - Découpage par Quartier INS [VDL] - Cartographie de l'occupation du sol 2018 WALOUS – WAL_OCS_2018 [SPW]
Mots clés	Canopée, végétation arborée, Liège, Classification, Orthophotos, Modèle Numérique de Hauteur

1.2.4. Limitations, cas particuliers et solutions mises en œuvre

Une série de difficultés à la construction de la géodonnée canopée d'arbres au départ des données sources ont été rencontrées dans la procédure automatisée et manuelle. Le tableau 2 les reprend ainsi que les solutions mises en œuvre.

Tableau 2 - Difficultés principales et solutions mises en œuvre.

Difficultés rencontrées	Solutions mises en œuvre
Résolution spatiale / qualité du Modèle Numérique de Hauteur 2019, construit sur base de la soustraction du Modèle Numérique de Surface photogrammétrique 2019 et du Modèle Numérique de Terrain LiDAR 2012-2014 > Plusieurs modifications du relief (terrassements) et effets de bords (limites de bâtiments élevés) impactent la qualité de la classification automatique.	Consolidation manuelle par photo-interprétation des principales erreurs de commission de la classification : zones de chantier/terrassement (ex. Mont Léglia), objets en bordure de bâtiments, etc. Dilatation automatique (morphologie mathématique) des éléments détectés pour réduire les erreurs géométriques en post-traitement.
Devers lié à la prise de vue des orthophotos : le masque canopée correspond à la vision de la canopée sur les orthophotos, et non au positionnement réel de l'arbre dans son environnement. Ce dévers entraîne un impact sur la délinéation de la végétation arborée et peut mener à une légère surestimation de l'évaluation statistique (surfacique). Le dévers lié aux bâtiments hauts dissimule une partie des éléments du territoire.	Pour certains éléments de l'arbustum dissimulés, les orthophotos 2018 et « Google street view » ont été utilisés en appui à la consolidation par photo-interprétation. Une amélioration possible réside dans un forçage du modèle numérique de hauteur au sein de la méthodologie ou à l'utilisation d'un futur modèle LiDAR plus précis.
Ombrages sur les orthophotos entraînent une série d'erreurs de commission.	Consolidation manuelle par photo-interprétation.
Erreurs de géolocalisation des arbres de l'arbustum, un décalage de 1 à 10 m est généralement observé entre la coordonnée du point et l'arbre visible sur l'orthophotos	Consolidation manuelle par photo-interprétation.
Résolution spatiale des orthophotos (25 cm) > difficulté pour la détection des petits arbres de l'arbustum	Non digitalisation des éléments non-visibles / Contrôle « Google street view » dans certains cas de doute
Incomplétude de la délinéation du bâti dans le PICC	Consolidation manuelle par photo-interprétation.
Non-cohérence géométrique entre les données sources utilisées comme unités de cartographie pour l'analyse spatiale, fournies par le pouvoir adjudicateur. Les délimitations polygonales des données « limite communale de Liège », « parcelles cadastrées appartenant à un propriétaire public », « parcelles cadastrées » et « cadastre inversé avec quelques corrections » ne correspondent pas.	En commun accord avec le pouvoir adjudicateur, les différentes données ont été découpées à la limite communale. Les « trous » rémanents ont été bouchés par des règles spatiales de voisinage au sein de l'environnement SIG. Deux corrections manuelles ont été apportées pour la gestion des zones où les limites de deux quartiers se rejoignent sans atteindre la délimitation de la limite communale.

Egalement, plusieurs cas particuliers ont été traités manuellement par photo-interprétation. A savoir, pour les erreurs d'omission :

- Essences au feuillage clair et au feuillage pourpre ;
- Arbres en floraison ;
- Arbres scolytés (épicéas) ou morts.

Pour les erreurs de commission :

- Complétion de l'inventaire arbustum lorsque les critères n'avaient pas permis la classification automatique ;
- Terrasses et toitures végétalisées ;
- Massifs d'herbacées (principalement renouées) ;
- Zones en travaux/terrassement ;
- Végétation grimpante sur bâtiment.

1.2.5. Brève sur la méthode de production

L'approche de cartographie de la canopée d'arbres a été réalisée en deux étapes principales :

- (1) Une approche de classification supervisée automatisée par règles a été appliquée au territoire de la commune de Liège étendu d'une zone tampon de 50 m. Cette approche consiste tout d'abord en une série de règles exploitant les informations spectrales des orthophotos 2019, dont l'indice de végétalisation normalisé NDVI combinant les bandes spectrales du rouge et de l'infra-rouge, et l'information de hauteur extraite du modèle numérique de hauteur 2019. Des règles de consolidation par analyse du voisinage et filtrage sont ensuite réalisées, notamment pour appliquer l'unité minimale de cartographie fixée à 4 m². L'automatisation porte également sur les étapes de prétraitements des données, validation et export des produits finis ;
- (2) Une approche de consolidation manuelle par photo-interprétation (deux experts) a été réalisée pour traiter l'ensemble des difficultés et cas particuliers listés en 2.4.

La qualité de la cartographie de la canopée d'arbres a été évaluée à l'aide d'un jeu de validation de 400 points créé par une approche aléatoire stratifiée basée sur la carte WAL_OCS__2018, entièrement consolidé par photo-interprétation pour tenir compte des changements 2018 vs 2019 et des spécifications techniques différentes entre les deux produits.

L'environnement de travail pour la classification et l'analyse cartographique exploite les outils disponibles dans le logiciel ArcGIS Pro 2.6.3, licences Image Analyst, Spatial Analyst et 3D Analyst.

1.2.6. Perspectives d'amélioration

Plusieurs pistes ont été identifiées pour améliorer ces livrables dans les années à venir :

- La réalisation d'une nouvelle campagne aéroportée LiDAR par le SPW sur l'hiver 2020-2021, avec une résolution de points supérieures au vol 2012-2014, devrait permettre la construction de modèles numériques de terrain, surface et hauteur plus à jour et plus qualitatif, pour une correction des terrassements réalisés depuis la campagne précédente et une délinéation améliorée des houppiers ;
- Une piste d'amélioration réside dans l'utilisation de « true-orthos ». De telles données devraient permettre un calage précis des éléments hauts (dont arbres et bâtiments) à leur emplacement réel. Toutefois, selon nos dernières informations, le coût pour l'acquisition et le traitement de telles données ne permet pas d'envisager cette solution à court-terme ;

- Une consolidation de l'arbustum (complétion, meilleure géolocalisation, ...) faciliterait le travail d'intégration (éventuelle automatisation) des arbres hors critères ;
- L'augmentation de la résolution spectrale des données d'entrée (actuellement RGB-IR) permettrait une meilleure classification automatique de la canopée d'arbres. A ce titre, l'ISSeP réalise une veille des données disponibles et des stratégies d'acquisition de données par le SPW ;
- Outre les améliorations en termes de données, de nouveaux outils (dont le deep learning) devraient permettre d'améliorer la qualité des classifications automatisées, réduisant la quantité de consolidation manuelle par photo-interprétation actuellement nécessaire. Dans cette fin, la donnée de canopée d'arbres 2019 constitue un jeu de données d'entraînement très pertinent pour de futures mises-à-jour du produit sur Liège.

1.3. Analyse de la canopée d'arbres

La validation et l'analyse spatiale se sont basées sur le fichier « *CanopeeLiege_Raster_L72.tif* » modifié pour que les « NoData » prennent la valeur « 0 ». Une cartographie binaire 1-0 est ainsi obtenue.

Les délimitations vectorielles des quartiers et de ventilation entre les espaces public et privé ont été découpées sur l'étendue de la limite communale et corrigés géométriquement (cf. Tableau 2, section 2.4).

Le fichier vectoriel au format shapefile dans la projection Lambert belge 72 « *Statistiques_Quartiers_L72.shp* », également fourni dans la projection Lambert belge 08, reprend dans sa table attributaire l'ensemble des statistiques calculées.

1.3.1. Validation

Les résultats de la procédure de validation mettent en évidence une exactitude globale de 99,0 (overall accuracy - OA). La distribution des points échantillonnés par strate est visible au tableau 3. Cette table de données brutes ne peut cependant pas être utilisée directement car elle ne tient pas compte de la probabilité d'échantillonnage et de la répartition surfacique dans les deux strates (Autre vs Canopée). Une matrice de confusion pondérée (tableau 4) a donc été produite afin d'estimer au mieux les indices de qualité du produit.

Tableau 3 - Nombre de points échantillonnés par strate

Terrain Classification	Autre	Canopée	Total
Autre	205	2	207
Canopée	2	191	193
Total	207	193	400

Le tableau 3 montre que 4 points ont été incorrectement classés sur les 400 points. Ces 4 erreurs de classification sont géométriques, pour des points situés à l'interface entre les deux strates. Le dévers marqué observé et la résolution spatiale des données d'entrée peuvent expliquer ces erreurs. Aucune erreur thématique n'est observée (arbre non détecté ou objet erronément classé comme arbre) dans l'échantillon. Ceci ne signifie pas que la carte est parfaite, mais indique une probabilité d'erreur de détection largement inférieure au pourcent.

Tableau 4 - Matrice de confusion pondérée de la classification de la canopée d'arbres.

Classification	Autre	Canopée	User_Accuracy
Autre	271,8	2,7	99,0
Canopée	1,3	124,3	99,0
Producer_Accuracy	99,5	97,9	OA = 99,0

La matrice de confusion met en évidence une très légère sous-estimation de la superficie de la strate arborée sur le territoire communal (les houppiers d'arbres détectés sont plus souvent trop petits que trop grands).

Les résultats cartographiques peuvent être utilisés conjointement avec la matrice de confusion pour affiner les estimations de surface à l'échelle communale. Les taux d'erreurs estimés à partir de la matrice de confusion sont utilisés pour ajuster la superficie de la strate arborée et l'IC global

(Commune de Liège)¹. Cet ajustement augmente légèrement (+1,07%) la valeur estimée de la superficie de canopée d'arbres sur le territoire communal, et par conséquent l'indice de canopée global, étant donné qu'il permet de compenser la légère sous-estimation observée lors de la validation. Cette sous-estimation ne peut pas être corrigée de manière systématique dans la géodonnée car elle correspond (en surface) à moins d'un pixel d'erreur (expand inférieur à un 1 pixel autour de tous les pixels canopée). Les IC par quartier seront donc communiqués à partir de la géodonnée raster afin de faciliter la comparaison avec des études ultérieures.

1.3.2. Analyse spatiale

Le territoire communal de la ville de Liège (superficie de 6865,8 ha) se divise en 51,1% d'espaces publics (domaine public non cadastré et parcelles publiques) ; 3505,1 ha) et 48,9 % d'espaces privés (3360,6 ha).

La superficie de canopée d'arbres extraite de la géodonnée raster pour l'ensemble de la commune de Liège s'élève à 2 155,7 ha pour un Indice de Canopée (IC) de 31,4 %. Au regard des résultats de la matrice de confusion, ces deux statistiques globales peuvent être ajustées pour une estimation plus réaliste des superficies, tenant compte des erreurs de classification. Cet ajustement porte la superficie totale de canopée d'arbres à une estimation de 2 178,8 ha, pour un IC global estimé de 31,7%. A ce niveau communal et tenant compte de l'ajustement, 59,6 % de la canopée d'arbres se situe dans l'espace public et 40,4 % dans l'espace privé.

L'ensemble des statistiques sont reprises au tableau 5. La figure 2 illustre la répartition de l'IC [%] pour chacun des 32 quartiers.

L'analyse de ces résultats montre que :

- Concernant l'IC, la distribution de la canopée d'arbres n'est pas homogène au sein de la ville de Liège (Figure 2) :
 - Le quartier du Sart-Tilman présente l'IC le plus élevé avec 67,9 % de son espace en canopée d'arbres, dont une grande majorité (part de 86,1 %) en espace public ;
 - Plus de 25 % du territoire des quartiers de Bois-de –Breux – Fayembois, Burenville, Cointe, Glain, Houlpays – Piétresses, Laveu, Robermont, Sainte-Marguerite, Sainte-Walburge, Thier-à-Liège, Thiers – Trou souris et Wandre, majoritairement situés sur les coteaux et les hauteurs de la ville, sont caractérisés par de la canopée d'arbres ;
 - Les quartiers centraux et du bord de Meuse présentent les IC les plus bas ; Droixhe (Eco), avec un IC de 4,5 %, est de loin le quartier présentant l'IC le plus bas.
- Concernant la ventilation de la canopée d'arbres entre les espaces public et privé, 13 quartiers présentent une ventilation plus importante de la canopée d'arbres dans l'espace public que privé : Angleur – Kinkempois, Boverie, Centre, Droixhe (Eco), Guillemins – Fragnée, Kinkempois (Eco), Outremeuse, Robermont, Saint-Léonard, Sainte-Marguerite, Sart-Tilman, Vennes et Wandre. L'écart est particulièrement marqué pour les quartiers de la Boverie (part publique de 89,2 %), Kinkempois (Eco) (part publique de 93,5 %) et Sart-Tilman (part publique de 86,1 %). A l'inverse, les quartiers de Burenville (part privée de 70,5 %), Grivegnée (part privée de 73,0 %), Houlpays – Piétresses (part privée de 80,8 %), Jupille (part privée de 83,8 %), Rocourt (part privée de 71,0 %) et Thiers – Trou souris (part privée de 80,4 %) présentent

¹ L'ajustement de la superficie de la strate arborée sur le territoire communal est calculé via la formule : valeur ajustée = superficie canopée * user_accuracy_canopée (0,989637) + superficie autre * (1 – user_accuracy_autre (0,990338)).

un IC majoritairement réparti dans les espaces privés. Ces différences dans la répartition de la surface arborée entre les espaces publics et privés sont illustrées à la Figure 3 ;

- Concernant l'IC public, 13 quartiers sont caractérisés par plus de 25 % de canopée d'arbres dans l'espace public. Parmi ceux-ci, seuls le Sart-Tilman (IC_{public} 69,7%) et Wandre (IC_{public} 56,3%) dépassent les 50% d'IC_{public}. Cointe (IC_{public} 44,0%), Thier-à-Liège (IC_{public} 44,0%), Robermont (IC_{public} 41,6%) et Bois-de-Breux – Fayembois (IC_{public} 40,7%) suivent en dépassant les 40% d'IC_{public}. A l'inverse, trois quartiers dits « Eco » présentent un IC_{public} inférieur à 10% : Val-benoit (Eco) (IC_{public} 9,0%), Port (Eco) (IC_{public} 6,6%) et Droixhe (Eco) (IC_{public} 4,4%). Les trois quartiers non classés « Eco » présentant les IC_{public} les plus faibles sont Bressoux – Droixhe (IC_{public} 11,9%), Sclessin (IC_{public} 10,9%), Guillemins-Fragnée (IC_{public} 10,9%) ;
- Concernant l'IC privé, 10 quartiers sont caractérisés par plus de 25 % de canopée d'arbres dans l'espace privé. Parmi ceux-ci, seul le Sart-Tilman (IC_{privé} 58,6%) dépasse les 50% d'IC_{privé}. Port (Eco) (IC_{privé} 44,7%) et Cointe (IC_{privé} 44,5%) suivent en dépassant les 40% d'IC_{privé}. A noter, les quartiers du Sart-Tilman et de Port (Eco) sont majoritairement caractérisés par de l'espace public (ratio surface publique > 80%). Cointe est par contre majoritairement caractérisé par de l'espace privé (ratio surface publique de 35,2 %). Trois quartiers présentent un IC_{privé} inférieur à 10% : Boverie (IC_{privé} 9,9% ; quartier majoritairement caractérisé par de l'espace public), Outremeuse (IC_{privé} 7,4%) et Droixhe (Eco) (IC_{privé} 4,7%).

Tableau 5 - Tableau de synthèse de la caractérisation de la canopée d'arbres.

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	IC [%]	Part publique IC [%]	Part privée IC [%]	IC public [%]	IC privé [%]	Surf. str. Arb. [ha]	Surf. str. Arb. Publique [ha]	Surf. str. Arb. privée [ha]
Amercoeur - Longdoz	109,3	44,4	64,9	40,6	59,4	13,8	44,6	55,4	15,1	12,8	15,0	6,7	8,3
Angleur - Kinkempois	231,1	137,9	93,2	59,7	40,3	17,1	57,4	42,6	16,5	18,1	39,6	22,7	16,9
Bois-de-Breux - Fayembois	286,6	83,1	203,5	29,0	71,0	29,7	39,8	60,2	40,7	25,2	85,0	33,8	51,2
Boverie	43,2	36,3	6,9	84,0	16,0	14,7	89,2	10,8	15,6	9,9	6,4	5,7	0,7
Bressoux – Droixhe	118,1	42,3	75,8	35,8	64,2	11,7	36,4	63,6	11,9	11,6	13,9	5,0	8,8
Burenville	142,3	49,4	92,9	34,7	65,3	28,8	29,5	70,5	24,5	31,2	41,1	12,1	29,0
Centre	177,7	97,8	79,9	55,0	45,0	14,8	54,3	45,7	14,6	15,0	26,3	14,3	12,0
Chênée	211,8	64,9	146,9	30,6	69,4	20,2	34,6	65,4	22,9	19,0	42,8	14,8	28,0
Cointe	191,3	67,4	123,9	35,2	64,8	44,3	34,9	65,1	44,0	44,5	84,8	29,6	55,2
Droixhe (Eco)	127,4	85,9	41,5	67,4	32,6	4,5	65,9	34,1	4,4	4,7	5,7	3,8	1,9
Glain	115,2	38,7	76,5	33,6	66,4	26,0	41,8	58,2	32,4	22,8	30,0	12,5	17,5
Grivegnée	122,6	36,5	86,0	29,8	70,2	19,3	27,0	73,0	17,5	20,1	23,6	6,4	17,3
Guillemins - Fragnée	138,2	83,7	54,6	60,5	39,5	10,8	61,1	38,9	10,9	10,6	14,9	9,1	5,8
Houlpays - Piétresses	244,8	42,1	202,7	17,2	82,8	34,6	19,2	80,8	38,6	33,8	84,8	16,2	68,5
Jupille	130,1	26,5	103,6	20,4	79,6	22,3	16,2	83,8	17,7	23,5	29,0	4,7	24,3
Kinkempois (Eco)	96,3	89,3	7,0	92,8	7,2	19,5	93,5	6,5	19,6	17,5	18,7	17,5	1,2
Laveu	121,4	45,7	75,8	37,6	62,4	31,6	44,5	55,5	37,3	28,1	38,3	17,0	21,3
Outremeuse	104,7	63,0	41,7	60,2	39,8	11,8	75,1	24,9	14,8	7,4	12,4	9,3	3,1
Péville - Belleflamme	152,6	55,1	97,5	36,1	63,9	21,4	49,2	50,8	29,2	17,1	32,7	16,1	16,6
Port (Eco)	317,4	271,7	45,6	85,6	14,4	12,0	46,6	53,4	6,6	44,7	38,2	17,8	20,4
Robermont	153,5	82,5	71,0	53,7	46,3	33,4	66,9	33,1	41,6	23,9	51,3	34,3	17,0
Rocourt	527,4	168,8	358,5	32,0	68,0	17,9	29,0	71,0	16,2	18,7	94,5	27,4	67,1
Saint-Léonard	200,8	121,4	79,4	60,5	39,5	18,3	61,8	38,2	18,7	17,7	36,8	22,7	14,0
Sainte-Marguerite	147,3	71,7	75,6	48,7	51,3	26,2	55,4	44,6	29,8	22,8	38,6	21,3	17,2
Sainte-Walburge	295,2	126,5	168,7	42,8	57,2	34,3	49,8	50,2	39,9	30,1	101,2	50,4	50,8

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	IC [%]	Part publique IC [%]	Part privée IC [%]	IC public [%]	IC privé [%]	Surf. str. Arb. [ha]	Surf. str. Arb. Publique [ha]	Surf. str. Arb. privée [ha]
Sart-Tilman	1.192,7	1.000,9	191,8	83,9	16,1	67,9	86,1	13,9	69,7	58,6	810,2	697,7	112,4
Sclessin	184,2	76,1	108,1	41,3	58,7	11,4	39,5	60,5	10,9	11,8	21,0	8,3	12,7
Thier-à-Liège	313,7	135,0	178,7	43,0	57,0	41,5	45,7	54,3	44,0	39,6	130,1	59,4	70,7
Thiers - Trou souris	206,7	41,0	165,7	19,8	80,2	28,1	19,6	80,4	27,8	28,2	58,1	11,4	46,7
Val-Benoit (Eco)	94,4	54,6	39,7	57,9	42,1	14,4	36,3	63,7	9,0	21,8	13,6	4,9	8,6
Vennes	92,3	44,2	48,1	47,9	52,1	16,5	55,7	44,3	19,2	14,1	15,3	8,5	6,8
Wandre	275,5	120,8	154,7	43,8	56,2	37,0	66,8	33,2	56,3	21,9	101,8	68,0	33,8
Liège - Ensemble des quartiers													
Sans ajustement	6.865,8	3.505,1	3.360,6	51,1	48,9	31,4	59,8	40,2	36,8	25,8	2.155,7	1.289,8	865,9
Ajusté par la matrice de confusion	6.865,8	3.505,1	3.360,6	51,1	48,9	31,7	59,6	40,4	37,0	26,2	2.178,9	1.297,8	881,0

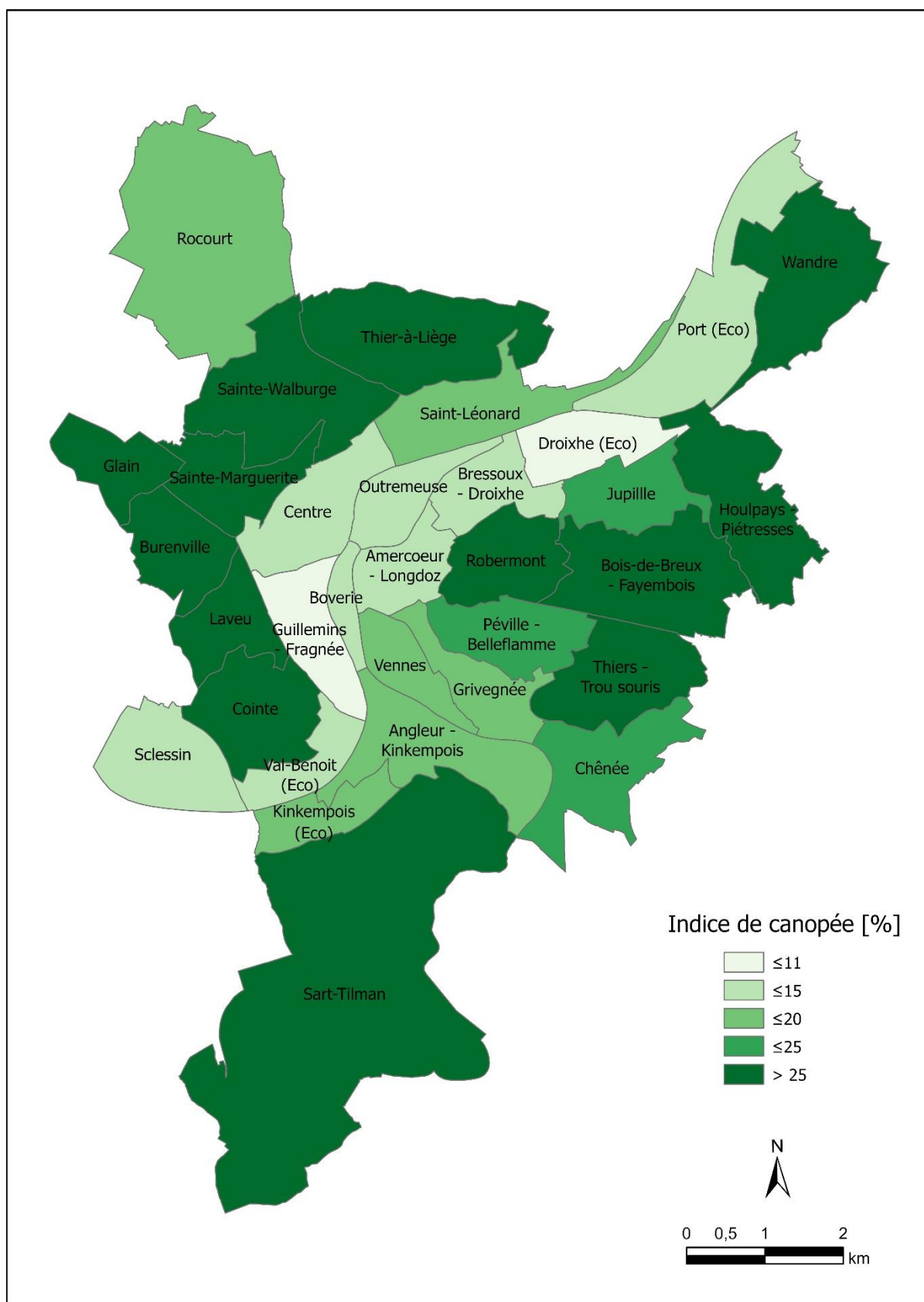


Figure 2 - Analyse spatiale de l'indice de canopée (IC) par quartier.

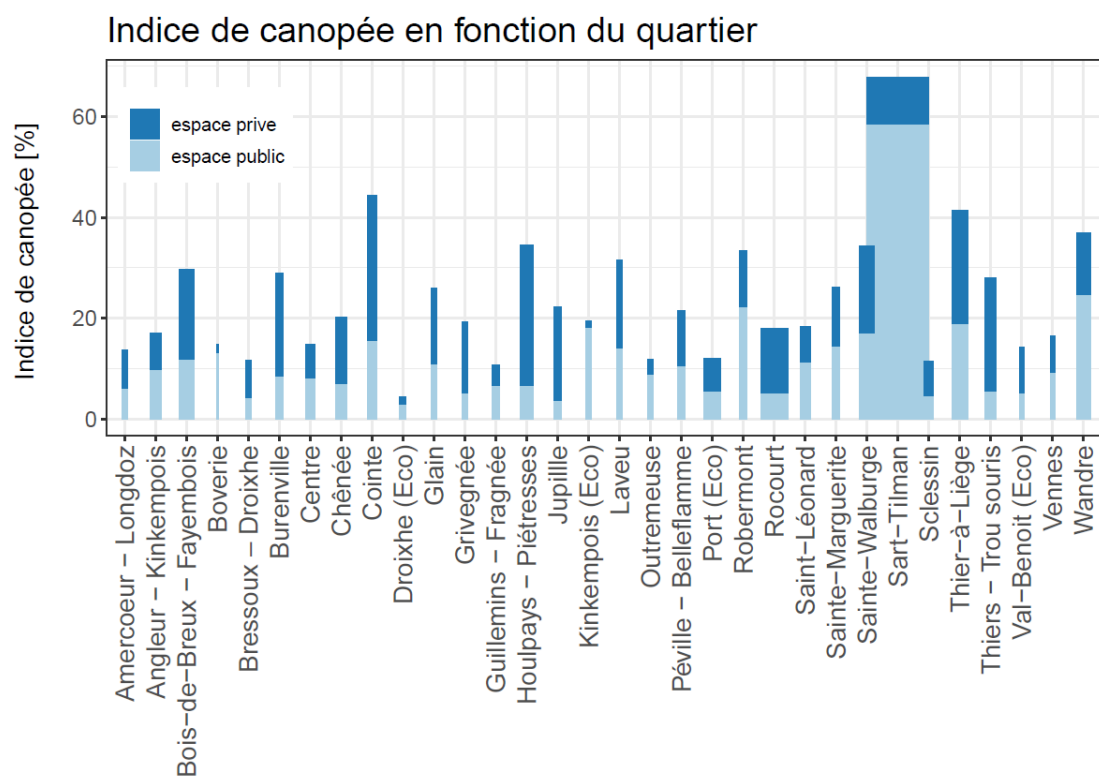


Figure 3 - Répartition de l'IC par quartier et distinction entre les parts publiques et privées de celui-ci. La largeur des bâtonnets est relative à la surface totale du quartier.

2. Tranche 1 – Tâche préliminaire au calcul des surfaces disponibles

Bien que la plantation d'arbre reste techniquement possible là où la couverture du sol le permet, plusieurs contraintes empêchent l'utilisation de ce potentiel à court, moyen ou long terme. Ces contraintes sont liées soit à des conflits d'utilisation du sol (terrains de sport, terres agricoles), soit à des raisons de sécurité (chemin de fer, impétrants...). Les surfaces minimales disponibles sans arbitrage spécifique ont donc été recalculées sur base des contraintes ci-dessous. Chaque contrainte est associée à un code fourni dans la table d'attribut de la donnée vectorielle afin d'en faciliter le tri :

- Distance minimale de 8 m aux rails de chemin de fer (code 1).
- Distance minimale de 5 m au réseau Air Liquide (code 2)
- Distance minimale de 4 m au réseau ELIA (code 3)
- Distance minimale de 5 m au réseau Fluxys (code 4)
- Distance minimale de 15 m aux sites de l'OTAN (code 5)
- Zones agricoles (code 6)
- Terrains de sport (code 7)

Plusieurs contraintes pouvant être présentes à un même endroit, le champs « *Code* » présent dans les couches vectorielles contient tous les chiffres des contraintes passant sur un polygone. Les chiffres sont toujours disposés de la même manière avec le numéro 1 à l'emplacement des millions et le 7 à celui des unités. Les emplacement vides sont remplacés par des 0, ainsi un polygone distant de moins de 8 mètres d'un chemin de fer (code 1) porte le code 1.000.000. Une surface où toutes les contraintes seraient présentes porterait le code 1.234.567. Dans les faits, le plus grand code est 1.234.000 correspondant à la superposition de quatre contraintes : chemin de fer (1), oxyducs (2), ELIA (3) et Fluxys (4).

Si la Ville de Liège devait manipuler les données de contraintes lors de la mise en œuvre du plan Canopée, d'autres colonnes permettent de manier les différentes contraintes plus facilement qu'avec le code, celui-ci étant surtout destiné à une lecture rapide par un humain. Ainsi la couche « *Strate_herbacee_Vecteur_L72.shp* » possède une colonne « *FID_contra* » qui, si elle est négative, signifie qu'aucune contrainte n'est présente à cet endroit. Ensuite, plusieurs champs « *FID_* » suivi du nom de la contrainte montrent si chaque contrainte individuelle est présente (0) ou absente (-1). Les colonnes « *TYPE_* » sont liées à la colonne « *FID_* » à leur gauche. Si la colonne « *FID_* » n'est pas négative alors la colonne « *TYPE_* » à sa droite prend le numéro de la contrainte présente à cet endroit. Par exemple, si la colonne « *FID_Oxyduc* » est égale à 0 (la contrainte est présente à cet endroit), alors la colonne « *TYPE_* » à sa droite (« *TYPE_12_13* ») contient le nombre correspondant à son numéro de contrainte (le 2). Ces colonnes ont donc vocation à faciliter la potentielle manipulation des données.

Les rails, les limites des terrains de sport et les limites des zones agricoles proviennent de la carte d'utilisation du sol Walous 2018. Cette donnée, issue de la compilation des données existantes, est la source de donnée la plus à jour sur le territoire.

Les autres couches de données ont été fournies par la Ville de Liège.

3. Tranche 1 – Tâche 2.4.1. Strate herbacée

3.1. Cartographie de la strate herbacée

Dans un premier temps, l'ensemble des zones de la strate dite « herbacée », qui comprend à la fois les zones de végétation basse et les sols nus sans revêtement artificiel, a été cartographiée par télédétection.

3.1.1. Strate herbacée raster

Le fichier « *Strate_herbacee_Raster_L72.tif* » reprend la cartographie raster au format « .tif » de la strate herbacée dans le système de projection Lambert belge 72.

3.1.2. Strate herbacée vecteur

Le fichier « *Strate_herbacee_Vecteur_L72.shp* » reprend la cartographie vectorielle au format shapefile de la strate herbacée dans le système de projection Lambert belge 72. Ce fichier correspond à une vectorisation lissée du fichier raster à 25 cm.

3.1.3. Limitations, cas particuliers et solutions mises en œuvre

De nombreux problèmes rendent difficile la caractérisation de la strate herbacée de manière automatique. Le tableau 3 les reprend ainsi que les solutions mises en œuvre.

Tableau 6 – Difficultés principales et solutions mises en œuvre

Difficultés rencontrées	Solutions mises en œuvre
L'ombrage sur les orthophotos réduit la qualité du signal et y rend parfois la classification impossible.	Remplacement des zones d'intensité très faible, susceptibles d'être à l'ombre en 2019, par la valeur de la classification en 2018 et 2020 si, à ces dates, l'intensité est suffisante, donc n'est pas à l'ombre. Ceci introduit des erreurs temporelles qui ont été corrigées manuellement. Par ailleurs, la base de données PICC 2019 et à la carte WALOUS ont été utilisées pour la consolidation automatique. Cela permet d'éliminer les ombres sur les grandes zones bétonnées (routes, parkings) ainsi que les ombres sur les bâtiments (généralement dues aux toits pentus).
Il est difficile de faire la distinction entre les sols nus à répertorier (friches et zones agricole) et celles à ne pas répertorier (terrassement).	Grâce aux orthophotos de 2018 et 2020, classées sur base du NDVI, les zones classées en végétation en 2018 et 2020 sont ajoutées à la strate herbacée en 2019. L'hypothèse étant faite qu'il s'agissait, en 2019, d'une période de sol nu temporaire. Consolidation manuelle par photo-interprétation des principales erreurs d'omissions de la classification : zones de chantier/terrassement.
Certains champs sont nus sur les orthophotos 2019 à cause d'un labour récent.	Ajout des parcelles répertoriées comme « champ » sur le SIGEC 2019. Consolidation manuelle par photo-interprétation.
Le dévers des arbres fait que leur position n'est pas exacte car les orthophotos de la Région wallonne ne sont pas de « vrais orthos ». Ces zones n'étant pas reprises dans la couche de canopée, ceci a mené à la création d'un liseré de végétation « fantôme » autour des arbres.	Suppression de toutes les fines bandes de végétation dans un tampon autour des arbres (morphologie mathématique).

3.1.4. Brève sur la méthode de production

L'approche de cartographie de la strate herbacée a été réalisée en deux étapes principales :

- (1) Une approche de classification automatique par seuillage a été appliquée au territoire de la commune de Liège. D'abord les informations spectrales des orthophotos 2018, 2019 et 2020 ont été classées selon un seuil de NDVI. Ensuite une série de règles a été appliquée pour affiner la classification de l'image de 2019 en utilisant les images 2018 et 2020 ainsi que les données PICC, SIGEC et WALOUS. Un filtrage est ensuite réalisé, notamment pour appliquer l'unité minimale de cartographie fixée à 9 m² ;
- (2) Une approche de consolidation manuelle par photo-interprétation a été réalisée pour traiter les omissions sur sol nu.

La qualité de la cartographie de la strate herbacée a été évaluée à l'aide d'un jeu de validation de 600 points créés par un échantillonnage aléatoire simple indépendant de la construction du jeu de données. Ces points ont été entièrement étiquetés par photo-interprétation et un second opérateur les a contrôlés.

L'environnement de travail pour la classification et l'analyse cartographique exploite les outils disponibles dans le logiciel ArcMap 10.8, licence Spatial Analyst, ainsi que le logiciel Orfeo Toolbox.

3.1.5. Perspectives d'amélioration

Plusieurs pistes ont été identifiées pour améliorer ce livrable dans les années à venir :

- Choisir une classification plus discriminante entre la végétation basse et le reste. Ici les données d'entraînement ont été déterminées par interprétation visuelle. Il est possible qu'un seuil de classification plus discriminant puisse être trouvé en testant plusieurs valeurs seuils et en testant de manière systématique le taux d'erreur de chaque seuil. L'utilisation d'une classification supervisée peut aussi être envisagée et comparée aux autres classifications ;
- Peu de temps a été consacré à la consolidation manuelle. Seules les grandes zones de sol nu ont été corrigées. Passer plus de temps à consolider la carte permettrait d'effectuer ces corrections à une échelle plus fine pour les nombreux cas particuliers, dont la fréquence est relativement plus importante en milieu urbain que dans les zones rurales.

3.2. Analyse de la strate herbacée

3.2.1. Validation

La validation et l'analyse spatiale se sont basées sur le fichier « *Strate_herbacee_Raster_L72.tif* » modifié pour que les « NoData » prennent la valeur « 0 » et les canopées d'arbre « 2 ». Dans cette section, nous présentons d'abord les résultats bruts, c'est-à-dire liés à la cartographie sans tenir compte des contraintes éventuelles.

Les délimitations vectorielles des quartiers, et leur ventilation entre les espaces public et privé, ont été découpées sur l'étendue de la limite communale et corrigées géométriquement (cf. Tableau 2, section 2.4).

Le fichier vectoriel au format shapefile dans la projection Lambert belge 72 « *Statistiques_Strate_herbacee_L72.shp* », reprend dans sa table attributaire l'ensemble des statistiques calculées.

Tableau 7 - Nombre de points échantillonnés

Réel\Prédit	Autre	Strate herbacée	Canopée	Total	User Accuracy
Autre	237	8	8	253	93,7
Strate herbacée	8	156	12	179	88,6
Canopée	0	1	170	171	99,4
Total	245	165	190	600	\
Producer Accuracy	96,7	94,5	89,5	\	OA = 93,8

Le tableau 7 montre que 37 points sur les 600 ont été incorrectement classés. Les erreurs sont réparties de la manière suivante :

- Autre -> Strate herbacée : 5 points correspondent à des ombres ou à des bords d'arbres, 3 points correspondent à des sols nus de terrassement classés en strate herbacée ;
- Autre -> Canopée : 6 points correspondent à des bordures d'arbre et 2 points sont des ombres d'arbres au-dessus de bâti ;
- Strate herbacée -> Autre : 4 points correspondent à des sols nus de friches ou de zones agricoles, 2 points à des bords de bâtiment adjacents à de l'herbe, 1 point correspond à une zone ensablée (centre équestre) et 1 point se trouve dans un cimetière (mélange d'herbe et de pierres tombales) ;
- Strate herbacée -> Canopée : Les 12 points correspondent à des bordures d'arbre. Il s'agit d'erreurs géométriques ;
- Canopée -> Strate herbacée : Ce point se trouve en forêt mais n'a pas été classé dans la Canopée.

La majorité des erreurs (21) sont dues à la proximité entre deux objets de classes différentes, les points à proximité des canopées d'arbre sont particulièrement mal classés à cause des dévers aux différentes dates de prise de vue. Ceci est certainement dû à la difficulté de définir si à l'interface de l'arbre correspond à la canopée ou à ce qu'il y a au sol lors de la validation visuelle. Les autres points mal classés (16) sont inhérents à la méthode de classification et correspondent aux difficultés de distinction entre sol nu agricole et de terrassement, aux effets de bord autour des arbres et à la difficulté de classification des zones à l'ombre.

3.2.2. Analyse spatiale

La superficie de la strate herbacée extraite de la géodonnée raster pour l'ensemble de la commune de Liège s'élève à 1 716,5 ha pour un Indice de Strate Herbacée (ISH) de 25 %. La majeure partie de la strate herbacée, 65,3%, se situe dans l'espace privé contre 34,7 % dans l'espace public. En termes de surface, 1.120,7 hectares se situent dans l'espace privé et 595,9 ha dans l'espace public.

L'ensemble des statistiques sont reprises au tableau 8.

L'analyse de ces résultats montre que :

- La strate herbacée est majoritairement (presque 2/3) localisée dans des parcelles privées (jardins...) ;
- Seuls trois quartiers ont un ISH plus élevé dans leur partie publique que dans leur partie privée : il s'agit de la Boverie, de Sclessin et de Droixhe ;
- La distribution des espaces herbacés n'est pas homogène au sein de la ville de Liège :

- Cinq quartiers présentent une strate herbacée nettement plus importante que les autres : Le quartier de Rocourt (249 ha), le Sart-Tilman (220 ha), le Thier-à-Liège (120 ha), Bois-de-Breux – Fayembois (112 ha) et Houlpays – Piétresses (112 ha). A 5, ils représentent 47,4% de la strate herbacée de la commune ;
- Le Sart-Tilman représente à lui seul 29,6 % de la strate herbacée publique (176 ha), suivi par Rocourt (67 ha) et le Thier-à-Liège (48 ha). Sans le Sart-Tilman, la part de strate herbacée privée de la commune monterait à 72 %, contre 28 % pour la part publique. Cela met en exergue la prévalence de la partie privée de la strate herbacée, principalement à Rocourt, le quartier avec la plus grande surface herbacée, où la part privée atteint 73,1 % ;
- Outremeuse et le Centre sont les quartiers qui présentent les ISH les plus bas, avec, respectivement, un ISH de 4,2 et 7,5 %.
- De manière générale, les quartiers au cœur de la Ville, Centre, Outremeuse, Boverie, Guillemains-Fagnée, Vennes, Amercoeur – Longdoz et Saint-Léonard sont les quartiers avec le plus faible pourcentage de strate herbacée (≤ 12 %), comme montré à la figure 5.

Malgré l'importante strate herbacée présente à Houlpays – Piétresses (112,3 ha), la surface de strate herbacée publique y est faible car elle fait partie des quartiers avec la proportion d'ISH privé la plus importante (92,3 %) avec Jupille (92,9 %) et Thiers - Trou souris (92,1 %).

Tableau 8 - Tableau de synthèse de la caractérisation de la végétation herbacée.

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	ISH [%]	Part publique ISH [%]	Part privée ISH [%]	ISH public [%]	ISH privé [%]	Surf. str. Herb. [ha]	Surf. str. Herb. Publique [ha]	Surf. str. Herb. privée [ha]
Amercoeur – Longdoz	109,3	44,4	64,9	40,6	59,4	8,4	32,8	67,2	6,8	9,5	9,2	3,0	6,2
Angleur – Kinkempois	231,1	137,9	93,2	59,7	40,3	16,7	50,3	49,7	14,1	20,6	38,7	19,4	19,2
Bois-de-Breux – Fayembois	286,6	83,1	203,5	29,0	71,0	39,2	12,7	87,3	17,2	48,2	112,4	14,3	98,1
Boverie	43,2	36,3	6,9	84,0	16,0	7,9	88,5	11,5	8,4	5,7	3,4	3,0	0,4
Bressoux – Droixhe	118,1	42,3	75,8	35,8	64,2	15,7	18,3	81,7	8,0	19,9	18,5	3,4	15,1
Burenville	142,3	49,4	92,9	34,7	65,3	28,2	25,7	74,3	20,8	32,1	40,1	10,3	29,8
Centre	177,7	97,8	79,9	55,0	45,0	7,5	48,3	51,7	6,6	8,6	13,3	6,4	6,9
Chênée	211,8	64,9	146,9	30,6	69,4	34,0	14,8	85,2	16,4	41,8	72,1	10,7	61,4
Cointe	191,3	67,4	123,9	35,2	64,8	23,0	24,6	75,4	16,0	26,8	44,0	10,8	33,2
Droixhe (Eco)	127,4	85,9	41,5	67,4	32,6	13,9	77,0	23,0	15,9	9,8	17,8	13,7	4,1
Glain	115,2	38,7	76,5	33,6	66,4	28,9	23,5	76,5	20,2	33,3	33,3	7,8	25,5
Grivegnée	122,6	36,5	86,0	29,8	70,2	15,7	27,0	73,0	14,2	16,3	19,2	5,2	14,0
Guillemins – Fragnée	138,2	83,7	54,6	60,5	39,5	8,5	58,2	41,8	8,1	9,0	11,7	6,8	4,9
Houlpays – Piétresses	244,8	42,1	202,7	17,2	82,8	45,9	7,7	92,3	20,5	51,1	112,3	8,6	103,6
Jupille	130,1	26,5	103,6	20,4	79,6	33,5	7,1	92,9	11,7	39,1	43,6	3,1	40,5
Kinkempois (Eco)	96,3	89,3	7,0	92,8	7,2	13,8	91,5	8,5	13,6	16,2	13,3	12,1	1,1
Laveu	121,4	45,7	75,8	37,6	62,4	23,1	17,2	82,8	10,6	30,7	28,1	4,8	23,3
Outremeuse	104,7	63,0	41,7	60,2	39,8	4,2	31,9	68,1	2,2	7,2	4,4	1,4	3,0
Péville – Belleflamme	152,6	55,1	97,5	36,1	63,9	28,4	28,3	71,7	22,3	31,9	43,4	12,3	31,1
Port (Eco)	317,4	271,7	45,6	85,6	14,4	12,4	67,4	32,6	9,7	28,1	39,3	26,5	12,8
Robermont	153,5	82,5	71,0	53,7	46,3	31,1	35,0	65,0	20,3	43,7	47,8	16,7	31,1
Rocourt	527,4	168,8	358,5	32,0	68,0	47,2	26,9	73,1	39,6	50,8	248,8	66,9	182,0
Saint-Léonard	200,8	121,4	79,4	60,5	39,5	10,6	53,9	46,1	9,4	12,3	21,2	11,4	9,8
Sainte-Marguerite	147,3	71,7	75,6	48,7	51,3	17,3	44,6	55,4	15,9	18,7	25,5	11,4	14,1
Sainte-Walburge	295,2	126,5	168,7	42,8	57,2	29,0	31,1	68,9	21,1	35,0	85,7	26,7	59,0

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	ISH [%]	Part publique ISH [%]	Part privée ISH [%]	ISH public [%]	ISH privé [%]	Surf. Str. Herb. [ha]	Surf. Str. Herb. Publique [ha]	Surf. Str. Herb. Privée [ha]
Sart-Tilman	1.192,7	1.000,9	191,8	83,9	16,1	18,4	80,2	19,8	17,6	22,6	219,7	176,3	43,4
Sclessin	184,2	76,1	108,1	41,3	58,7	21,0	50,2	49,8	25,5	17,8	38,7	19,4	19,3
Thier-à-Liège	313,7	135,0	178,7	43,0	57,0	38,2	39,8	60,2	35,4	40,4	120,0	47,8	72,2
Thiers - Trou souris	206,7	41,0	165,7	19,8	80,2	37,7	7,9	92,1	15,1	43,3	77,9	6,2	71,7
Val-Benoit (Eco)	94,4	54,6	39,7	57,9	42,1	16,5	45,5	54,5	12,9	21,3	15,5	7,1	8,5
Vennes	92,3	44,2	48,1	47,9	52,1	10,1	34,8	65,2	7,4	12,7	9,4	3,3	6,1
Wandre	275,5	120,8	154,7	43,8	56,2	32,0	21,6	78,4	15,8	44,7	88,3	19,0	69,2
Liège - Ensemble des quartiers	6.865,8	3.505,1	3.360,6	51,1	48,9	25,0	34,7	65,3	17,0	33,3	1.716,5	595,9	1.120,7

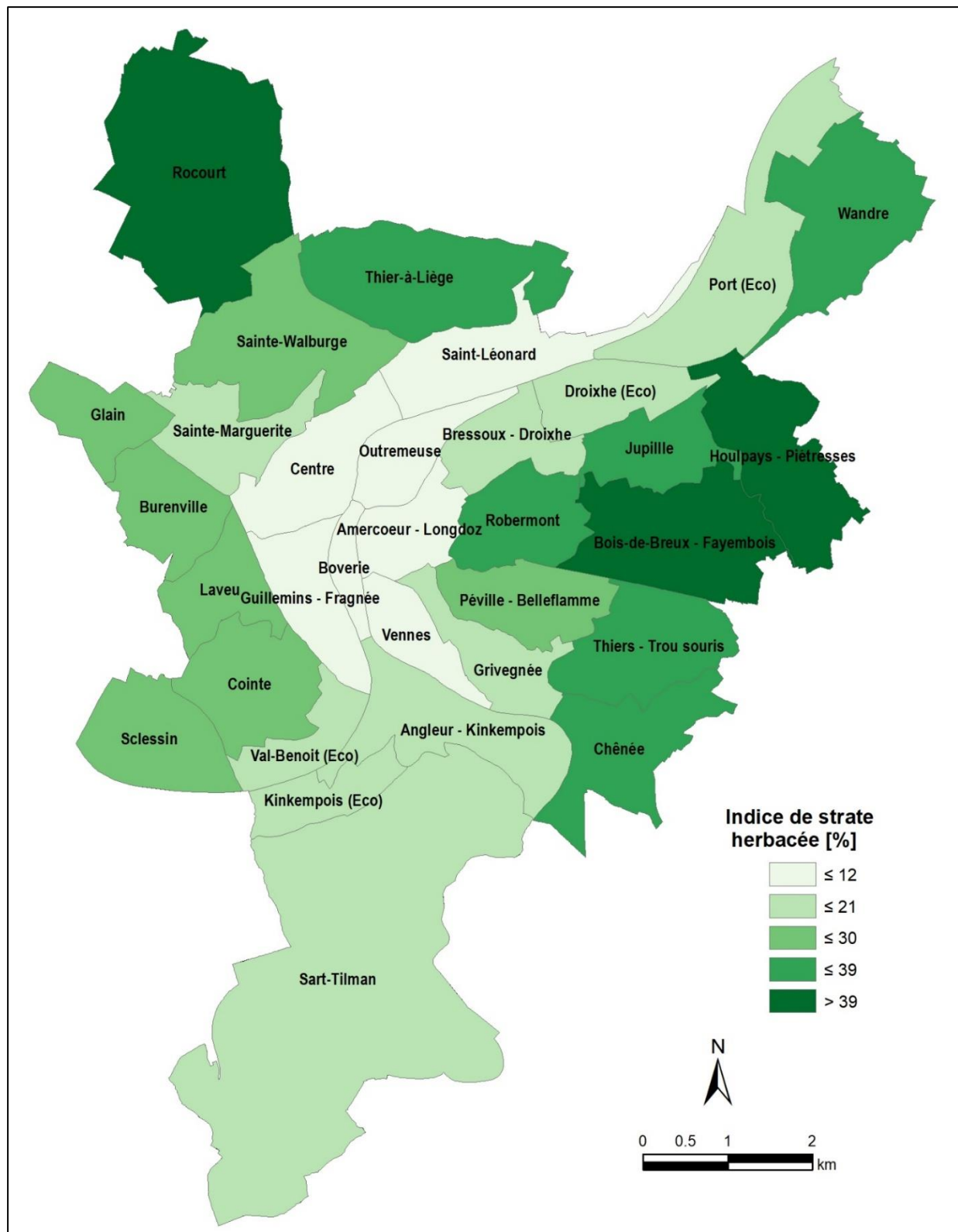


Figure 4 – Analyse spatiale de la strate herbacée (ISH) par quartier.

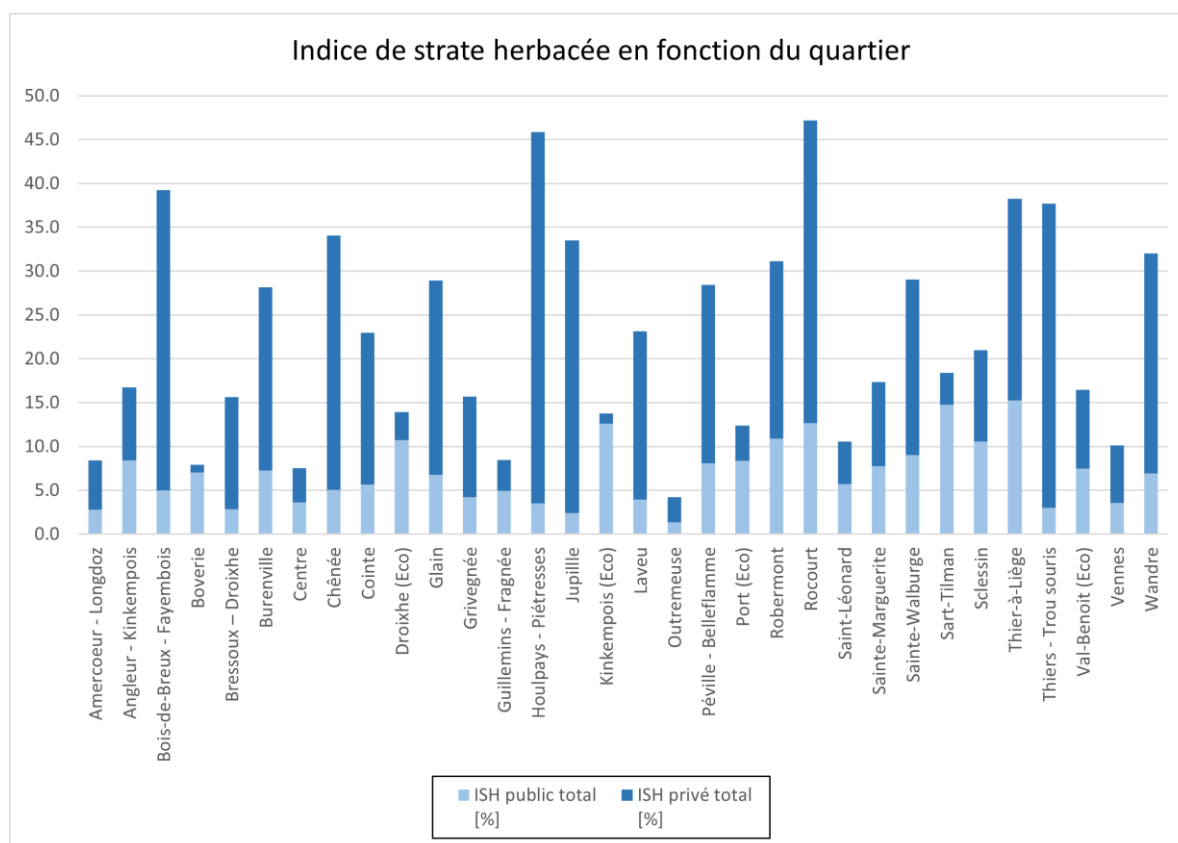


Figure 5 - Répartition de l'ISH par quartier et distinction entre les parts publiques et privées de celui-ci.

3.3. Analyse de la strate herbacée disponible

Les valeurs présentées ci-dessus comprennent la totalité de la classe dite « herbacée ». Cependant, ces superficies ne tiennent pas compte des contraintes présentées au chapitre 2. L'indice des surfaces herbacées disponibles sans les contraintes (ISHD) est ainsi inférieur de 6 % en valeur absolue en comparaison avec l'ISH de la Ville de Liège. Le tableau 9 reprend les détails des zones dites « herbacées » non concernées par des contraintes. La ventilation par types de contraintes peut être obtenue dans la table d'attribut de la couche vectorielle.

Au total, 4,11 km² de strate herbacée se situent dans une zone sous contrainte, dont 48% dans l'espace public. Cette répartition varie énormément selon le quartier, par exemple, les surfaces herbacées des quartiers d'Outremeuse et de la Boverie ne sont traversés par aucune contrainte. Alors que d'autres ont une part importante de leur strate herbacée en zone de contrainte tels que Rocourt (46,3 %), Sart-Tilman (41,1 %) et Kinkempois (Eco) (32 %). A Rocourt la présence de nombreux champs explique la part importante de contrainte, en effet, 97,6 % des zones sous contrainte sont des champs dont 68,7 % sont privés. Le quartier de Kinkempois est lui traversé par un large chemin de fer qui compte pour 75,4 % des contraintes dont 99,8 % est publique (il semble que le tampon appliqué autour du chemin de fer passe sur une petite partie privée).

Tableau 9 - Tableau de synthèse de la caractérisation de la strate herbacée disponible.

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	ISHD [%]	Part ISHD global publique ISH [%]	Part ISHD global privée ISH [%]	ISHD public [%]	ISHD privé [%]	Surf. str. Herb. D. [ha]	Surf. str. Herb. D. Publique [ha]	Surf. str. Herb. D. Privée [ha]
Amercoeur - Longdoz	109,3	44,4	64,9	40,6	59,4	7,7	29,5	70,5	5,6	9,2	8,4	2,5	6,0
Angleur - Kinkempois	231,1	137,9	93,2	59,7	40,3	14,5	44,1	55,9	10,8	20,1	33,6	14,8	18,8
Bois-de-Breux - Fayembois	286,6	83,1	203,5	29,0	71,0	29,9	11,8	88,2	12,1	37,2	85,8	10,1	75,7
Boverie	43,2	36,3	6,9	84,0	16,0	7,9	88,5	11,5	8,4	5,7	3,4	3,0	0,4
Bressoux – Droixhe	118,1	42,3	75,8	35,8	64,2	12,7	19,0	81,0	6,7	16,0	14,9	2,8	12,1
Burenville	142,3	49,4	92,9	34,7	65,3	28,1	25,5	74,5	20,7	32,1	40,0	10,2	29,8
Centre	177,7	97,8	79,9	55,0	45,0	6,2	45,1	54,9	5,1	7,5	11,0	4,9	6,0
Chênée	211,8	64,9	146,9	30,6	69,4	32,8	12,7	87,3	13,6	41,3	69,5	8,8	60,6
Cointe	191,3	67,4	123,9	35,2	64,8	21,3	20,8	79,2	12,5	26,0	40,7	8,4	32,2
Droixhe (Eco)	127,4	85,9	41,5	67,4	32,6	11,1	74,4	25,6	12,2	8,7	14,1	10,5	3,6
Glain	115,2	38,7	76,5	33,6	66,4	27,6	22,9	77,1	18,8	32,1	31,8	7,3	24,5
Grivegnée	122,6	36,5	86,0	29,8	70,2	15,5	26,3	73,7	13,7	16,3	19,0	5,0	14,0
Guillemins - Fragnée	138,2	83,7	54,6	60,5	39,5	8,3	57,5	42,5	7,9	8,9	11,5	6,6	4,9
Houlpays - Piétresses	244,8	42,1	202,7	17,2	82,8	33,2	8,9	91,1	17,2	36,6	81,4	7,2	74,1
Jupille	130,1	26,5	103,6	20,4	79,6	24,0	8,9	91,1	10,4	27,4	31,2	2,8	28,4
Kinkempois (Eco)	96,3	89,3	7,0	92,8	7,2	9,3	91,1	8,9	9,2	11,5	9,0	8,2	0,8
Laveu	121,4	45,7	75,8	37,6	62,4	22,3	15,0	85,0	8,9	30,4	27,1	4,1	23,0
Outremeuse	104,7	63,0	41,7	60,2	39,8	4,2	31,9	68,1	2,2	7,2	4,4	1,4	3,0
Péville - Belleflamme	152,6	55,1	97,5	36,1	63,9	28,4	28,2	71,8	22,2	31,9	43,3	12,2	31,1
Port (Eco)	317,4	271,7	45,6	85,6	14,4	10,4	68,0	32,0	8,3	23,2	33,0	22,5	10,6
Robermont	153,5	82,5	71,0	53,7	46,3	23,0	46,3	53,7	19,8	26,7	35,3	16,4	18,9
Rocourt	527,4	168,8	358,5	32,0	68,0	25,3	22,8	77,2	18,1	28,8	133,7	30,5	103,2
Saint-Léonard	200,8	121,4	79,4	60,5	39,5	9,3	48,5	51,5	7,5	12,1	18,6	9,0	9,6
Sainte-Marguerite	147,3	71,7	75,6	48,7	51,3	15,5	38,5	61,5	12,3	18,6	22,9	8,8	14,1
Sainte-Walburge	295,2	126,5	168,7	42,8	57,2	27,3	26,8	73,2	17,1	35,0	80,6	21,6	59,0

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Surface privée [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	Ratio surf. privée / totale [%]	ISHD [%]	Part publique ISHD [%]	Part privée ISHD [%]	ISHD public [%]	ISHD privé [%]	Surf. str. Herb. D. [ha]	Surf. str. Herb. D. Publique [ha]	Surf. str. Herb. D. Privée [ha]
Sart-Tilman	1.192,7	1.000,9	191,8	83,9	16,1	10,8	69,2	30,8	8,9	20,8	129,3	89,4	39,8
Sclessin	184,2	76,1	108,1	41,3	58,7	17,0	39,8	60,2	16,3	17,4	31,2	12,4	18,8
Thier-à-Liège	313,7	135,0	178,7	43,0	57,0	28,6	29,5	70,5	19,6	35,5	89,8	26,5	63,4
Thiers - Trou souris	206,7	41,0	165,7	19,8	80,2	27,8	8,2	91,8	11,5	31,8	57,5	4,7	52,8
Val-Benoit (Eco)	94,4	54,6	39,7	57,9	42,1	15,1	42,6	57,4	11,1	20,6	14,3	6,1	8,2
Vennes	92,3	44,2	48,1	47,9	52,1	9,7	32,0	68,0	6,5	12,7	9,0	2,9	6,1
Wandre	275,5	120,8	154,7	43,8	56,2	25,4	21,1	78,9	12,2	35,7	70,0	14,8	55,3
Liège - Ensemble des quartiers	6.865,8	3.505,1	3.360,6	51,1	48,9	19,0	30,4	69,6	11,3	27,0	1.305,3	396,5	908,8

4. Tranche 1 – Tâche 2.4.2. Strate artificialisée disponible

4.1. Production de la strate artificialisée

4.1.1. Strate artificialisée raster

Le fichier « *Strate_artificialisee_Raster_L72.tif* » reprend la cartographie raster au format « .tif » de la strate artificialisée dans le système de projection Lambert belge 72.

4.1.2. Strate artificialisée vecteur

Le fichier « *Strate_artificialisee_Vecteur_L72.shp* » reprend la cartographie vectorielle au format shapefile de la strate artificialisée dans le système de projection Lambert belge 72. Ce fichier correspond à une vectorisation lissée du fichier raster à 25 cm.

4.1.3. Limitations, cas particuliers et solutions mises en œuvre

Le point de départ de la strate artificialisée est obtenu par soustraction des autres couches à la carte d'occupation du sol WALOUS 2018. Ces données sont ensuite traitées afin de répondre aux différents critères de sélection pour l'installation d'un arbre. La qualité des données d'entrée est le principal facteur limitant dans la génération de cette couche (Tableau 10).

Tableau 10 – Difficultés principales et solutions mises en œuvre.

Difficultés rencontrées	Solutions mises en œuvre
Différence de précision des données d'entrée	La précision moindre (1 m) de certaines données d'entrée est rendue moins problématique par l'utilisation de zones tampons, mais pourrait néanmoins avoir causé des imprécisions locales.

4.1.4. Brève sur la méthode de production

La cartographie de la strate artificialisée a été réalisée en cinq étapes principales :

- (1) Etant donné que la définition de la strate artificialisée regroupe une grande diversité de revêtement, cette strate a été définie en enlevant toutes les autres classes (végétation, bâtiments et eau).
- (2) Deux ouvertures morphologiques ont été appliquées : l'espace entre façades devait être supérieur à 10 m (l'eau et les rails ont été assimilés à des façades), la distance entre la route et les façades devait être supérieure à 3,5 m.
- (3) Les routes du squelette vectoriel ont été supprimées ainsi qu'une zone tampon autour des façades.
- (4) Suppression des zones situées à moins de trois mètres d'un élément de la couche linéaire (chapitre 5).
- (5) Suppression des zones situées dans le périmètre d'une contrainte.
- (6) Opération « d'ouverture » de 1,5 mètre permettant de supprimer les bandes résultantes ayant une largeur inférieure à 3 mètres et d'appliquer la MMU fixée à 9 m². Cette étape permet d'assurer qu'il ne persiste aucune surface trop étroite mais empêche la création d'une couche de la strate artificialisée « complète » (avec un code pour les contraintes) comme pour la strate herbacée puisqu'elle est appliquée après la suppression des zones sous contrainte pour ne conserver que les surfaces d'intérêt.

L'environnement de travail pour l'analyse cartographique exploite les outils disponibles dans le logiciel Orfeo Toolbox (BinaryMorphologicalOperation et BandMath) pour les traitements en mode matriciel et ArcGIS pour les traitements vectoriels.

4.1.5. Perspectives d'amélioration

Les résultats pourraient être affinés en utilisant des données plus précises et plus complètes. La disponibilité du squelette vectoriel et de la carte d'occupation du sol à 1 m de résolution issue du projet WALOUS fournit cependant déjà une information d'une grande fiabilité. Tout comme pour les houppiers d'arbres, seul des levés de terrain ou un nuage de point de grande densité (LiDAR ou drone) auraient permis une meilleure précision.

4.2. Analyse de la strate artificialisée

L'analyse ci-dessous présente les résultats pour l'approche surfacique de la strate artificialisée disponible, c'est-à-dire que toutes les zones sous contraintes ont été supprimées. Il faut aussi noter que cette couche ne partage pas d'éléments en communs avec la couche linéaire, car ceux-ci ont été supprimés dans un rayon de 3 mètres aux lignes de la couche linéaire ainsi qu'il en a été décidé lors de la réunion de projet du 17 mars 2021.

4.2.1. Analyse spatiale

La superficie de la strate artificialisée publique disponible, extraite de la géodonnée raster pour l'ensemble de la commune de Liège, s'élève à 318,1 ha pour un indice de strate artificialisée publique disponible (ISAD publique) de 9,1 %.

L'ensemble des statistiques sont reprises au tableau 11.

L'analyse de ces résultats montre que :

- Quatre quartiers présentent une densité plus forte d'ISAD publique : Port (Eco) (19,8 %), Kinkempois (Eco) (16,2 %), Droixhe (Eco) (11,7 %) et Robermont (10,5 %).
- Port (Eco) est aussi le quartier avec la plus grande surface artificialisée publique (62,8 ha).
- Houpalys-Piétresse, Laveu sont les quartiers qui présentent les ISAD publique les plus faibles, avec, respectivement, des ISAD publique de 0,4 % et 1,5 %.

Trois quartiers ont une part de surface artificialisée publique disponible particulièrement importante : Kinkempois (Eco) (93,4 %), Port (Eco) (88,9 %) et Robermont (87,5 %). Le Sart-Tilman possède l'ISAD publique le plus faible (3,6 %), cependant sa grande taille (1177,5 ha) le place juste derrière Port (Eco) pour la surface artificialisée publique (36,5 ha).

Tableau 11 - Tableau de synthèse de la caractérisation de la strate artificialisée disponible.

Quartier	Surface totale [ha]	Surface publique [ha]	Ratio surf. publique / totale [%]	ISAD publique [%]	Surf. str. Art. D. publique [ha]
Amercoeur - Longdoz	109,3	44,4	40,6	7,0	3,1
Angleur - Kinkempois	231,1	137,9	59,7	8,5	11,7
Bois-de-Breux - Fayembois	286,6	83,1	29,0	12,4	10,3
Boverie	43,2	36,3	84,0	7,8	2,8
Bressoux – Droixhe	118,1	42,3	35,8	7,5	3,2
Burenville	142,3	49,4	34,7	9,7	4,8
Centre	177,7	97,8	55,0	9,3	9,1
Chênée	211,8	64,9	30,6	10,4	6,7
Cointe	191,3	67,4	35,2	8,1	5,4
Droixhe (Eco)	127,4	85,9	67,4	17,4	15,0
Glain	115,2	38,7	33,6	7,3	2,8
Grivegnée	122,6	36,5	29,8	9,9	3,6
Guillemins - Fragnée	138,2	83,7	60,5	9,8	8,2
Houlpays - Piétresses	244,8	42,1	17,2	2,1	0,9
Jupille	130,1	26,5	20,4	20,5	5,4
Kinkempois (Eco)	96,3	89,3	92,8	17,5	15,6
Laveu	121,4	45,7	37,6	4,1	1,9
Outremeuse	104,7	63,0	60,2	6,8	4,3
Péville - Belleflamme	152,6	55,1	36,1	8,6	4,7
Port (Eco)	317,4	271,7	85,6	23,1	62,8
Robermont	153,5	82,5	53,7	19,6	16,1
Rocourt	527,4	168,8	32,0	11,7	19,8
Saint-Léonard	200,8	121,4	60,5	8,0	9,7
Sainte-Marguerite	147,3	71,7	48,7	7,2	5,1
Sainte-Walburge	295,2	126,5	42,8	7,2	9,1
Sart-Tilman	1.192,7	1.000,9	83,9	3,6	36,5
Sclessin	184,2	76,1	41,3	10,4	7,9
Thier-à-Liège	313,7	135,0	43,0	7,2	9,7
Thiers - Trou souris	206,7	41,0	19,8	16,7	6,9
Val-Benoit (Eco)	94,4	54,6	57,9	10,9	6,0
Vennes	92,3	44,2	47,9	5,9	2,6
Wandre	275,5	120,8	43,8	5,2	6,3
Liège - Ensemble des quartiers	6.865,8	3.505,1	51,1	9,1	318,1

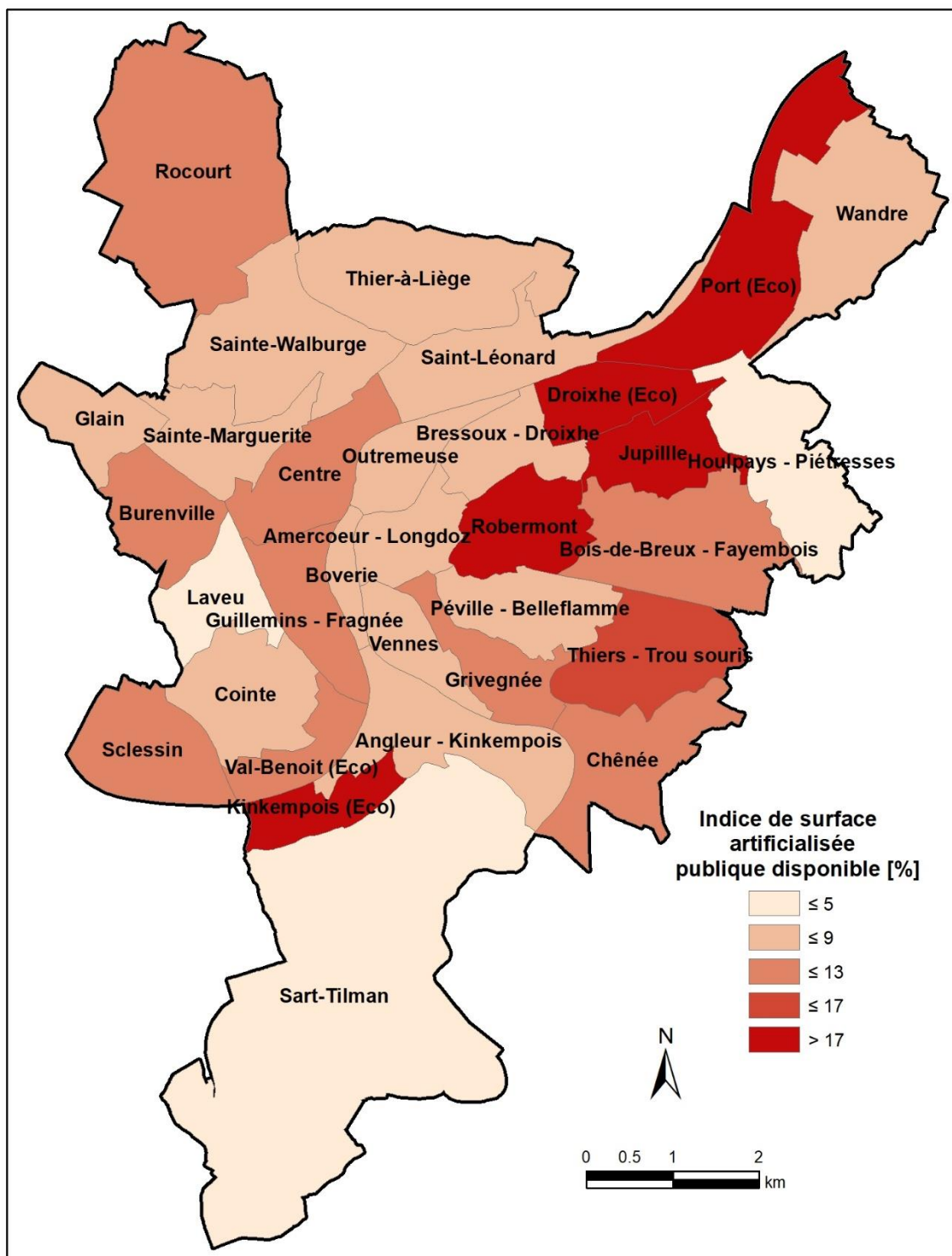


Figure 6 - Analyse spatiale de l'ISAD publique par quartier.

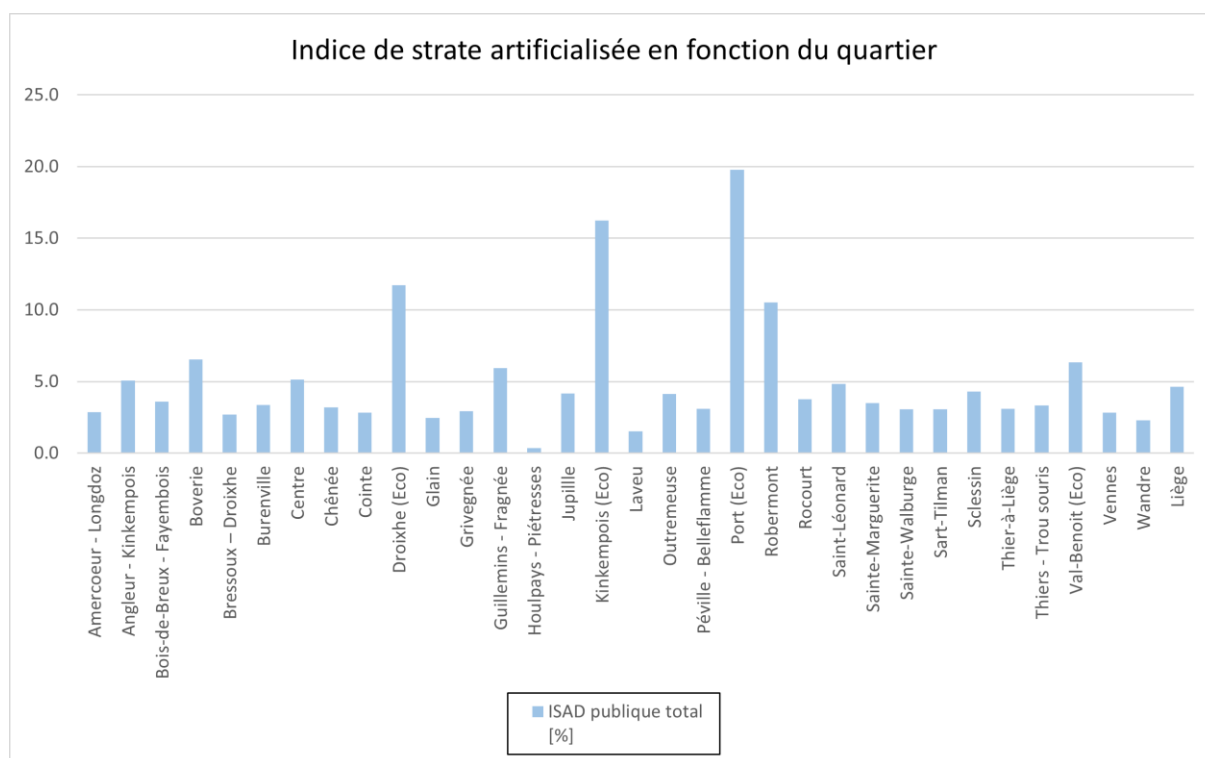


Figure 7 - Répartition de l'ISAD par quartier et distinction entre les parts publiques et privées de celui-ci.

5. Tranche 1 – Tâche 2.4.3. Tronçons sans arbres

5.1. Production des tronçons prioritaires

5.1.1. Tronçons sans arbres en vecteur

Le fichier « *Strate_artificialisee_Lineaire_L72.shp* » reprend la cartographie vectorielle au format shapefile des tronçons sans arbres dans le système de projection Lambert belge 72.

5.1.2. Limitations, cas particuliers et solutions mises en œuvre

Tableau 12 – Difficultés principales et solutions mises en œuvre.

Difficultés rencontrées	Solutions mises en œuvre
Bordures correspondant à des îlots	Le réseau routier comporte un certain nombre d'îlots, auquel cas il est difficile de dire si l'objet est à considérer comme « linéaire » ou comme un objet. Les îlots de moins de 50 m ² ont été supprimés, mais les plus grands ont été préservés par soucis de complétude. Une approche au cas par cas de ces 50 îlots serait nécessaire.
Absence de base de données ponctuelle pour les arbres en massifs ou dans des propriétés privées.	Les données de l'arbustum ont été utilisées pour caractériser les tronçons, mais ces données ne comprennent qu'une partie des arbres. Vu que l'emplacement précis des troncs n'était pas disponible, seuls les houppiers dépassant sur les tronçons ont été extraits. Ceci permet d'éviter les tronçons en bordure de massifs tout en

	limitant le nombre d'arbres privés comptabilisés en bordure de route.
Les bords de ponts ne sont en réalité pas aménageables.	Les ponts au-dessus de l'eau ont été supprimés manuellement. Ceci n'a pas été fait pour d'éventuels ponts enjambant les autres occupations du sol.
Le squelette vectoriel inclut certains parkings	Les bords de parking ont été préservés car nous considérons qu'ils sont potentiellement aménageables.

5.1.3. Brève sur la méthode de production

La cartographie des tronçons sans arbre a été effectuée en mode vectoriel en passant par 5 étapes principales :

- (1) Conversion du squelette vectoriel Walous en éléments linéaires et suppression des petits îlots.
- (2) Suppression des bords à moins de 2 m des façades ou de la canopée d'arbres. Suppression des îlots de moins de 50 m².
- (3) Découpage des lignes aux points les plus proches des arbres de l'arbustum, d'abord pour les arbres situés à moins de 2 m, puis pour ceux allant jusqu'à 8 m n'ayant pas servi au premier découpage. Ceci permet de ne pas compter deux fois des arbres qui ne seraient que d'un seul côté de la route.
- (4) Suppression des tronçons plus petits que 50 m.
- (5) Fragmentation et attribution à chaque tronçon d'un attribut donnant le quartier et la rue où se situe le tronçon.
- (6) Les résultats ont été croisés avec la couche des contraintes. Les morceaux de tronçons partiellement sous contrainte ont été conservés même si leur taille devenait inférieure à 50 m.

Certains tronçons sont plus petits que 50 mètres. D'une part à cause du point (6) mais aussi parce que l'attribution des noms de rues et de quartiers ont segmentés des tronçons. Par exemple, un seul tronçon dans une même rue traversant deux quartiers est répertorié comme deux tronçons dans la couche « *Strate_artificialisee_Lineaire_L72.shp* », avec le même attribut pour le nom de rue mais un attribut différent pour le quartier. Ces tronçons peuvent, selon l'utilisation, être facilement recombinaisonnés.

L'environnement de travail pour l'analyse cartographique exploite les outils disponibles dans le logiciel ArcGIS.

5.1.5. Perspectives d'amélioration

Les résultats pourraient être affinés en utilisant des critères de sélection pour les îlots à conserver. Une analyse par pied d'arbres permettrait par ailleurs d'effectuer un tri entre ceux situés dans des propriétés privées et les autres. Enfin, la consolidation manuelle des ponts pourrait être utile.

5.2. Analyse des tronçons sans arbres

L'analyse ci-dessous présente les résultats pour les éléments linéaires restants après application des contraintes.

5.2.1. Analyse spatiale

La longueur totale des tronçons sans arbre sur la Ville de Liège est de 423 km, dont 388 km sans contrainte. Le quartier avec la plus grande distance de tronçons libres est celui de Rocourt (44,8 km), suivi par le Sart-Tilman (21,5 km). Le quartier avec le moins de tronçons libres est celui de la Boverie (2,4 km), suivi de Kinkempois (3,7 km) et du Laveu (4,8 km). Au total, 1.037 rues disposent d'un tronçon supérieur à 50 mètres et sont donc éligibles à une verdurisation.

La totalité des tronçons se situent dans l'espace public. Les contraintes les plus présentes sont les voies de chemin de fer et le réseau Fluxys, ensemble elles couvrent 78 % des tronçons sous contrainte. Les quartiers de la Boverie, d'Outremeuse, de Péville-Belleflamme et de Thier-à-Liège ne voient aucun de leur tronçon soumis à une contrainte. Dans les quartiers de Burenville, Centre et Glain, seul le réseau ELIA rend indisponible certains tronçons.

L'ensemble des statistiques sont reprises au tableau 13 et illustrées dans la figure 8.

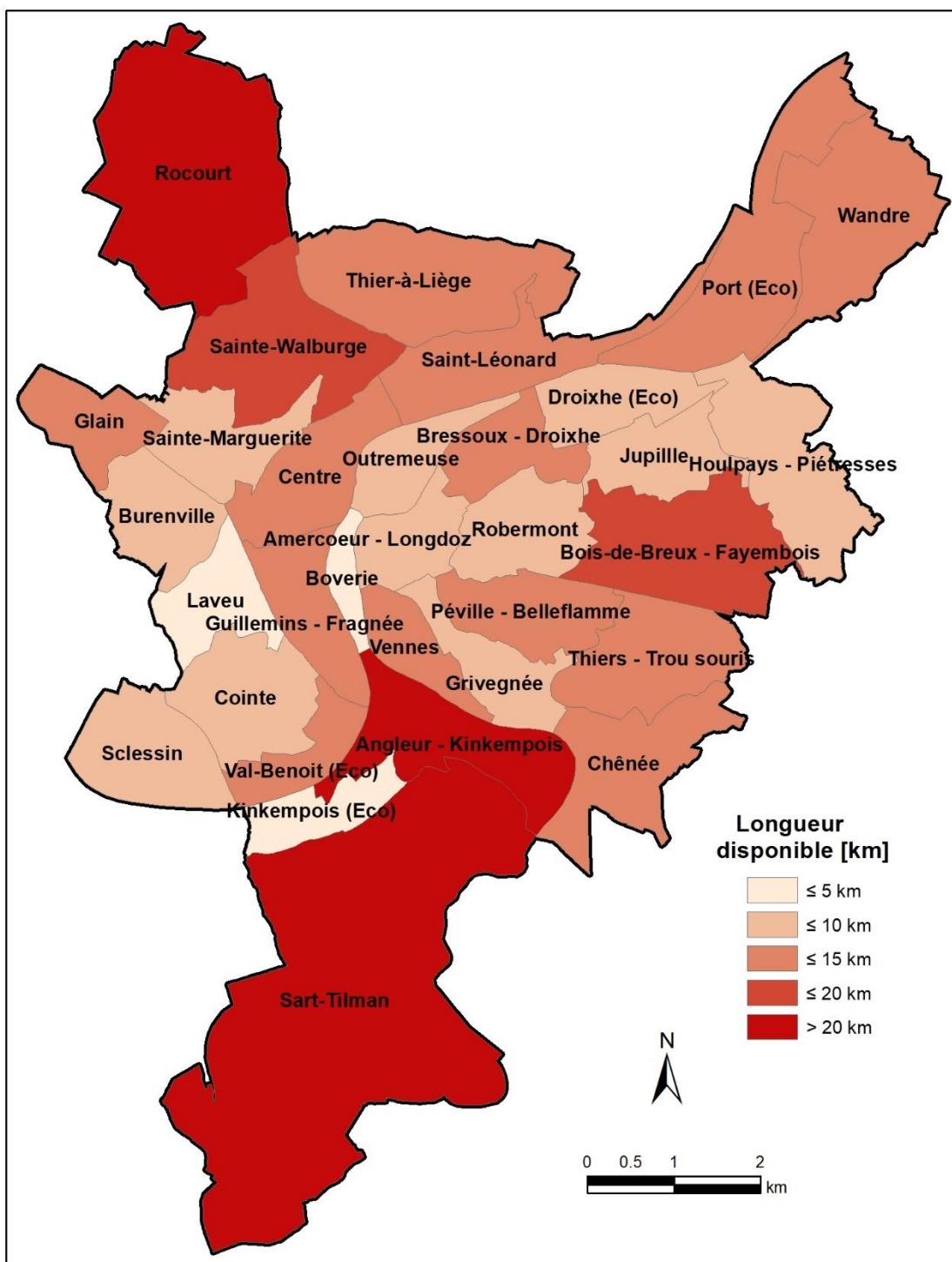


Figure 8 - Longueur totale du linéaire disponible par quartier.

Tableau 13 - Tableau de synthèse de la caractérisation des tronçons sans arbre.

Quartier	Surface totale [ha]	Tronçons > 50 m disponibles [m]	Tronçons < 50 m et tronçons indisponibles [m]	L totale des tronçons [m]	L totale des tronçons disponibles [m]
Amercoeur - Longdoz	109,3	7.855	881	8.736	8.105
Angleur - Kinkempois	231,1	21.094	3.320	24.414	21.481
Bois-de-Breux - Fayembois	286,6	15.767	1.043	16.810	16.053
Boverie	43,2	2.340	77	2.417	2.417
Bressoux - Droixhe	118,1	9.856	839	10.695	10.069
Burenville	142,3	5.506	1.104	6.610	5.737
Centre	177,7	13.372	1.563	14.935	14.562
Chênée	211,8	12.621	2.111	14.732	12.902
Cointe	191,3	8.557	462	9.019	8.837
Droixhe (Eco)	127,4	8.929	2.644	11.573	8.977
Glain	115,2	10.305	298	10.603	10.450
Grivegnée	122,6	7.365	724	8.089	7.677
Guillemins - Fragnée	138,2	13.041	522	13.563	13.354
Houlpays - Piétresses	244,8	9.546	903	10.449	9.700
Jupille	130,1	5.900	1.072	6.972	6.156
Kinkempois (Eco)	96,3	3.699	666	4.365	3.711
Laveu	121,4	4.648	643	5.291	4.810
Outremeuse	104,7	6.618	321	6.939	6.939
Péville - Belleflamme	152,6	14.376	172	14.548	14.548
Port (Eco)	317,4	14.511	6.232	20.743	14.559
Robermont	153,5	8.377	314	8.691	8.564
Rocourt	527,4	44.727	711	45.438	44.845
Saint-Léonard	200,8	13.581	573	14.154	13.892
Sainte-Marguerite	147,3	8.631	591	9.222	8.994
Sainte-Walburge	295,2	19.323	432	19.755	19.755
Sart-Tilman	1.192,7	21.090	4.558	25.648	21.541
Sclessin	184,2	9.694	3.274	12.968	9.825
Thier-à-Liège	313,7	12.900	243	13.143	13.143
Thiers - Trou souris	206,7	9.965	616	10.581	10.291
Val-Benoit (Eco)	94,4	10.310	3.637	13.947	10.505
Vennes	92,3	11.617	566	12.183	11.852
Wandre	275,5	13.880	1.770	15.650	14.248
Liège - Ensemble des quartiers	6.865,8	380.000	42.885	422.885	388.504

6. Tranche 1 – Tâche 2.4. Tableau de synthèse des résultats

Tableau 14 - Synthèse de l'analyse des sites potentiels de plantation d'arbres.

Quartier	Surf. str. Herb. D. [ha]	Surf. str. Herb. D. Publique [ha]	Surf. str. Herb. D. Privée [ha]	Surf. str. Art. D. Publique [ha]	L totale des tronçons disponibles [m]
Amercoeur - Longdoz	8,4	2,5	6,0	3,1	8.105
Angleur - Kinkempois	33,6	14,8	18,8	11,7	21.481
Bois-de-Breux - Fayembois	85,8	10,1	75,7	10,3	16.053
Boverie	3,4	3,0	0,4	2,8	2.417
Bressoux - Droixhe	14,9	2,8	12,1	3,2	10.069
Burenville	40,0	10,2	29,8	4,8	5.737
Centre	11,0	4,9	6,0	9,1	14.562
Chênée	69,5	8,8	60,6	6,7	12.902
Cointe	40,7	8,4	32,2	5,4	8.837
Droixhe (Eco)	14,1	10,5	3,6	15,0	8.977
Glain	31,8	7,3	24,5	2,8	10.450
Grivegnée	19,0	5,0	14,0	3,6	7.677
Guillemins - Fragnée	11,5	6,6	4,9	8,2	13.354
Houlpays - Piétresses	81,4	7,2	74,1	0,9	9.700
Jupille	31,2	2,8	28,4	5,4	6.156
Kinkempois (Eco)	9,0	8,2	0,8	15,6	3.711
Laveu	27,1	4,1	23,0	1,9	4.810
Outremeuse	4,4	1,4	3,0	4,3	6.939
Péville - Belleflamme	43,3	12,2	31,1	4,7	14.548
Port (Eco)	33,0	22,5	10,6	62,8	14.559
Robermont	35,3	16,4	18,9	16,1	8.564
Rocourt	133,7	30,5	103,2	19,8	44.845
Saint-Léonard	18,6	9,0	9,6	9,7	13.892
Sainte-Marguerite	22,9	8,8	14,1	5,1	8.994
Sainte-Walburge	80,6	21,6	59,0	9,1	19.755
Sart-Tilman	129,3	89,4	39,8	36,5	21.541
Sclessin	31,2	12,4	18,8	7,9	9.825
Thier-à-Liège	89,8	26,5	63,4	9,7	13.143
Thiers - Trou souris	57,5	4,7	52,8	6,9	10.291
Val-Benoit (Eco)	14,3	6,1	8,2	6,0	10.505
Vennes	9,0	2,9	6,1	2,6	11.852
Wandre	70,0	14,8	55,3	6,3	14.248
Liège - Ensemble des quartiers	1.305,3	396,5	908,8	318,1	388.504