



HAL
open science

Marchabilité, morphologie urbaine et activité physique infantile : méthodologie de construction d'un indice composite de marchabilité adapté aux enfants et au territoire de la Communauté d'agglomération de Lens-Liévin

Marie Wiedemann

► To cite this version:

Marie Wiedemann. Marchabilité, morphologie urbaine et activité physique infantile : méthodologie de construction d'un indice composite de marchabilité adapté aux enfants et au territoire de la Communauté d'agglomération de Lens-Liévin. Géographie. 2023. dumas-04343050

HAL Id: dumas-04343050

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04343050>

Submitted on 13 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Marie WIEDEMANN

**Marchabilité, morphologie urbaine et
activité physique infantile**

**Méthodologie de construction d'un indice composite de
marchabilité adapté aux enfants et au territoire de la
Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin**

Mémoire soutenu le 01/09/2023

En vue de l'obtention du master

Mention Géographie, Aménagement, Environnement et Développement /
Géographie

Parcours Territoires, Villes et Santé

Université Paris Nanterre / Université Paris Est Créteil

Année Universitaire 2022/2023

Sous la direction de M. Stéphane Rican et Mme. Anne-Peggy Hellequin

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps mes deux encadrants, Stéphane Rican et Anne-Peggy Hellequin, pour leur suivi, leurs conseils et leur accompagnement dans la rédaction de ce mémoire.

Un grand merci également à Florent Occelli, mon tuteur de stage, pour m'avoir encadré pendant toute la durée de mon stage, mais aussi pour sa gentillesse, sa bienveillance, son humour et sa patience face à mes difficultés d'organisation. Merci également à Nathalie Jelen et Elise Decorte pour m'avoir accueilli de nombreuses fois dans leur laboratoire malgré leurs emplois du temps chargés.

Je tiens également à remercier tous les membres du LSVF, pour m'avoir intégrée directement dans leur équipe sans aucune hésitation et avec un grand enthousiasme. Un merci tout particulier aux occupants du bureau des stagiaires et des doctorants, Laakri, Sarah, Tracy, Amelle et Hugo, leurs avis très objectifs sur mes cartes et schémas, leur aide sur R, leur partage de données, de conseils et d'anecdotes, et enfin leurs bonnes adresses de lieux touristiques à visiter quand on arrive dans le Nord. En parlant de conseils, je tiens également à remercier Nicolas Brun pour ses relectures et remarques, ainsi qu'@ocomarri sur Twitter, pour avoir codé un programme de calcul d'une matrice de distances spécifiques sur QGIS dans l'unique but de procrastiner sur sa rédaction de thèse.

Merci également à ma famille et mes amis, de Strasbourg ou du Master (Catherine, Assane, Noéline et Léa), et à Léo Wehrung, mon binôme de Licence pour m'avoir rappelé les bases de la télédétection. Un merci tout particulier à Tara et Ivan qui ont cuisiné plus de choses abouties en une semaine dans mon appartement que moi en un mois, dans l'unique but de me faire à manger pendant que je rédigeais. Merci aussi à mon colocataire lillois Jean, dont son absence n'égale en rien sa sympathie et sa gentillesse, et à Thibault pour ses frites réalisées avec précision, dextérité et rigueur.

Sommaire

Remerciements	2
Sommaire	3
Glossaire.....	5
Introduction	6
1) Contexte et enjeux	7
2) Activité physique : éléments de définitions.....	8
3) Problématisation	10
Etat de l'art et présentation du territoire de recherche	11
1) Préambule	12
2) Synthèse bibliographique des déterminants environnementaux de l'activité physique et de l'activité physique et sportive chez les jeunes occidentaux.....	12
3) Configuration socio-urbanistique et contexte socio-économique de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin	19
Matériels et méthodes.....	30
1) Source des données.....	31
2) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin.....	34
3) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique	51
Résultats	60
1) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin.....	61
2) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique	71

Conclusion.....	79
Discussion	81
Bibliographie.....	84
Annexes.....	91
Table des Figures.....	103
Table des Matières.....	108

Glossaire

ACP : Analyse en Composante Principale

BE : Built Environment

CALL : Communauté d'Agglomération de Lens Liévin

CAH : Classification par Ascendance Hiérarchique

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale

IGN : Institut National de Géographie

LGCgE : Laboratoire de Génie-Civil et géo-Environnement

LSVF : Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

QPV : Quartiers Prioritaires de la Politique de la Ville

REP : Réseau d'Éducation Prioritaire

SHERPAS : Sociologie Histoire Education Représentations Pratiques et Activités Sportives

SIG : Système d'Information Géographique

SNC : Street Network Connectivity

SQL : Structured Query Language

UNESCO : United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

URePSSS : Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société

SHERPAS : Sociologie Histoire Education Représentations Pratiques et Activités Sportives

Introduction

1) Contexte et enjeux

La rédaction de ce mémoire s'est réalisée dans le cadre d'un stage au sein du projet de recherche « Projet Sport-Santé » mettant en collaboration des membres du laboratoire du LGCGE¹, au sein du LGCgE de la faculté de Pharmacie de l'Université de Lille, et des membres de l'URePSSS² du laboratoire SHERPAS³ de la faculté du Sport de l'Université d'Artois. Ce stage, démarré le 6 février 2023 et finissant le 13 juillet 2023 s'est déroulé dans les locaux du LSVF⁴, mais a nécessité plusieurs déplacements dans le laboratoire SHERPAS de la Faculté des Sports de Liévin.

L'objectif du projet de recherche consistait à situer la place des activités physiques et sportives chez des populations plus vulnérables. Cette étude tente d'estimer l'état des liens entre l'activité physique et les caractéristiques environnementales du lieu de vie de proximité de ces populations. Le projet cible le territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin, EPCI situé au Nord du département du Pas-de-Calais, et s'intéresse à la pratique physique et sportive de jeunes enfants âgés de 7 à 9 ans.

Mon objectif au sein du « Projet Sport-Santé » consistait à la réalisation d'un indicateur de marchabilité propre au territoire de la CALL et adapté à la population ciblée. Cet indicateur sera ensuite comparé avec un score créé par les chercheurs de l'URePSSS pour vérifier s'il existe des liens ou des associations entre ces deux scores pour la population ciblée.

Ce mémoire s'inscrit dans la continuité de ce projet de recherche et précède à la rédaction d'un article scientifique portant sur la création d'un indicateur de marchabilité en collaboration avec l'ensemble de l'équipe dédiée à ce projet.

¹ Laboratoire de Génie-Civil et Géo-Environnement

² Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société

³ Sociologie Histoire Education Représentations Pratiques et Activités Sportives

⁴ Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques

2) Activité physique : éléments de définitions

a) L'activité physique : un concept vaste renvoyant à une pluralité de définitions

Caspersen, Powell et Christenson (1985) définissent l'activité physique comme « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie ». Ces mouvements définis par l'OMS peuvent s'effectuer dans tous cadres, notamment celui des déplacements, des loisirs ou du lieu de travail. Les activités définies comme physiques comprennent celles du quotidien mais également les exercices physiques et les activités sportives (Masserey, 2014) .

On peut diviser l'activité physique en plusieurs parties reliées aux déplacements, aux loisirs ou à la vie quotidienne. Ainsi, on relève dans un premier temps les activités physiques domestiques, qui comprennent des activités d'intensité faible, comme par exemple l'habillage, le lavage, faire le ménage, les courses, ou encore s'occuper des enfants (Nolin & Hamel, 2005). Vient ensuite l'activité physique de travail pouvant s'apparenter à du classement de matériel, du service à table, creuser, couper du bois, tout ce qui correspond aux activités physiques rentrant dans le cadre professionnel de l'individu.

L'activité physique de transport est relative à toute dépense d'énergie qui s'effectue dans le cadre d'un déplacement. On peut notamment parler ici de la mobilité type active qui inclue le déplacement piéton, l'utilisation d'un vélo ou de tout autre équipement demandant un quelconque effort physique. La mobilité active peut également se retrouver dans l'activité physique dite de loisir, qui inclue les déplacements récréatifs et les activités sportives (Nolin & Hamel, 2005).

Les activités physiques considérées comme autres concernent tout ce qui ne rentre pas dans celles citées précédemment, comme le bénévolat.

Si Hamel et Nolin classent les types d'activité physique selon le cadre de leur application, d'autres ont pris la décision de les différencier selon leur niveau d'intensité. Ainsi, d'après la définition de Santé Publique de l'intensité physique (Nolin, 2006), on diffère l'intensité de type légère, de l'intensité modérée et intense. Une activité physique modérée pourrait se définir par toute activité demandant « un effort physique modéré [qui] fait respirer un peu plus difficilement que normalement » (Chibane, 2016). La définition d'une activité physique intense se rapproche notamment de la définition de l'activité sportive donnée par la charte

européenne du sport : « Toutes formes d'activités physiques qui, à travers une participation organisée ou non, ont pour objectif l'expression ou l'amélioration de la condition physique et psychique, le développement des relations sociales ou l'obtention de résultats en compétition de tous niveaux. » (EPAS & Conseil de l'Europe, 2021)

b) Etats des lieux de la pratique de l'activité physique chez la jeunesse occidentale

Par définition l'activité physique permet de lutter contre la sédentarité, et ainsi de limiter les effets de cette dernière sur le corps humain. En effet, la sédentarité et le manque d'activité physique sont souvent associés à certaines pathologies notamment coronariennes, ostéoarticulaires, cardiovasculaires... Elles sont également liées à d'autres maladies comme l'asthme, l'obésité, ou peut aggraver les risques de développer un cancer (Lalonde, 2014). La pratique régulière d'une activité sportive permet également d'améliorer les capacités cardiorespiratoires et les aptitudes musculaires, la santé cardiométabolique, la santé osseuse, et l'adiposité, notamment chez les enfants et les adolescents. La pratique d'une activité physique régulière a également des bienfaits sur l'équilibre mental puisque cette dernière permet de réduire les symptômes de dépression ou d'améliorer les résultats cognitifs (OMS, 2022). La pratique d'une activité physique chez l'enfant ou l'adolescent peut avoir une influence sur ses comportements vis-à-vis de la sédentarité une fois adulte (Rainham et al., 2012) d'où l'importance de s'intéresser aux pratiques des plus jeunes.

La pratique d'une activité physique ou l'absence de pratique serait, selon plusieurs études réalisées avec une approche socio-écologique, en lien avec différents facteurs allant « du niveau micro [...] au niveau macro ou global [...] en passant par des niveaux intermédiaires » (Salze, 2013). En s'inspirant de Booth et d'autres chercheurs (2009), Salze (Salze, 2013) explique que les comportements seraient issus de trois classes de facteurs : les facteurs dits individuels, les facteurs davantage socio-culturels, et les facteurs environnementaux. Les facteurs individuels et socio-culturels seraient associés au comportement et seraient respectivement liés aux caractéristiques propres à l'individu et à ses valeurs, normes et croyances, tandis que les facteurs environnementaux englobent à la fois l'influence des proches et la morphologie urbaine du quartier (facteurs environnementaux proximaux) et le système politique, médiatique ou encore économique (facteurs environnementaux distaux) (Salze, 2013).

D'autres études privilégient une classification moins large composée de trois types de facteurs : les facteurs individuels, les facteurs interpersonnels et les facteurs dits environnementaux (Wilk et al., 2018). Les facteurs individuels sont relatifs aux caractères propres à l'individu comme l'âge, son genre, sa psychologie, ou bien son statut socio-économique. Contrairement à la thèse précédente, l'influence des proches ne rentrent pas dans les facteurs environnementaux mais dans les facteurs interpersonnels. Enfin, les facteurs environnementaux regroupent les caractéristiques du milieu de vie, notamment celui de l'école ou encore le *Built Environment* du territoire dans lequel évolue l'individu.

3) Problématisation

Comment évaluer et mesurer les associations entre l'activité physique infantile et les caractéristiques de leur lieu de vie au travers de la communauté d'agglomération de Lens Liévin ? L'utilisation d'indicateurs de marchabilité connus de la littérature est-elle suffisamment appropriée sur ce territoire pour rendre compte des potentielles associations entre l'environnement et l'activité physique pour une population aussi jeune ?

a) Hypothèse 1

Les nombreuses singularités territoriales de la communauté d'Agglomération de Lens-Liévin, rendent difficile l'utilisation d'un indice de marchabilité issu de la littérature pour étudier l'environnement de proximité des enfants ciblés par l'étude. En s'inspirant de l'indice élaboré par Grasser (le Graz Walkability Index), ici adapté aux villes européennes, il semble néanmoins possible de construire un indicateur approprié pour ce territoire. Ce dernier permettrait de vérifier s'il existe ou non un lien entre la marchabilité de l'environnement de proximité des jeunes enfants et leur activité physique.

b) Hypothèse 2

Certains facteurs seraient à eux seuls suffisant pour impacter la pratique d'une activité physique chez les enfants. Au-delà des autres caractéristiques de la morphologie urbaine du territoire, c'est surtout l'accès aux équipements favorisant l'activité physique qui influe sur la pratique. Ainsi, plus la distance aux dits équipements est faible et plus la surface de ses territoires dans l'environnement proche est grande, plus les enfants sont susceptibles de pratiquer une activité physique régulière.

Etat de l'art et présentation du territoire de recherche

1) Préambule

Les grandes étapes de réflexions ayant participé à la création de l'indice de marchabilité se sont avant tout vues précédées par une partie de recherche bibliographique. La finalité de cette recherche étant la conception d'un état de l'art, il a fallu avant tout éclaircir les trois thèmes principaux du sujet par l'intermédiaire d'une carte mentale. Cette dernière, visible en annexes⁵, m'a dans un premier temps permis de mieux cerner les principaux thèmes du sujet qui seront nommés successivement : les caractéristiques du lieu de vie, les différentes notions centrées autour de l'activité sportive, et enfin les caractéristiques de la population cible âgée entre 7 et 9 ans. La création de cette carte mentale m'a également aidé à définir les parties et sous parties de l'Etat de l'Art ainsi que son contenu.

A la suite de la réalisation de cette carte mentale, il m'a fallu déterminer les équations de recherches me permettant de retrouver les travaux les plus pertinents et les plus récents concernant mon sujet d'étude. Ces équations m'ont été particulièrement utiles afin dans la construction de mon indice composite.

2) Synthèse bibliographique des déterminants environnementaux de l'activité physique et de l'activité physique et sportive chez les jeunes occidentaux

a) Associations entre environnement et lieu de vie sur l'activité physique

La pratique d'une activité physique liée à la marche à pied s'inscrit dans la notion de marchabilité et d'accessibilité

La marche à pied, en plus d'être notre plus vieux et plus économique moyen de déplacement, participe à la pratique d'une activité physique régulière et rentre ainsi en compte dans la catégories des mobilités actives, qui engagent un déplacement grâce à de multiples mouvements corporels (Chibane, 2016). La pratique de la marche à pied rentre donc dans le cadre des activités physiques dites de déplacement, mais également de loisir puisque la marche récréative existe et se pratique en tant qu'activité physique légère ou modérée

⁵ Confère annexe 1

(Fonseca et al., 2022). Les équipements sportifs ou de loisirs pouvant prétendre à une utilisation dans le cadre d'une activité sportive sont par ailleurs nombreux. Salze (2013) différencie par exemple les piscines des terrains de jeu aménagés, des salles de sport, des gymnases ou des associations. D'autres ont pris en compte « les terrains de sport (soccer, football⁶, tennis, baseball, basketball, volley-ball et athlétisme) », des « équipements spécialisés, des pistes pour la randonnée et les piscines extérieures (Wiebe, 2010).

La marche en vue d'un déplacement, appelée également marche utilitaire, peut s'effectuer de manière exclusive, complémentaire ou intermodale, et participe, en tant que mobilité à part entière, à l'accessibilité aux équipements sportifs ou aux équipements de loisir permettant la pratique d'une activité physique plus intense (Chibane, 2016).

Cette accessibilité, très importante pour les populations les plus paupérisées (Wiebe, 2010), se regroupe selon Khan (1992) en 4 dimensions différentes : l'accessibilité spatiale ; aspatiale ; potentielle et révélée. L'accessibilité spatiale renvoie avant tout à la notion de distance physique entre l'offre et le demandeur du service. L'accessibilité aspatiale renvoie à des facilitateurs ou des barrières qui ne rentrent pas en compte dans la notion de distance (notamment des variables démographiques ou économiques). L'accessibilité potentielle « signifie l'utilisation probable d'un service » (Lalonde, 2014) tandis que l'accessibilité révélée réside dans l'utilisation réelle du service en question. « [Celle-ci peut par exemple] être reflétée par la fréquence d'utilisation ou le niveau de satisfaction envers la prestation d'un service et ainsi être obtenue à partir de différentes mesures. » (Lalonde, 2014).

L'intérêt de notre sujet pour la marche, en vue de son lien avec l'activité physique, nous renvoie donc au concept de *walkability*, défini dans de nombreuses études comme la capacité d'un territoire à se rendre favorable et accessible pour la marche à pied (Fonseca et al., 2022) . La marchabilité renvoie au ressenti des individus et à la qualité ainsi qu'à l'ambiance ressentie lors de la marche, mais renvoie également du fait de sa définition, à l'aménagement du territoire dont il est question. La notion de marchabilité s'exprime par un potentiel piétonnier issu de données de mobilité et peut être mesuré grâce à des indicateurs de marchabilité issus d'études réalisées avec un SIG (Chibane & Gwiazdzinski, 2015).

⁶ Ici « Soccer » renvoie au Football tel que nous le connaissons et le « Football » renvoie au Football pratiqué aux Etats-Unis

Les liens entre la marchabilité et la morphologie urbaine

La marchabilité fait l'objet de nombreux travaux tentant d'établir le lien entre cette dernière et l'aménagement du territoire. Pour qu'un territoire soit jugée favorable à la marche, ce dernier devrait selon Gardner suivre la règle des 5C. Ainsi il devrait être à la fois convivial, clair, connecté, confortable et commode (Chatalic, 2012).

Ces attributs sont liés au concept de *Built Environment*, concept se rapportant à « tout ce qui se rapporte à l'occupation du sol, à l'aménagement urbain et aux systèmes de transport » (Casey et al., 2011). Ce terme se réfère notamment à la transformation de l'environnement physique par l'activité anthropique. Il prend ainsi en compte les « infrastructures de loisir, les bâtiments, les commerces, les parcs et les réseaux de transport » (Lalonde, 2014).

Les liens entre le *Built Environment* et la marchabilité ne font pas consensus, cependant une revue de littérature a récemment tenté de définir les concepts et infrastructures pouvant influencer les niveaux de marchabilité (Fonseca et al., 2022). Cette revue anglophone prend en compte les concepts de *Land Use*, d'*Accessibility*, de *Street Network Connectivity*, de *Pedestrian facility and comfort*, de *Safety and security*, et de *Streetscape design* associés à la notion de *Built Environment*. Ces termes seront brièvement définis dans les paragraphes ci-dessous.

Land use

Relative à la notion de densité et d'occupation du sol, celle-ci est défini par le *land use density* et le *land use diversity*. La densité de cette occupation se vérifie avec la *street connectivity* définie par la connexion intra-urbaine d'un territoire, la densité des aménités et la concentration d'utilisation de l'espace (Mecredy et al., 2011). La diversité de l'occupation du sol se définit par les différents usages de l'espace et prend en compte la densité des intersections et la densité des transports publics.

La *street connectivity* quand elle est associée au nombre d'intersections, peut être considérée comme un frein à l'activité physique chez les personnes plus jeunes, puisque les intersections sont souvent considérées comme dangereuses et accidentogènes (Fonseca et al., 2022; Mecredy et al., 2011)

Accessibilité

L'accessibilité se voit ici d'un point de vue essentiellement spatial, et prend en compte la proximité aux aménités et ainsi la distance entre les services et les points spécifiques comme le lieu de résidence ou un parking automobile. L'accessibilité prend également en compte l'accès aux transports publics (Fonseca et al., 2022).

Street Network Connectivity

Cette partie du *Street Network Connectivity* s'applique essentiellement au réseau piétonnier. Le SNC peut se définir par la connectivité du réseau viaire d'une ville, on peut ici parler de la connectivité du réseau piétonnier. La notion de SNC repose sur trois grandes caractéristiques : La capacité du territoire à proposer des trajectoires diverses entre un point de départ et sa destination, les propriétés du réseau piétonnier, et les chemins qu'il propose (Fonseca et al., 2022).

La première catégorie prend en compte les potentiels routes où on peut se déplacer à pied et les plus courts chemins sur ces dites routes. La deuxième catégorie prend en compte les propriétés physiques du réseau piétonnier. La troisième et dernière catégorie prend en compte la connectivité du réseau par rapport à la densité de la ville, mais aussi la densité des culs de sacs ou l'existence d'espaces piétonniers informels (Fonseca et al., 2022).

Pedestrian facility and Comfort

Cette catégorie liée à la facilité de la pratique de la marche sur un territoire prend en compte dans un premier temps les caractéristiques propres aux trottoirs, leur présence, leur largeur ou encore l'existence d'obstacles pouvant altérer leur utilisation. Le *pedestrian facility and comfort* prend également en compte les conditions « environnementales au niveau de la ville » (Fonseca et al., 2022) associées au niveau de végétation, à la densité des arbres urbains, au niveau de pollution et au niveau de bruit. Le dénivelé est également une notion importante dans cette caractéristique du BE puisqu'un gros dénivelé peut être un facteur d'inconfort mais également de dangerosité (Fonseca et al., 2022).

Safety and security

La notion de sécurité fait partie intégrante des caractéristiques du BE. Cette dernière prend en compte différents paramètres reliés à la voiture, notamment le risque d'avoir un accident, l'exposition aux véhicules, et le trafic. Parmi cette notion on retrouve également une catégorie

spécifique relative aux crimes et aux incivilités, qui contiendrait des informations sur l'éclairage nocturne des voies, la présence de graffitis sur les murs, voire encore le nombre de fenêtres cassées (Fonseca et al., 2022).

Streetscape design

Le *streetscape design* prend en compte tous les paramètres relatifs au design de la ville, notamment le caractère esthétique. (Fonseca et al., 2022).

Beaucoup d'indices de marchabilité basés sur l'analyse territoriale utilisent des indicateurs pouvant être classés dans ces différents thèmes. Cependant, le nombre d'indices de marchabilité et leur méthodologie associée se sont multipliés ces dernières années. Cette multiplication est due à une prise de conscience par rapport à l'objectivité de ces indices de marchabilité. En effet, les premiers indices ayant été créés dans des pays d'Amérique du Nord, beaucoup de travaux issus de pays européens ou d'Amérique du Sud tentent de reprendre ces indices de marchabilité en les adaptant à l'échelle de leur territoire (Liao et al., 2020).

b) L'enfant : un usager complexe du territoire aux pratiques de mobilité qui dépendent de facteurs multiples

Les structures dans la vie d'un enfant sont relativement limitées et spécifiques

En raison de la particularité de leur statut, les jeunes enfants n'ont pas les mêmes pratiques de mobilités que les adultes ou les adolescents plus âgés, ni les mêmes centres d'intérêts. En dehors du lieu de résidence familial, les enfants fréquentent presque exclusivement leur école et certaines infrastructures de loisir.

L'école constitue un pilier central dans le développement des enfants. Tout d'abord parce que cette dernière est obligatoire en France, mais également parce que l'école est un lieu qui « initie l'enfant à la société [en] lui donnant les fondements du points de vue normatifs, formatif et créatif » (LeaL, 2015). Pour les enfants, l'école est certes vue comme un lieu de travail, mais elle est aussi pour eux un lieu de sociabilité permettant le contact avec « le monde extérieur » (LeaL, 2015), ainsi qu'un milieu « important dans la pratique de saines habitudes de vie » (Lalonde, 2014).

Outre l'école et l'environnement familial, il existerait trois autres espaces importants dans la vie infantile : les espaces de jeux extérieurs, les équipements de loisirs et les services de garde

(Karsten, 2002). La première catégorie concerne les aires de jeu et les parcs. Ces derniers, à l'inverse de la rue considérée comme dangereuse et inapte à accueillir des jeux d'enfants, sont davantage sécurisés et sont pour la plupart disposés de barrières ou de clôtures entourant les dits-espaces. Toutefois, il arrive parfois que certaines infrastructures à l'origine prévues à une utilisation très précise soit utilisée de manière ludique par les enfants. C'est par exemple le cas des cages d'escalier, des aires de stationnement, des espaces vacants ou encore des cours arrière (Wiebe, 2010). Les centres et équipements de loisirs peuvent disposer de davantage d'infrastructures prévues pour l'activité physique sportive et ainsi proposer des activités ouvertes à tout âge. La troisième catégorie concerne surtout les centres de loisir tel que les centres périscolaires (Wiebe, 2010).

Le rôle des facteurs socio-écologiques dans la mobilité infantile

La mobilité de l'enfant varie selon différents facteurs relatifs à l'approche socio-écologique citée précédemment. L'âge prend une grande place dans la mobilité de l'enfant en ce qui concerne les facteurs individuels (Wiebe, 2010). Ceci serait dû au fait que l'enfant est en plein développement cognitif et que sa capacité à s'approprier l'espace a tendance à évoluer au fil des années. D'après la notion de développement de l'enfant mis en avant par Piaget, un enfant connaîtrait différents stades de développements avant d'atteindre l'âge adulte.

De cinq à huit ans il n'a qu'une idée très concrète de l'espace et définit les choses uniquement pour leur usages. Il peut réaliser des observations sur ce qu'il l'entoure s'il est intéressé, et sait reconnaître des points de référence comme des arbres ou certains bâtiments (LeaL, 2015). En grandissant il sera ensuite capable « d'acquérir une pensée plus objective » (LeaL, 2015). Il est capable de localiser les choses et les lieux et sait donc les place sur une carte. Il est également possible pour l'enfant de se repérer et de s'orienter dans des lieux connus.

La mobilité de l'enfant est relativement restreinte du fait qu'il se déplace à une distance assez moindre, en revanche, la distance parcourue a tendance à augmenter avec l'âge. Ainsi d'après O'Brien, la majorité des enfants de 10-11 ans ont la possibilité de se rendre à des commerces locaux, de jouer dans la rue, de se rendre à l'école ou chez des amis en autonomie (Wiebe, 2010). Cependant, d'après une étude menée à Melbourne par Veitch, Salmon et Ball (2007), 12% des enfants ne se déplacent pas sans leurs parents, et le tiers des interrogés ne pouvaient pas parcourir une distance supérieure à 100m. Chez les enfants plus âgés, la moitié pouvait cependant dépasser une distance supérieure à 1km vis-à-vis de leur domicile (Wiebe, 2010).

Ainsi si l'enfant peut davantage se déplacer en autonomie lorsqu'il grandit en âge, c'est aussi parce que l'influence des parents tend à diminuer lorsque l'enfant évolue (Wiebe, 2010). En effet, l'influence des parents est très importante dans le choix de mobilité d'un enfant et également dans sa participation ou non à une activité.

L'environnement exerce par ailleurs une influence sur la capacité des parents à laisser ou non leur enfant se déplacer en autonomie (ici à pied) jusqu'à un lieu réservé à une activité spécifique (Karsten & Van Vliet, 2006). En revanche, même s'il existe de nombreuses recherches concernant les associations entre le *Built Environment* et la mobilité piétonne, la liste d'articles concernant l'influence de l'environnement sur les pratiques de mobilité infantiles ne sont pas aussi élevées (Larsen et al., 2009). Cependant, il est bon de rappeler que les liens entre les caractéristiques de l'environnement et la mobilité diffèrent chez les adultes en raison des facteurs évoqués précédemment (Larsen et al., 2009). Ainsi, dans les caractéristiques du *Built Environment* vues précédemment, seules certaines d'entre-elles ont été considérées comme influentes sur la mobilité des enfants et sur la pratique d'une activité physique (Ding et al., 2011).

On retrouve dans un premier temps la notion de distance entre les aménités. En effet, plus la distance de déplacement augmente, plus le risque de réaliser le trajet à pied diminue chez les enfants (Salze, 2013), cette distance limite varierait selon l'âge (Wiebe, 2010). La Densité résidentielle ainsi que le *Land use mix* aurait également un certain impact sur la mobilité des enfants (Ding et al., 2011). L'accès à la végétation, à des aires de récréations et à des domaines spécifiques (ici par exemple des lieux spécifiques à l'activité physique), corréleraient positivement avec l'activité physique et donc potentiellement à la marche chez les jeunes enfants (Ding et al., 2011).

Chez les enfants la notion de sécurité est particulièrement importante, on relève ainsi la plupart des caractéristiques relatives à la sécurité évoquées par Fonseca et al (2022) dans la pratique de la marche par les adultes. Ainsi on retrouve les caractéristiques liées aux incivilités, et au crime, mais on retrouve également celles liées au trafic automobile et à la vitesse de circulation des voitures (Ding et al., 2011)

3) Configuration socio-urbanistique et contexte socio-économique de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin

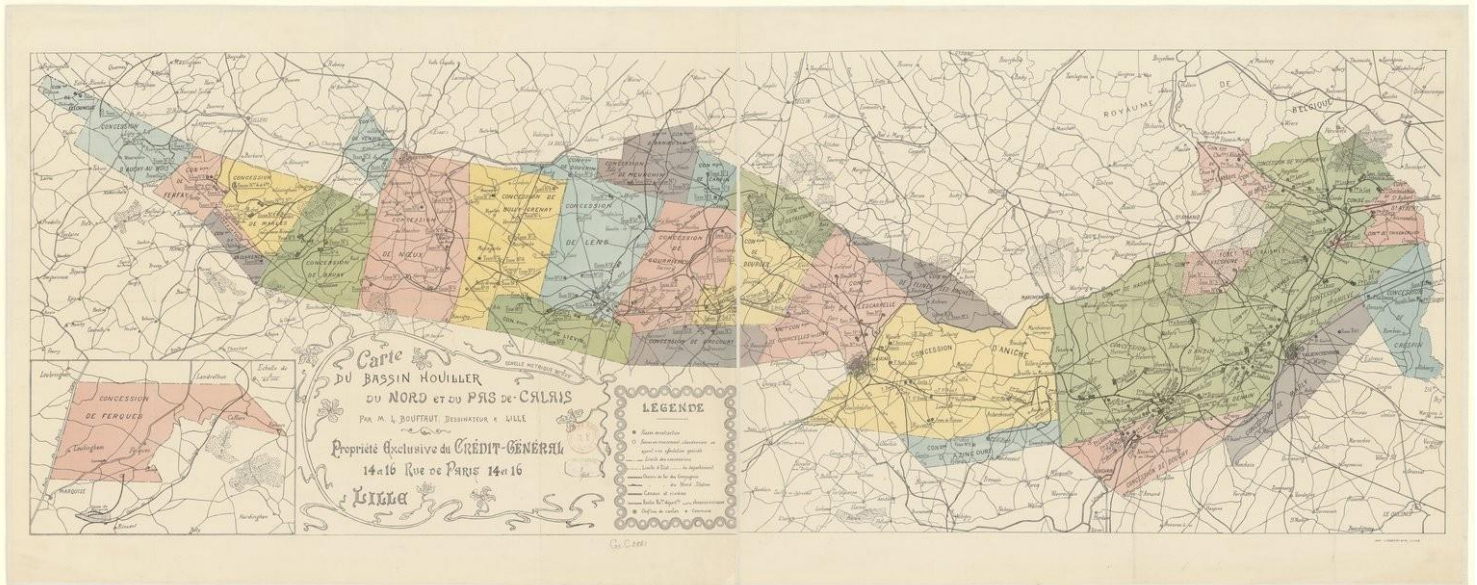
a) La Communauté d'Agglomération de Lens Liévin, un territoire directement lié à l'industrie minière et à la récolte de la Houille

Situation géographique de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin



Carte 1 : Situation géographique de la Communauté de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.

La communauté d'Agglomération de Lens-Liévin, située dans le département du Pas-de-Calais au Nord de la région des Hauts-de-France, est un EPCI composée de 36 communes toutes concentrées dans ce qui était autrefois le Bassin Minier. En raison de leur situation géographique, les morphologies de ces communes se sont vues évoluer rapidement dès le début de l'exploitation de la Houille pour passer d'un paysage agricole rural à un paysage davantage industrialisé (Mortelette, 2019).



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Carte 2 : Représentation de l'ancien site du bassin minier. Bibliothèque Nationale de France, XXe siècle.

Le début de l'exploitation de la Houille au centre de notre zone d'étude commence après la découverte du bassin minier du Nord-Pas-De-Calais en 1847. Les extrémités de ce territoire se sont vues également confrontées à l'exploitation minière une dizaine voire une vingtaine d'années plus tard, et ce de manière successive après la fermeture des gisements précédents (Baudelle, 2003).

Suite à l'exploitation minière, la population a doublé dans la majorité des communes du Bassin-Miner, le nombre d'habitants présents à Lens a par ailleurs quadruplé entre le début de l'industrialisation du terrain et l'apogée de l'exploitation de la Houille dans la Communauté d'Agglomération (Mortelette, 2019). Cette hausse s'explique avant tout par le besoin de main d'œuvre des compagnies minières qui, pour attirer un nombre important d'ouvriers, réalisent la construction de logements considérés à cette époque comme modernes et confortables. Le confort et les caractéristiques inhérents aux logements des mineurs ont fortement évolué au cours des deux siècles d'exploitation. Cependant, l'existence de ces logements pour ouvriers

loués par les compagnies minières s'inscrit également dans le cadre d'une volonté de contrôle de leur main d'œuvre (Davaux, 2020). L'urbanisation rapide de la CALL, en lien avec l'exploitation de la houille, ainsi que le paternalisme des compagnies minières, ont eu une très grande importance dans le paysage de cette dernière.

b) Les conséquences de l'industrie minière sur la morphologie urbaine de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin : état des lieux des héritages et du patrimoine issus de cette époque

La CALL a gardé de nombreuses traces de son passé de ville minière, notamment dans sa forme urbaine et dans la construction de ses habitations. On peut notamment retrouver dans la communauté d'agglomération les différentes évolutions qu'on put subir l'habitat minier du XVIIIe au XXe siècle (Davaux, 2020). Les corons, premières habitations des mineurs, sont surtout retrouvables à l'abord des routes principales, tandis que les cités minières sont davantage situées entre ces dites routes, reliées par un réseau viaire sinueux et étroit.

Les cités minières présentes au sein de la CALL peuvent se distinguer en 3 classes. On retrouve dans un premier temps les cités pavillonnaires, construites entre 1860 et 1939. Ces dernières, issues avant tout d'une nécessité technique, ont également été développées dans un but esthétique afin de contraster avec la « rigidité » et « l'austérité » des corons afin d'attirer davantage d'ouvriers (Davaux, 2020).

Les cités-jardins voient le jour à l'entrée du XXe grâce à la compagnie minière de Lens (Davaux, 2020). La construction des cité-jardin comme cités minières se réalise dans une volonté de contrôle de la population ouvrière (plus puissante que lors de la construction des corons) et de prise de conscience de l'importance des espaces verts dans la ville. Cette volonté hygiéniste des compagnies minières se ressent dans l'aménagement des cité-jardin qui se voient jonchés d'espaces verts, de verdure et de plantations d'arbres (Hardy-Hémery, 2008).

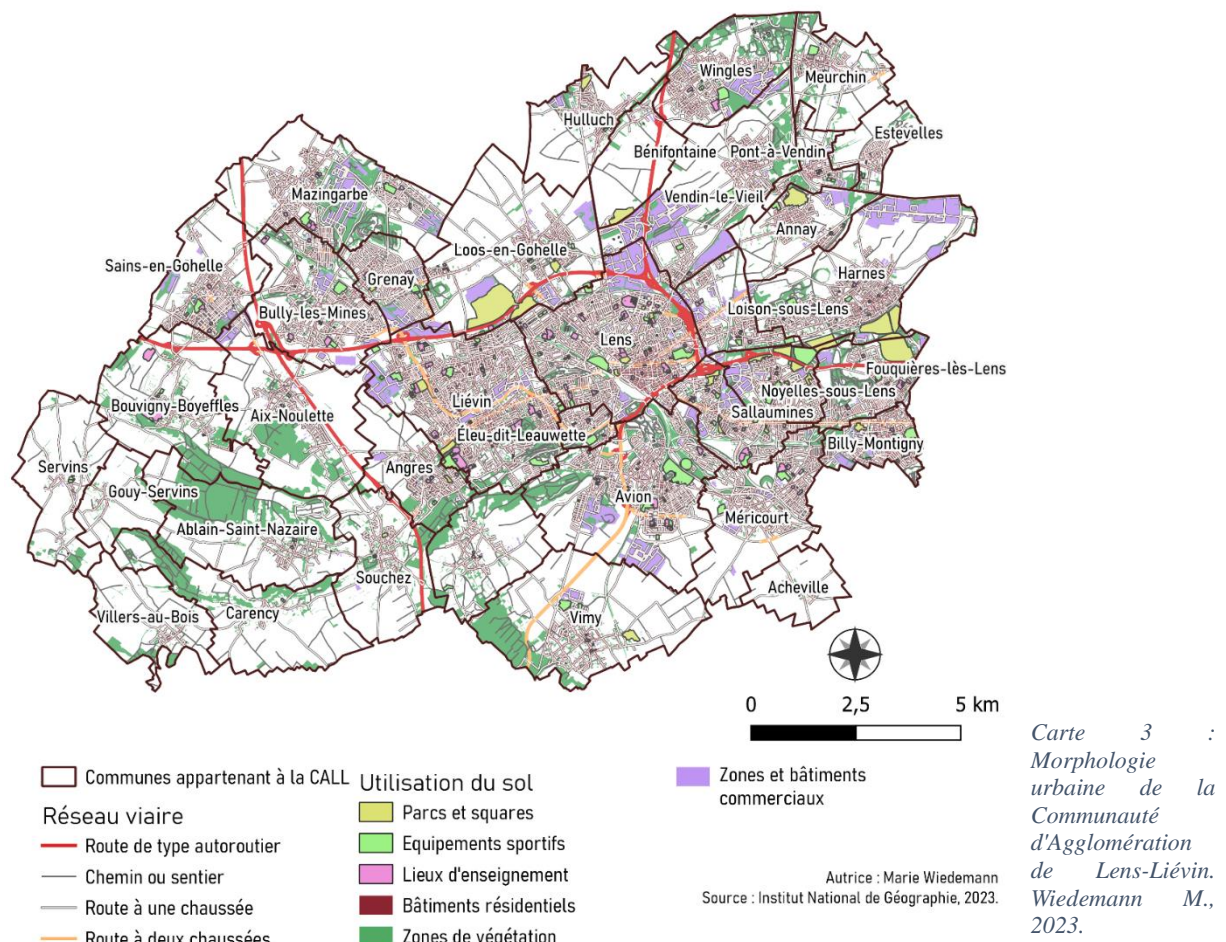
La première guerre mondiale a détruit la quasi-totalité des logements dans la CALL, cependant même si la plupart de ces derniers ont pu être reconstruit à l'identique, beaucoup de corons et de cités pavillonnaires se sont vues transformées leur de leur reconstruction en raison de la popularité des cités-jardins. Après la nationalisation des compagnies minières et la crise du logement apparu à la fin de la Seconde Guerre Mondiale, les cités minières voient augmenter leur nombre de logements pour correspondre à la demande. « L'urgence du besoin de logements et l'influence moderniste poussent les dirigeants à opter pour une architecture

préfabriquée et très standardisée » (Davaux, 2020). La construction de ces bâtiments préfabriqués unifie et uniformise le paysage urbain.

Il est important également de noter que l'hygiénisme et le paternalisme des compagnies minières se retrouve également dans tout le paysage du territoire sous la forme de mécanismes visant à ostraciser la population ouvrière. Les cités minières sont ainsi pour la plupart aménagés de sorte à ce que les mineurs ne manquent de rien et puissent jouir d'activités et de passions jugées comme saines par les compagnies (tel le sport ou la religion). Elles possèdent ainsi en leur sein des lieux de cultes, de scolarisation pour les enfants et encouragent à la pratique sportive. Eloignés du centre-ville, les ouvriers ont donc un cadre de vie propice à la résignation et centré autour de la mine (Beltramo, 2018).

Du fait de ces particularités, la CALL possède de nombreux parcs, équipements de loisir et équipements favorisant l'activité physique sur le territoire, un réseau de routes sinueux et de nombreux culs-de-sac.

Morphologie urbaine de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin en 2023



En juin 2012 le Bassin Minier a été classé au patrimoine mondial de l'UNESCO au titre de « paysage culturel évolutif » (Mortelette, 2019). Ce classement au patrimoine de l'UNESCO encourage fortement la préservation ou la rénovation des équipements sportifs, des églises, des écoles, et des salles des fêtes même si certaines infrastructures sont aujourd'hui à l'abandon ou ont été démolis. La protection et la préservation des terrils, débris charbonniers, sont également fortement encouragés. De nombreux terrils présents dans la CALL ont ainsi été réhabilités en lieux de promenade, en parcs ou en lieux touristiques (Mortelette, 2019).

La communauté d'agglomération propose également de nombreux événements, manifestations ou même lieux de promenade centrés autour des infrastructures classés au patrimoine mondial de l'Unesco.

Figure 1 : Visite Cyclotouristique : capture d'écran du site eTerritoire. Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. <https://www.eterritoire.fr>



Sur le site *eTerritoire* présentant les événements des Hauts-de-France on peut par exemple retrouver une « Visite Cyclotouristique au cœur du patrimoine mondial de l'UNESCO », des randonnées nocturnes sur les terrils de Loos-en-Gohelle, ou des randonnées pique-niques (Mortelette, 2019).

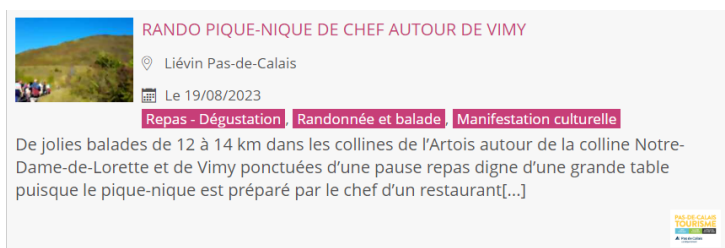


Figure 2 : Rando pique-nique : capture d'écran du site eTerritoire. Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. <https://www.eterritoire.fr>



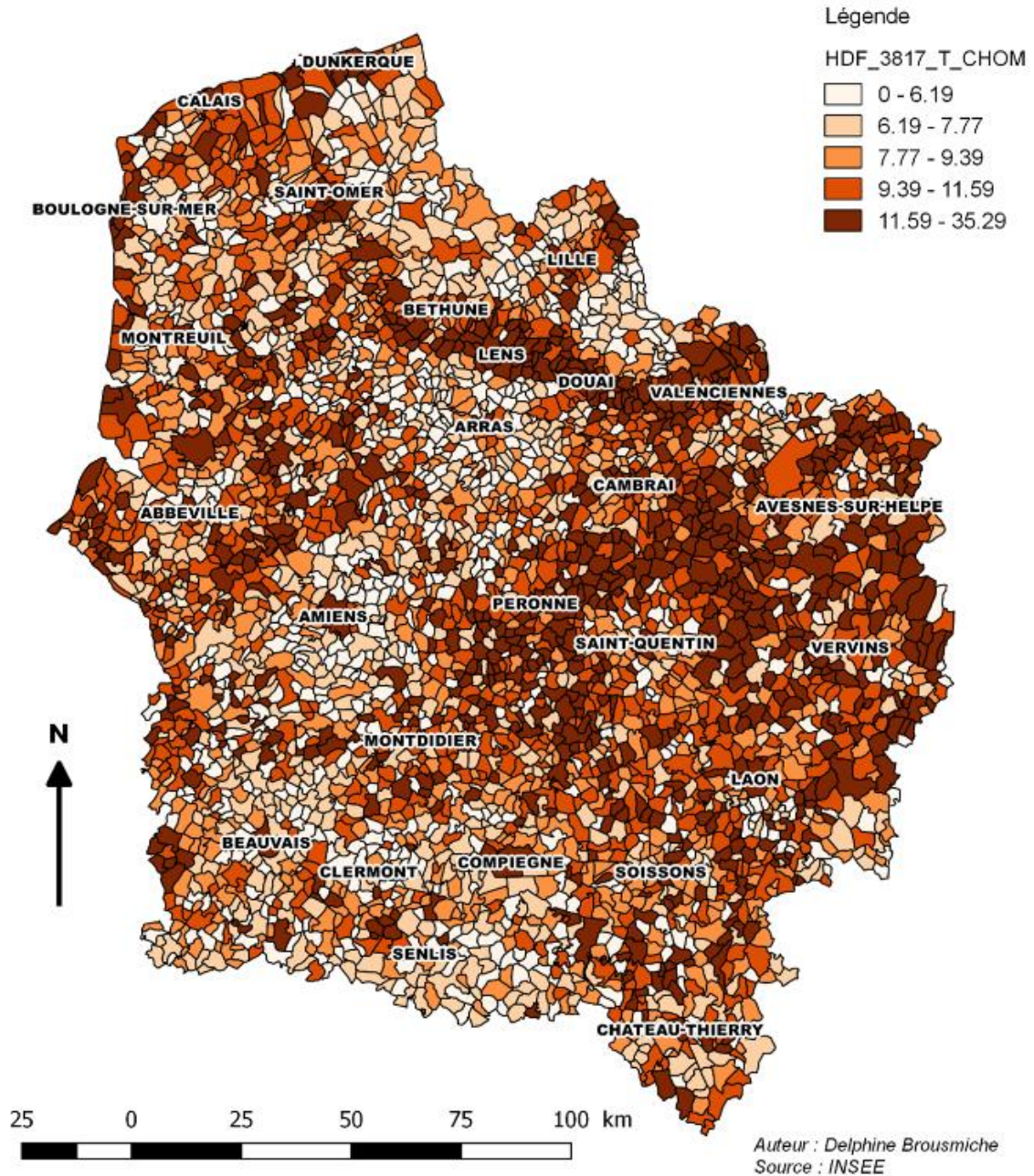
Figure 3 : Terrils Thérapie : capture d'écran du site eTerritoire. Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. <https://www.eterritoire.fr>

La Communauté d'Agglomération de Lens Liévin est donc un territoire très particulier en raison de son passé lié à l'exploitation minière. Les traces et le patrimoine issu de cette période se ressentent dans la morphologie urbaine et l'organisation spatiale de la CALL, notamment dans la présence des espaces verts, des sentiers et chemins de randonnées, de la composition du réseau viaire, et de la présence des équipements de loisir.

c) Un territoire en grande difficulté économique et sociale

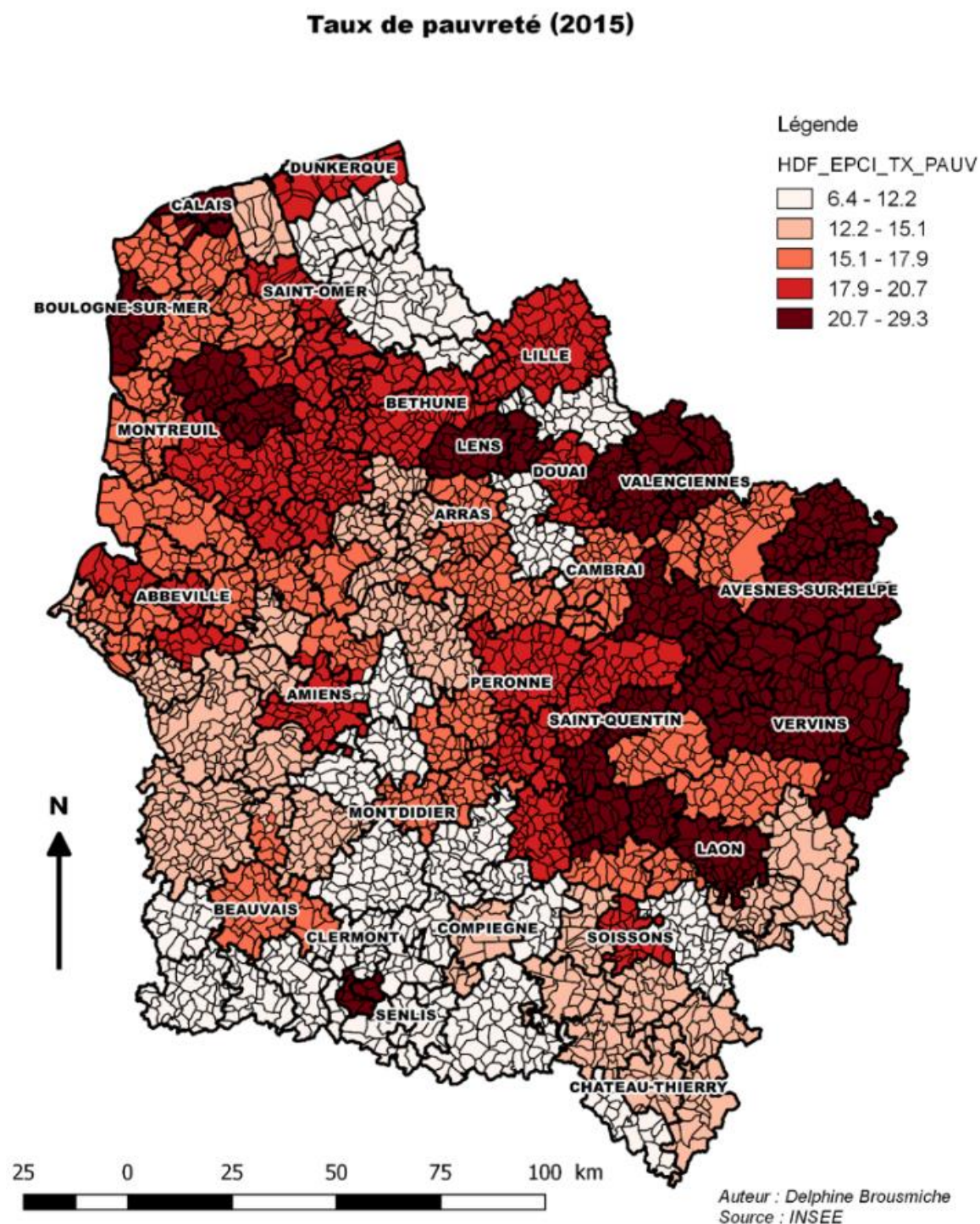
La CALL est un territoire peuplé de 241 268 habitants en 2019 dont presque 32000 à Lens et 30000 à Liévin, soit, le quart des habitants des 36 communes de la CALL. (INSEE, 2023). La population est majoritairement active (67.8% en 2020, tout de même 4% que la moyenne nationale) et comporte 16,8% d'ouvriers (10% de moins que la moyenne nationale), 24,2 % de personnes activité professionnelle et 3% de cadres (5 fois inférieur à la moyenne nationale (INSEE, 2023). Le taux de chômage dans la communauté d'agglomération est important avec 19,2% de taux de chômage pour les 15-64 ans (4 fois supérieur à la moyenne nationale (INSEE, 2023)). En comparant avec la région des Hauts de France, ce score semble d'autant plus important puisque la CALL apparaît dans la classe comportant les taux de chômage les plus hauts.

Taux de chômage en 2014



Carte 4 : Taux de chômage dans les Hauts-de-France. D. Brousmiche

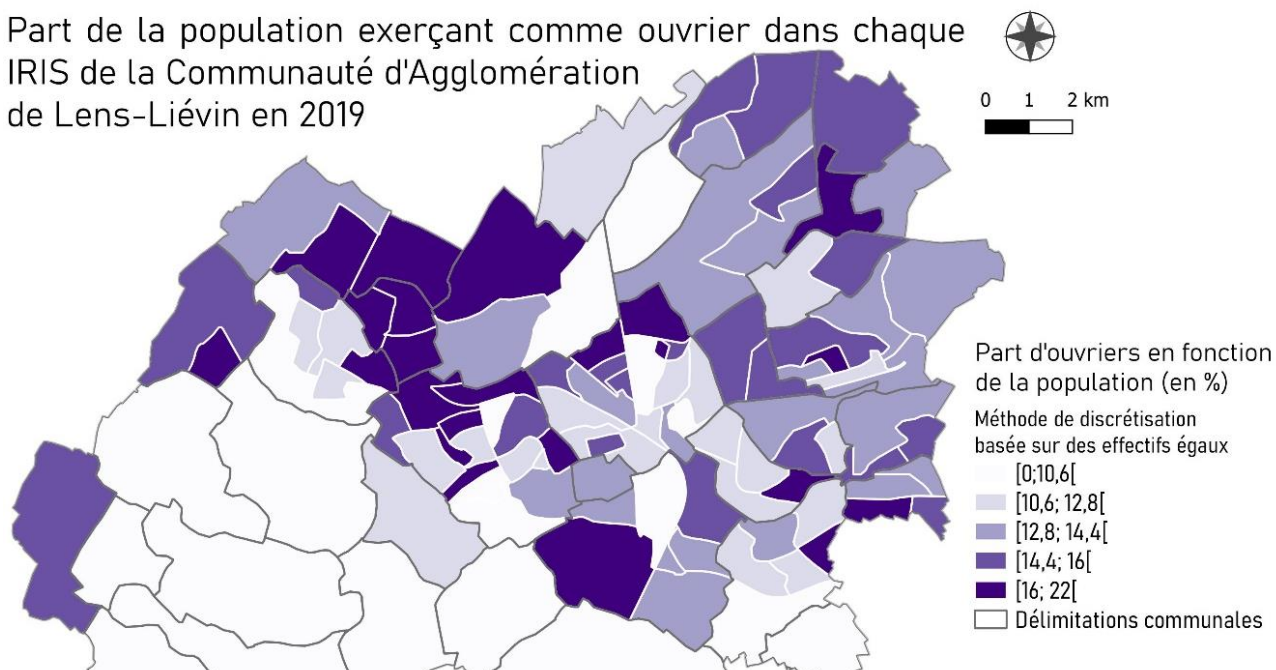
La CALL fait également partie des communes au plus haut taux de pauvreté de la région des Hauts-de-France avec les communautés d'agglomération de Vervins, Avesnes-sur-Helpe, Valenciennes, Calais et Boulogne-sur-Mer.



Carte 5 : Taux de pauvreté des Hauts-de-France en 2015. D. Brousmiche

La population n'est par ailleurs pas répartie de manière homogène sur le territoire comme nous pouvons le voir sur ce jeu de trois cartes :

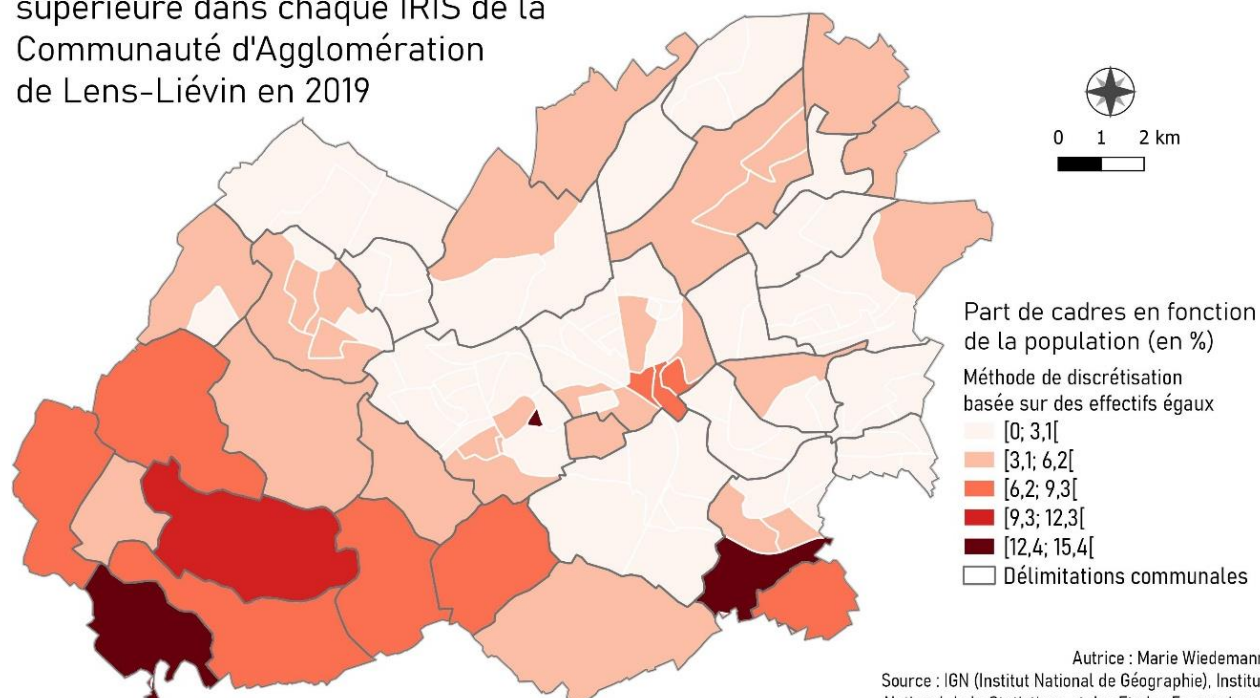
Part de la population exerçant comme ouvrier dans chaque IRIS de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin en 2019



Carte 7 : Répartition de la part d'ouvrier dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.

Autrice : Marie Wiedemann
Source : IGN (Institut National de Géographie), Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

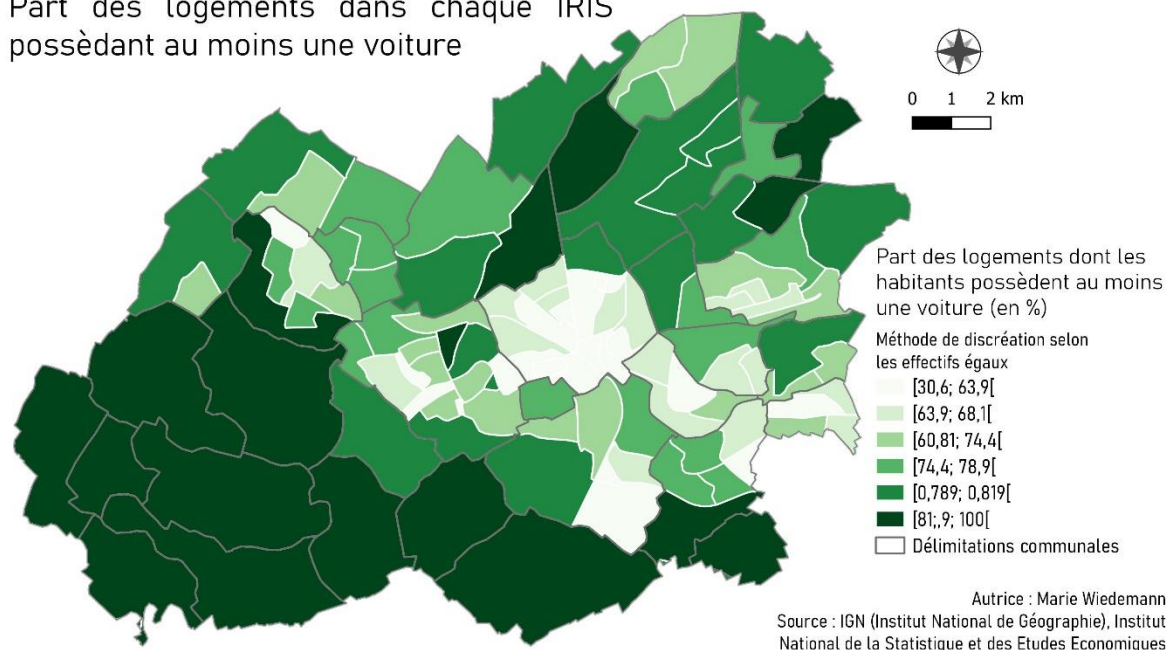
Part de la population exerçant comme cadre ou de profession intellectuelle supérieure dans chaque IRIS de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin en 2019



Carte 6 : Répartition de la part des cadres et des professions intellectuelles supérieures dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.

Autrice : Marie Wiedemann
Source : IGN (Institut National de Géographie), Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

Part des logements dans chaque IRIS possédant au moins une voiture



Carte 8 : Part des logements possédant une voiture ou plus dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.

Les trois cartes présentées juste au-dessus semblent mettre en évidence une démarcation entre le Sud et le Nord de la CALL. En effet, nous pouvons remarquer que la population ouvrière est davantage située dans le Nord de la communauté d'Agglomération tandis qu'au contraire le Sud du territoire semble particulièrement constitué de cadres ou d'individus exerçant une profession intellectuelle supérieure. Par ailleurs, nous pouvons également remarquer que le Sud de la communauté d'agglomération est davantage constitué de logements dont le ménage où l'habitant possède au moins une voiture que dans la partie Nord. La population de cadres situées au Sud semble ainsi davantage posséder une voiture que les personnes plus précaires localisées au Nord du territoire.

La population de la CALL possède un taux de mortalité assez élevé. Les pathologies cancéreuses et diabétiques sont d'ores et déjà très élevées dans le département, mais celui-ci se démarque également par un taux de personnes en surpoids largement supérieur à la normale. Le Contrat Local de Santé de la CALL évoque un taux supérieur à 50% d'habitants du Pas-de-Calais en surpoids, et 21.7% en état d'obésité (Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin, 2023).

Ces chiffres, jugés alarmants par la Communauté d'Agglomération, ont encouragé les dirigeants à mettre en place des actions favorisant l'activité physique et la consommation d'aliments sains et durables. Ces actions se retrouvent notamment dans des plans de collaboration des acteurs en santé du territoire, mais également à travers la création de nombreuses manifestations sportives ou de prévention sur le territoire de la CALL(Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin, 2023).

Matériels et méthodes

1) Source des données

a) Méthode de sélection des individus ayant participé à cette étude

Le choix des échantillons découle de plusieurs étapes de sélections réalisées par Elise Decorte, doctorante en deuxième année de thèse à l'URePSSS, avant mon arrivée au sein du projet. Dans un premier temps cette dernière a réalisé une passation de questionnaires auprès 33 écoles dans le but d'obtenir les déclarations et les pratiques de chaque élève, et également de déterminer si l'école ciblée était ou non classée REP et localisée en QPV. Les données du questionnaires ont également servi à construire un score d'Activité Physique Semaine noté sur 30 servant à mesurer le comportement actif de la part de l'enfant.

Après avoir gardé uniquement les écoles localisées en QPV ou classées en REP, la dernière sélection des écoles s'est réalisée en fonction du Score d'Activité Physique Semaine. Quatre écoles ont ainsi été sélectionnés pour leur score très inférieur, tandis qu'une dernière a été sélectionnée pour un score plus élevé. Le nom de ces cinq écoles ainsi que leur localisation ont été cartographié à la page suivante.

Elise Decorte a ensuite réalisé des tests de condition physique auprès des enfants des écoles sélectionnées, tout en recueillant également leur adresse et divers informations personnelles. Toutes ces données ont ensuite été rentrées dans un tableur, à l'exception des adresses de domicile.

Présentation des écoles sélectionnées au sein de la CALL

DOCUMENT SOUMIS A DES
REGLES DE CONFIDENTIALITE

Carte 9 : Présentation des écoles sélectionnés pour l'expérience. Wiedemann M., 2023.

À la suite de la création de ce tableur nous avons pu procéder au géocodage manuel⁷ des adresses du lieu de vie de chaque enfant. Les adresses étant recensées sur des feuilles de consentement et donc disponibles uniquement en format papier, il a fallu rentrer ces dernières sur Google Maps pour récupérer les coordonnées GPS de chaque logement pour ensuite les rentrer sur le même tableur. Cette étape a été réalisée du 24 au 25 avril. Une étape finale de vérification des données s'est vu être réalisée le 11 mai.

Afin d'éviter toute potentielle récupération des données par une personne extérieure, nous avons pris la précaution de coder les enfants en fonction de leur école, leur classe ainsi que le numéro d'affichage sur le tableur.

b) Présentation des données utilisées pour les analyses spatiales indispensables à la construction des indicateurs de marchabilité

Les données utilisées pour la construction de ces indicateurs sont majoritairement issues de l'Institut National de Géographie, plus précisément du millésime 2022 de la BD topo du département du Pas-de-Calais. Cette source étant très fiable, nous nous permettrons de l'utiliser pour la quasi-totalité des indicateurs.

Les données portant sur la localisation des clubs de sport au sein de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin, disponibles sur le site *Open Data* de la CALL, ont également été utilisées pour la création des indicateurs composant l'indice. Concernant la disponibilité des équipements sportifs dans la communauté d'agglomération, le site gouvernemental du ministère de la jeunesse et des sports mettait également à disposition une base de données de recensement des équipements sportifs au niveau national. Cependant, cette base de données n'ayant pas été mise à jour depuis deux ans et n'ayant pas les mêmes pratiques de recensement à l'échelle communale, il nous semblait plus utile d'utiliser uniquement les données portant sur les bâtiments et zones d'activités mises en exergue par l'IGN dans la BD Topo de 2022 présentée précédemment.

L'un de nos indicateurs portant sur de l'analyse d'image raster, il a été nécessaire également de se servir des images satellites L2A du satellite Sentinel-2. Pour que cette donnée soit la plus fiable possible, il était important de sélectionner uniquement une image satellite

⁷ L'échantillon étant un public jeune et le projet impliquant des données personnelles de ces derniers (aptitudes physiques et adresse du domicile notamment), nous avons eu l'interdiction par la RGPD de réaliser le géocodage des adresses des enfants par l'intermédiaire d'une banque d'adresses. Cette interdiction s'appliquait dans le cadre du respect de la RGDP.

comportant le moins de couverture nuageuse visible. La notion de date était également importante puisque le couvert végétal ne reste pas dans le même état toute l'année. L'image sélectionnée devait donc être prise sur la période estivale et donc autour de juin à août 2022. Après avoir sélectionné la zone d'étude et pris en compte ces deux conditions, nous avons pu récupérer l'image satellite prise le 17 juillet 2022 à 11h07.

L'ensemble des données utilisées ainsi que chaque source correspondante est disponible en annexes⁸ dans un tableau prévu à cet effet.

Afin de pallier certaines données manquantes dans la bd topo de l'IGN, notamment la largeur des routes, nous avons également utilisé les données vectorielles issu de l'« Occupation du sol en deux dimensions » du Nord-Pas-de-Calais mis en ligne par le site Géo2France.

Certaines données plus précises portant sur les aménagements piétons au sein de la CALL étaient disponibles sur *OpenStreetMap*, celles-ci demeurent cependant incomplètes et n'ont ainsi pas été utilisés dans nos analyses. L'absence de ce type de données dans les bases de données publiques nous a poussés à contacter la CALL et le département du Pas-de-Calais. N'ayant obtenu aucune réponse de leur part, beaucoup d'indicateurs qui devaient être traités à l'origine dans cette étude n'ont pas pu être construits. La liste de ces données sont disponibles en annexe.

2) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin

a) Sélection des indicateurs nécessaires à la construction de l'indice de marchabilité

Le but de cette étude est à terme de réaliser la construction d'un indice de marchabilité composite présentant les principaux indicateurs existant dans la littérature. La sélection de ces indicateurs s'est faite en plusieurs étapes que nous allons maintenant détailler.

Tout d'abord, à partir d'une revue de littérature réalisé par Fonseca (2022) dans laquelle une grande partie des indicateurs les plus populaires sont répertoriés, selon leurs thèmes associés (utilisation et occupation du sol, état du réseau viaire, sécurité, esthétisme, accessibilité). Une liste d'indicateurs de départ s'est ainsi construite sur la base de ce travail préexistant.

⁸ Confère annexe 2

Par la suite, nous avons continué à enrichir cette première liste d'indicateurs à partir de nos différentes lectures sur le sujet. Liao, Van den Berg, Van Wesemael et Arentze (Liao et al., 2020), nous ont notamment permis de prendre en considération d'autres indices qui n'étaient pas référencés dans la revue de littérature précédemment citée.

Nous nous sommes ensuite interrogés sur la pertinence de toutes les variables dans le cadre de ce travail, qui se veut avant tout quantitatif. Ainsi, certains indicateurs présents dans cette liste se sont vus mis à l'écart en raison de leurs natures qualitatives. Notre étude étant principalement centrée sur de l'analyse spatiale, nous avons donc décidé de mettre de côté les indicateurs qui se basaient sur du ressenti d'échantillon pour mesurer

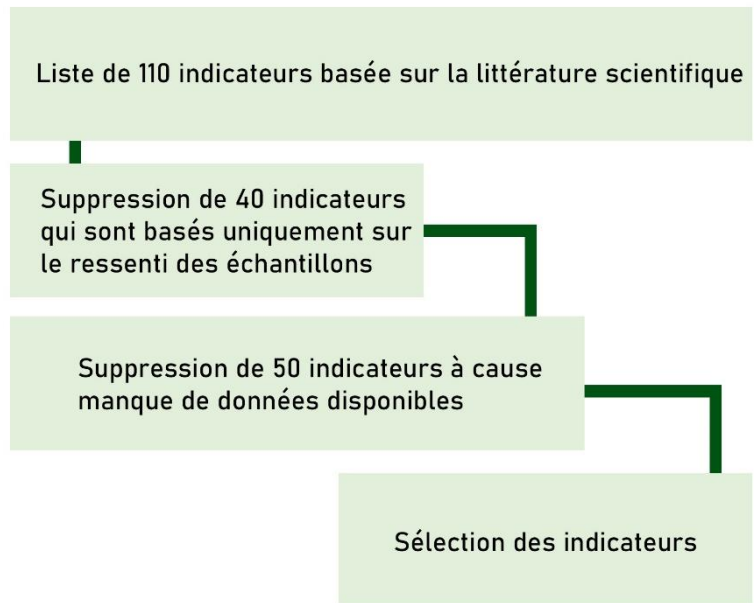


Figure 4 : Méthodologie de tri des indicateurs pour la construction de l'indice de marchabilité

la marchabilité d'un terrain. Les indicateurs se basant sur des critères esthétiques n'ont pas non plus été pris en compte en raison du jeune âge des participants à cette étude.

Enfin, un dernier filtre des indicateurs retenus s'est réalisé selon la disponibilité des données nécessaires à la construction de ces indicateurs. En premier lieu, les indicateurs dont la construction était possible de suite ont été mis de côté pour démarrer la suite du protocole. Pour les autres indicateurs, une demande a été faite à la CALL afin d'obtenir les données manquantes. La liste des données demandées est disponible en annexes⁹.

N'ayant obtenu aucune réponse de la part de la communauté d'agglomération, la liste des indicateurs s'est construite uniquement sur les données disponibles que nous avions à l'origine. Au sein de cette dernière liste, une dizaine d'indicateurs ont été choisis selon leur thème de prédilection cité précédemment.

La liste finale de tous les indicateurs est disponible ci-dessous :

⁹ Confère annexe 3

Nom de la variable	Description	Echelle	Description schématique
Densité résidentielle	Surface utilisée pour une utilisation du sol typée résidentielle	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Entropy index	Score d'équilibre d'utilisation du score basé sur la surface occupée par les espaces à but résidentiel, commercial, de loisir, ou dédiés à l'enseignement	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Nombre d'espace récréatif / incitant à la pratique d'une activité physique par aire	Nombre d'espace récréatifs ou de lieux incitant à la pratique d'une activité physique et sportive	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Densité des espaces récréatifs	Surface utilisée par les espaces récréatifs ou incitant à la pratique d'une activité physique et sportive	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
NDVI	Score moyen du NDVI	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Densité des intersections	Nombre d'intersections	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	

Tableau 1 : Présentation des indicateurs composant le futur score de marchabilité.
Wiedemann M., 2023.







Nom de la variable	Description	Echelle	Description schématique
Densité des culs-de-cas	Nombre de culs-de-sacs	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Total street segment par unité d'aire	Longueur des segments de routes	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Vitesse moyenne dans les rues à proximité	Moyenne de la vitesse moyenne des automobilistes pour chaque mètre de route du réseau viaire d'après la BD Topo de l'IGN	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Densité des routes importes ?	Surface de route à l'importance comprise entre 1 et 3 d'après la BD Topo de l'IGN	A l'intérieur de la zone tampon de chaque échantillon	
Distance entre l'équipement le plus proche et le domicile	Distance moyenne entre le lieu d'un enfant et les cinq équipements de loisirs (ou favorisant l'activité physique et sportive) les plus proches de ce dernier	Distance basée sur le réseau viaire sans limite de distance	
Distance entre le domicile et l'école affiliée	Distance entre le lieu de vie de l'enfant et l'école où ce dernier est inscrit	Distance basée sur le réseau viaire sans limite de distance	

Tableau 2 : Présentation des indicateurs composant le futur score de marchabilité.
Wiedemann M., 2023.

b) Outils et traitements

La construction des indicateurs composant l'indice de marchabilité induit forcément l'utilisation de SIG en ce qui concerne les données relatives à l'analyse spatiale. Pour tous les traitements relatifs à cette étude nous utiliserons donc *Qgis*, logiciel de SIG libre constitué d'une très large et très active communauté d'utilisateurs. Pour les mêmes raisons que celles évoquées au début de la méthodologie, le comité d'éthique a souhaité que les traitements informatiques impliquant les échantillons soient effectués uniquement au sein de la faculté des sports de l'Université d'Artois. Ainsi, il a donc été nécessaire de préparer en avance les données pour réaliser le plus rapidement possible les analyses sur le site. Des tests ont ensuite été réalisés avec des points aléatoires afin de vérifier la faisabilité des traitements qui se sont tous révélés réalisables. Les traitements finaux se sont ensuite déroulés du 15 au 23 mai 2023 en trois jours.

La première étape des traitements informatiques consistait en la création d'une zone tampon de 1 km de rayon, centré autour de chaque échantillon afin d'évaluer au mieux leur environnement de proximité.

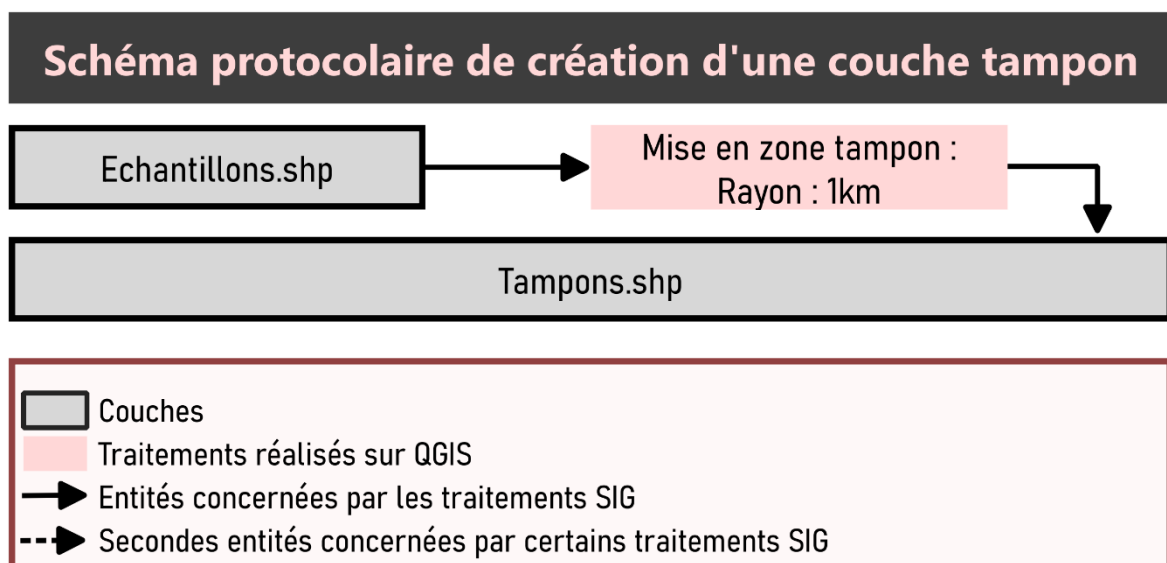


Figure 5 : Méthode de création de la zone tampon. Wiedemann M., 2023.

La deuxième étape consistait enfin à la construction des dits indicateurs montrés dans le tableau précédent. La construction des indicateurs sera détaillée ci-dessous. En revanche, étant issus à l'origine du *Graz Walkability Index*, la construction des indicateurs « *entropy index* », « densité résidentielle » et « densité des intersections » sera détaillée dans la partie le concernant.

Indicateur basé sur la moyenne du NDVI dans un rayon de 1 km

Le but de cet indicateur consistait à calculer la moyenne du NDVI dans un rayon de 1 km centré autour de chaque échantillon. Pour cela, il a fallu dans un premier temps récupérer les bandes rouges et infrarouges à dix mètres de résolution pour l'échelle donnée lors du téléchargement des fichiers rasters. Nous avons ensuite appliqué la formule nécessaire au calcul de cet indice :

$$NDVI = (bande\ rouge - bande\ infrarouge) / (bande\ rouge + bande\ infrarouge)$$

Une fois ce calcul raster réalisé et la couche raster du NDVI sauvegardée sur le logiciel, j'ai pu ensuite polygoniser la couche. Cette action nous a permis de transformer chaque pixel du raster en entités polygonale. La table d'attribut de la couche polygonisée possède également un champ de valeur recensant le score du NDVI pour chaque entité.

Une jointure spatiale a ensuite été appliquée pour que chaque entité comprise dans les tampons correspondant aux échantillons soient codés pour devenir identifiables. Nous avons ensuite réalisé une analyse statistique par catégorie afin de calculer la moyenne du NDVI pour chaque entité.

Schéma protocolaire de création de la couche du nombre d'intersections dans une zone tampon

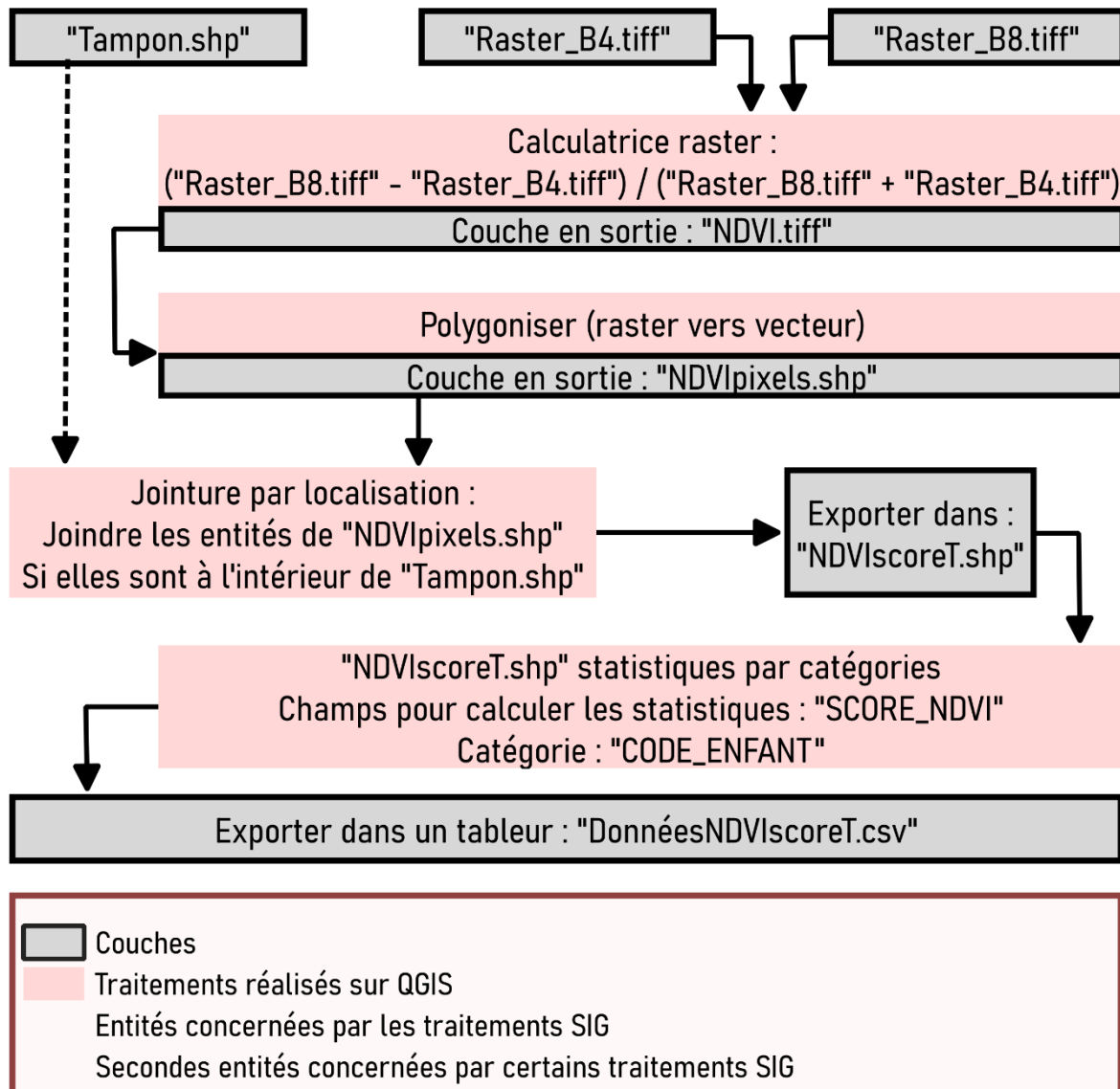


Figure 6 : Méthode de création de la couche d'intersection au sein des zones tampons. Wiedemann M., 2023.

Indicateur basé sur le nombre de cul-de-sac dans un rayon de 1 km

La construction de cet indicateur nécessitait de relever tous les culs-de-sac présents au sein de la zone de proximité de l'échantillon soit dans une zone tampon de 1 km autour de leur lieu de vie.

Après plusieurs recherches infructueuses, nous avons pu réaliser qu'il n'existait aucun traitement capable de recenser les nœuds situés aux extrémités d'un polygone. Le recensement de ces entités s'est donc réalisé manuellement à partir du réseau de route de la BD topo de l'IGN. Après avoir recensé tous les points correspondants à chaque cul-de-sac du réseau, il a suffi de réaliser un traitement de comptage de points.

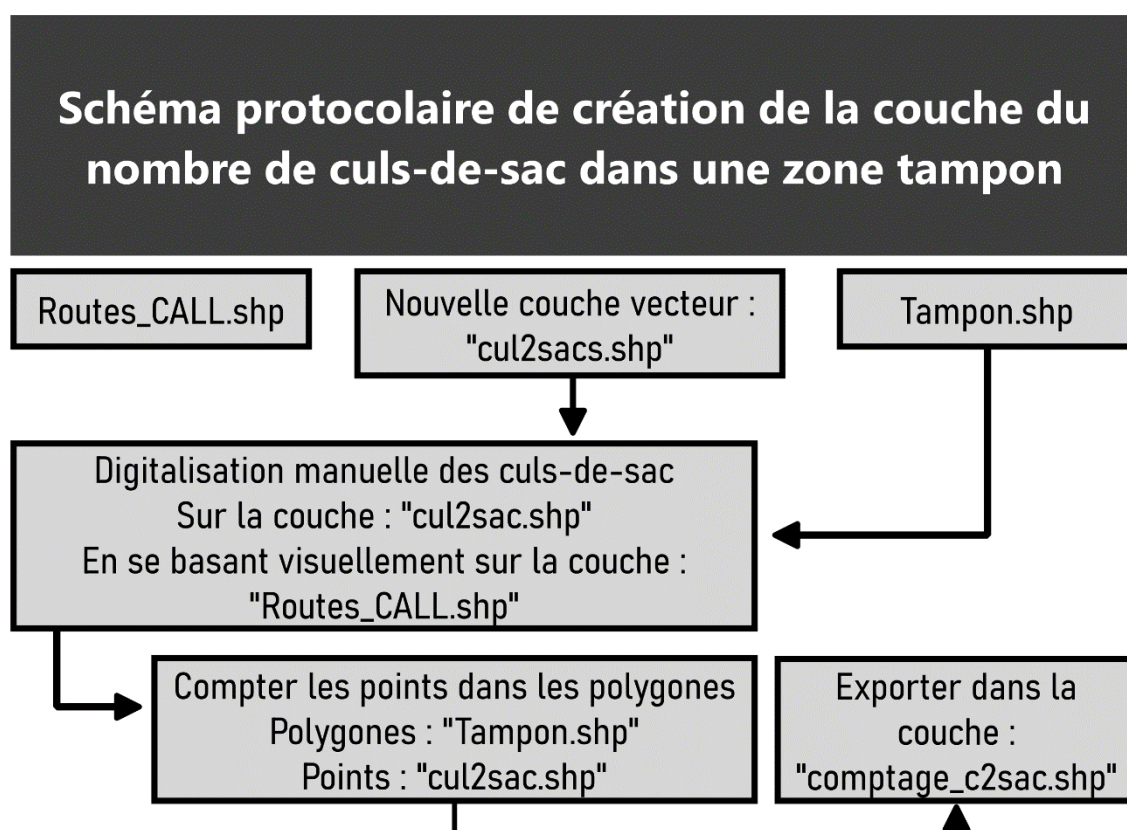


Figure 7 : Méthode de création du comptage des culs-de-sac dans la zone tampon. Wiedemann M., 2023.

Indicateur basé sur la distance entre l'échantillon et les équipements sportifs ou de loisirs les plus proches

Construire cet indicateur revenait à calculer la distance entre le lieu de vie de l'échantillon et les dix équipements sportifs ou de loisirs les plus proches de son lieu de vie en se basant sur le réseau viaire de la CALL. Pour la création de cet indicateur, il a été nécessaire de construire une matrice de distance en prenant en compte le réseau viaire de la CALL dans le trajet.

Les lieux de vie des échantillons ainsi que les équipements sportifs n'étant pas connectés directement au réseau, il a fallu les y raccrocher en premier lieu. Pour cela, j'ai dans un premier temps transformé le réseau de routes en points séparés par un mètre de distance. Nous avons ensuite utilisé l'outil distance au plus proche centre pour tracer une ligne entre les lieux de vies et les points du réseau les plus proches de ces derniers. Cette ligne a ensuite été rallongé d'un mètre à chaque extrémité pour permettre de créer une intersection représentant les points connectés au mieux sur le réseau viaire.

Schéma protocolaire de création de la variable représentant la distance moyen entre l'enfant et les 5 équipement sportifs/de loisirs les plus proches

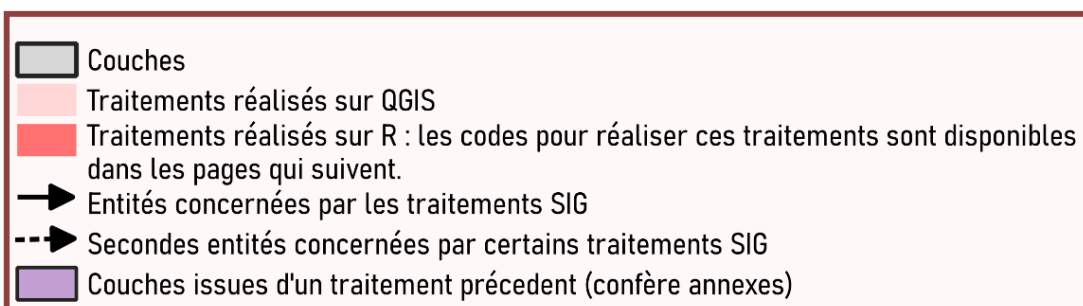
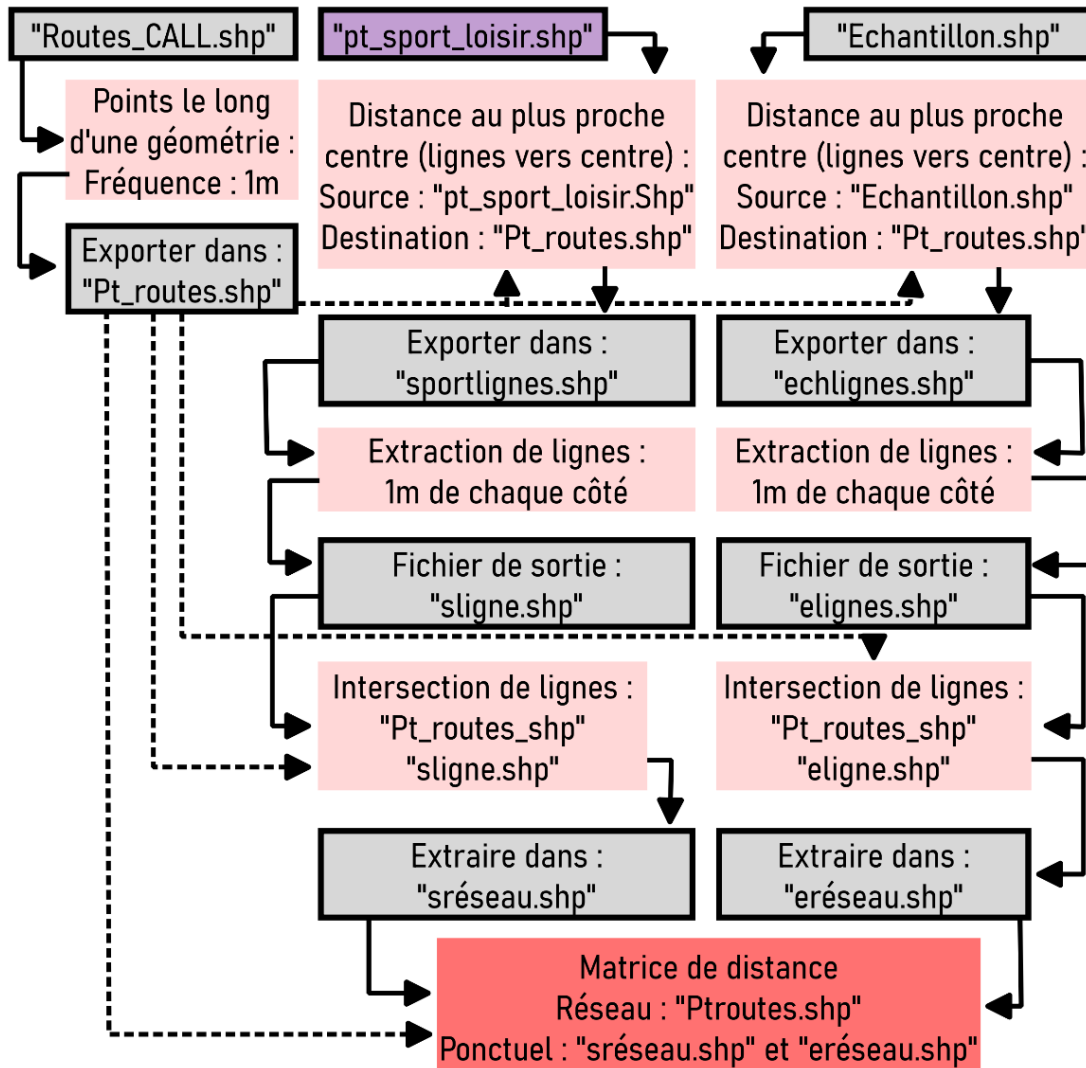


Figure 8 : Méthode de construction pour la matrice de distance aux équipements sportif. Wiedemann M., 2023.

Après avoir fusionné toutes les entités du réseau de lignes en une seule, il a ensuite été possible de réaliser la matrice de distance dont la structure est disponible ci-dessous.

$$\begin{array}{ccc} & \textit{distance}_1 & \textit{distance}_p \\ e_1 & x_{11} & x_{1p} \\ e_n & x_{n1} & x_{np} \end{array}$$

Grace à cette matrice il est ensuite possible de retrouver les cinq équipements les plus proches pour chaque enfant.

Le code python ayant permis la construction de cette annexe est disponible en annexes¹⁰.

Indicateur basé sur la distance entre l'échantillon et son école respective

Construire cet indicateur revenait à calculer la distance entre l'école de l'enfant et le lieu de vie de ce dernier. Chaque individu étant codé de sorte à pouvoir reconnaître l'école où il est inscrit, il suffisait de réaliser à nouveau une matrice de distance puis de garder celle associée à l'école de l'enfant.

Avant de réaliser ce traitement, il a également fallu connecter les écoles au réseau de routes. Pour cette action, la même méthodologie que dans le traitement de l'indicateur précédent a été appliquée. Le schéma protocolaire est néanmoins disponible en annexes¹¹.

Indicateur basé sur la superficie des routes considérées comme importantes par l'IGN au sein des zones tampon

Réaliser cet indicateur revenait à calculer la superficie des routes issues de la BD Topo de l'IGN selon leur niveau d'importance. Nous avons décidé de calculer la surface des routes dont le score d'importance était compris entre 1 et 3, ce qui correspond aux autoroutes, aux nationales, départementales et aux routes assez empruntées qui permettent de rejoindre d'autres villages. Une fois la sélection effectuée nous avons utilisé les données issues de Géo2France pour obtenir la surface de ces routes. Le schéma protocolaire de cette construction est disponible ci-dessous :

¹⁰ Confère annexe 4

¹¹ Confère annexe 5

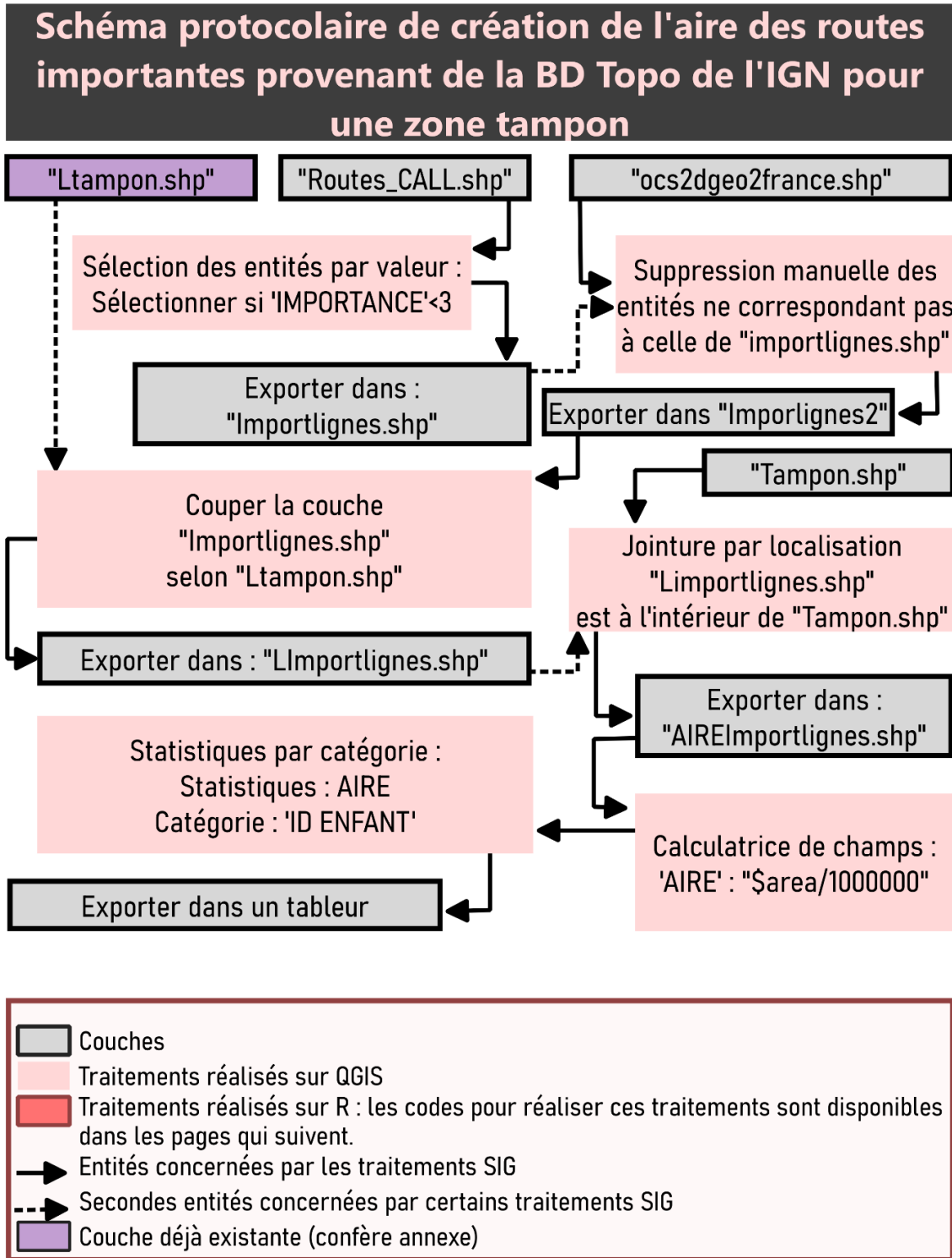


Figure 9 : Méthode de calcul de l'aire représentée par les routes considérées comme importantes dans les zones tampon. Wiedemann M., 2023.

Indicateur basé sur la vitesse moyenne des automobilistes (selon l'IGN) pour chaque section de routes au sein des zones tampons

La réalisation de cet indicateur consiste à calculer la vitesse moyenne pratiquée par les automobilistes dans la zone tampon de 1km de rayon. Pour cela, il a fallu créer des points le long du réseau de routes et de supprimer ceux dont la vitesse était inférieure à 10km/h. Une jointure spatiale ainsi que des statistiques par catégories ont ensuite été réalisées pour calculer la moyenne de la vitesse obtenue pour chaque point situé à l'intérieur des zones tampons.

Le schéma protocolaire de la création de cet indice est disponible ci-dessous :

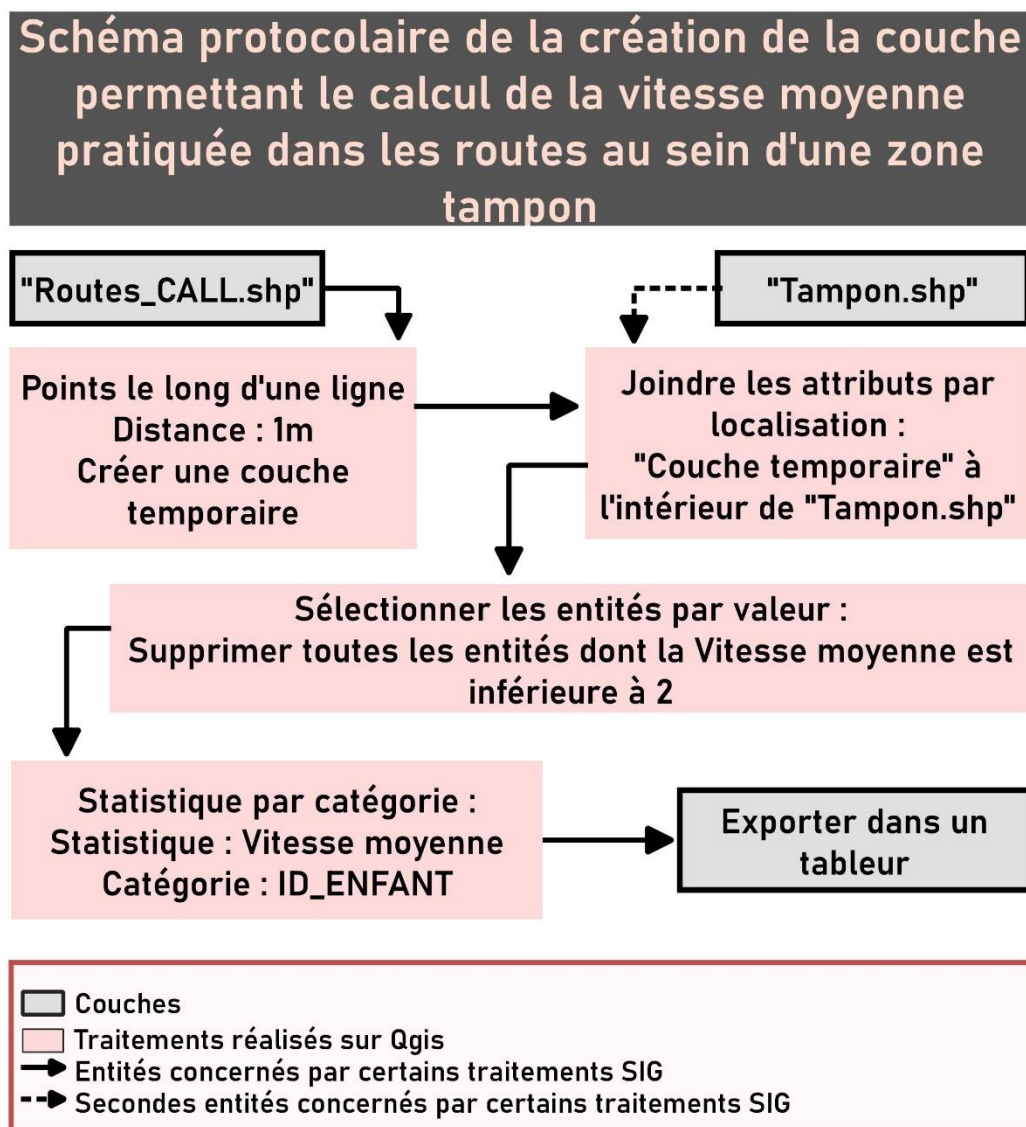


Figure 10 : Méthode de construction de calcul de la vitesse moyenne des automobilistes dans la zone tampon. Wiedemann M., 2023.

Indicateur basé sur la longueur des routes au sein des zones tampons

La construction de cet indicateur consiste à calculer la longueur des routes présentes dans chaque zone tampon. Pour cela il a suffi de créer à nouveau des points le long du réseau de routes puis de réaliser un comptage de points pour calculer le nombre de points présent dans chaque tampon. La distance entre chaque point étant la même, il est donc aisé de comparer les longueurs de routes entre chaque tampon. Son schéma protocolaire est disponible ci-dessous :

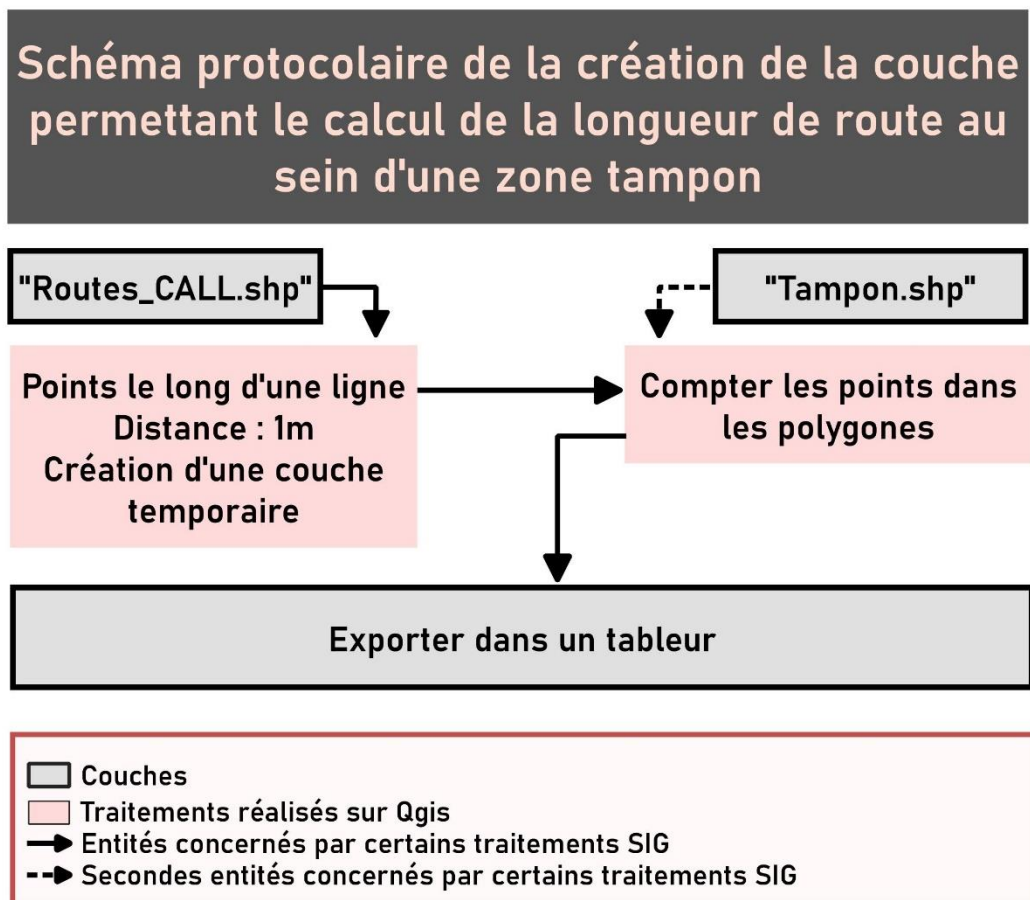


Figure 11 : Méthode de calcul de la longueur de route au sein d'une zone tampon. Wiedemann M., 2023.

Indicateur basé sur le nombre et la superficie des équipements à caractères sportifs ou récréatifs dans une zone tampon

La construction de cet indicateur revient à calculer le nombre et la surface des équipements sportifs et de loisir au sein des zones tampons. Pour cela, il a suffi de réutiliser la couche « sportfusion.shp » construite pour l'Entropy Index. Pour le nombre de points nous avons réalisé un centroïde de cette couche suivie d'un comptage des points à l'intérieur de la zone tampon. Pour la surface nous avons réalisé une jointure par localisation suivi d'un calcul d'aire et du traitement des statistiques par catégorie.

La construction des deux indicateurs est détaillé dans le schéma ci-dessous :

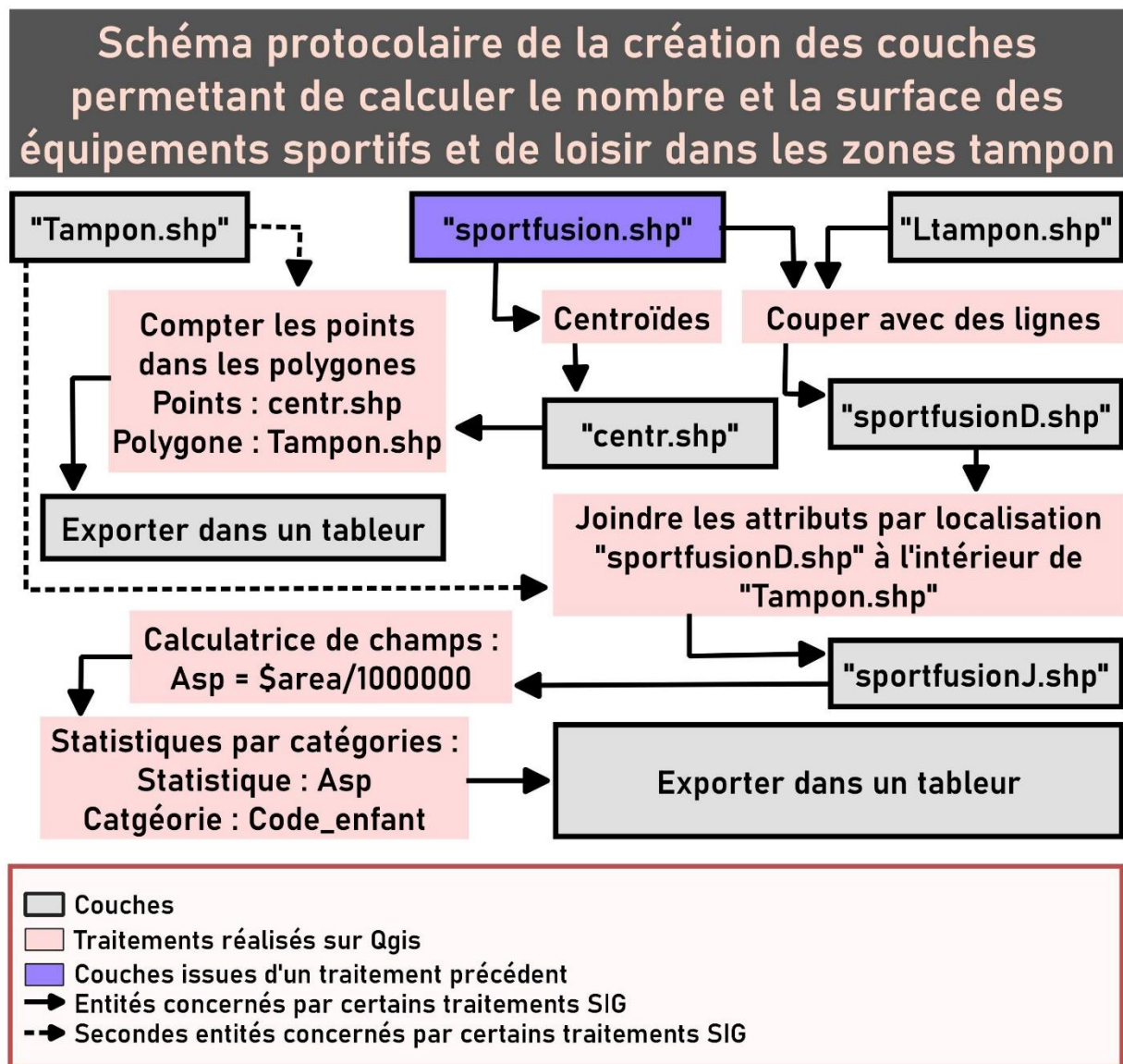


Figure 12 : Méthode de calcul du nombre et de la superficie des équipements sportif et de loisir. Wiedemann M., 2023.

c) Transformation des indicateurs en indice de marchabilité

Après avoir obtenu toutes les variables par l'intermédiaire de divers traitements informatiques, il a fallu harmoniser les données en les fusionnant au sein d'un unique tableur. C'est uniquement après cette étape d'harmonisation que nous avons pu nous intéresser au calcul de l'indice théorique de marchabilité.

Au moment de l'étape de sélection des indicateurs constituant cet indice, nous avons émis la possibilité que ce dernier soit établi à partir de la somme des Z-score de chaque indicateurs en nous basant sur les études de Grasser (Grasser et al., 2013). Seulement, devant le nombre important de variables sensées composer ce dernier, il était préférable d'utiliser une des méthodes de calcul des indices composites présentes dans la littérature. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Delphine Brousmiche (2022) qui a calculé un indice composite à l'aide d'une ACP.

Après réalisation de l'ACP, nous utiliserons les variances des premières composantes ainsi que les coordonnées de chaque individu présentes sur le plan factoriel.

Le calcul de l'indice pour chaque entité se fera ainsi avec la formule suivante :

$$Indice_i = \sum_{j=1}^n ij (coordonnée_{ij} \times variance_j)$$

- i représente un des individus sélectionnés par l'étude
- j représente la composante principale sur lequel a été calculé la coordonnée de i
- n représente le nombre total de composante utilisées pour la construction de cet indice.

Une fois le score calculé selon chaque individu, celui-ci sera standardisé par le minimum et le maximum afin d'obtenir des valeurs variants entre 0 et 1.

La réalisation d'une CAH succèdera à cette ACP afin de mieux comprendre comment se comporte la répartition des scores des indicateurs dans l'espace. Le code utilisé pour réaliser cette ACP-CAH combiné est disponible en annexe¹².

¹² Confère annexe 6

d) Construction de l'indice de marchabilité à l'échelle de la CALL

Pour réaliser une étude plus précise et à plus petite échelle des deux indices de marchabilité, il a été décidé de réaliser à nouveau la construction des deux indicateurs, mais cette fois-ci en utilisant des points choisis aléatoirement correspondant à la localisation de bâtiments de type résidentiel. Pour que ces points aléatoires soient cependant correctement répartis, nous choisirons d'en placer cinq par IRIS. L'analyse et la construction des indices est donc ainsi basé sur un effectif de 566. Une fois les points placés, la même méthodologie de construction que pour les échantillons précédents sera utilisée.

Cette seconde sélection d'échantillons nous permettra une meilleure comparaison des résultats entre les deux indices puisque leur répartition dans l'espace sera plus homogène et également cartographiable¹³

¹³ Pour une question d'éthique nous ne sommes en revanche pas autorisés à représenter la répartition des échantillons issus des écoles de la CALL sur une carte. La répartition des écoliers sélectionnés sur le territoire de la CALL était par ailleurs inégale puisque ces derniers étaient majoritairement situés au centre des deux communes principales, Liévin et Lens.

3) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique

a) L'indice de Grasser en « indicateur témoin » de marchabilité

Le *Graz Walkability Index* (Grasser et al., 2013) est un indice de marchabilité prenant en compte l'utilisation et l'occupation du sol, ainsi que la connectivité du réseau viaire appartenant au territoire étudié. Apparu pour la première fois en 2013, cet indice avait pour objectif de mesurer la marchabilité au sein de Graz, une ville autrichienne, jugée assez éloignée de la morphologie urbaine des villes dont sont issus la plupart des indicateurs de marchabilité. Le *Graz Walkability Index* s'inspire pourtant des modèles de mesures de marchabilité issus de ces derniers, en effet, cet indice s'inspire d'un des indicateurs de marchabilité les plus connus, l'indice de Frank (Frank et al., 2010) .

L'indice de Graz se calcule grâce à trois indicateurs visant à étudier l'utilisation et l'occupation du sol :

- L'aire résidentielle : La surface occupée par l'espace résidentielle dans le territoire d'étude.
- Le nombre d'intersections : Le nombre d'intersections au sein du territoire étudié.
- *Entropy index* : Un indice compris entre 0 et 1 qui vérifie l'équité de la surface occupée par les différents types d'utilisation du sol (Song et al., 2013).

Le *Graz Walkability Index* représente la somme des Z-score de chaque variable calculée juste au-dessus.

La mise en place de cet indice sur le territoire de CALL a, comme pour celle de l'indice composite, nécessité un nombre important de traitements par l'intermédiaire d'un logiciel de SIG. Cependant, l'analyse spatiale nécessaire à la construction de cet indice a également subi les mêmes contraintes temporelles et spatiales, les traitements se sont ainsi déroulés à nouveau du 15 au 23 mai à la faculté des sports de l'Université d'Artois.

La construction de la zone de desserte de 1 km existant d'ores et déjà, il a suffi de réaliser l'analyse de l'environnement de proximité à partir des données utilisées lors de la création de

l'indice composite. Les traitements concernant l'indice de Grasser seront présentés dans les lignes suivantes sous la forme de schémas protocolaires.

Comme expliqué dans la partie précédente, L'indice de Grasser se mesure par l'intermédiaire de trois indicateurs : la densité d'intersections, la densité résidentielle, et l'indice anthropique

Densité d'intersections

La densité d'intersections a été réalisée grâce à la couche du réseau de routes disponible sur le site de l'IGN. Dans un premier temps il a fallu réaliser une intersection de lignes afin de visualiser les intersections présentes sur le réseau. Dans un second temps il s'agissait de séparer les véritables intersections de celles qui s'avéraient être fausses. Pour cela, nous avons dans un premier temps réalisé une zone tampon de 1m autour de chaque intersection que nous transformerons ensuite en polyligne. Nous créerons ensuite une intersection de lignes entre la polyligne obtenue et le réseau de routes utilisé précédemment. Nous agrandirons ensuite la zone tampon à 1.5m pour compter le nombre de points, issus de la seconde intersection, présents dans le polygone. Les tampons comptant moins de trois points seront supprimés. Pour terminer, une sélection par localisation des tampons et des intersections issues exclusivement du réseau de routes sera réalisée. Les intersections ne se situant pas à l'intérieur des tampons seront supprimés, il suffira ensuite de réaliser un comptage de points entre les vraies intersections et les tampons des échantillons.

Schéma protocolaire de création de la couche du nombre d'intersections dans une zone tampon

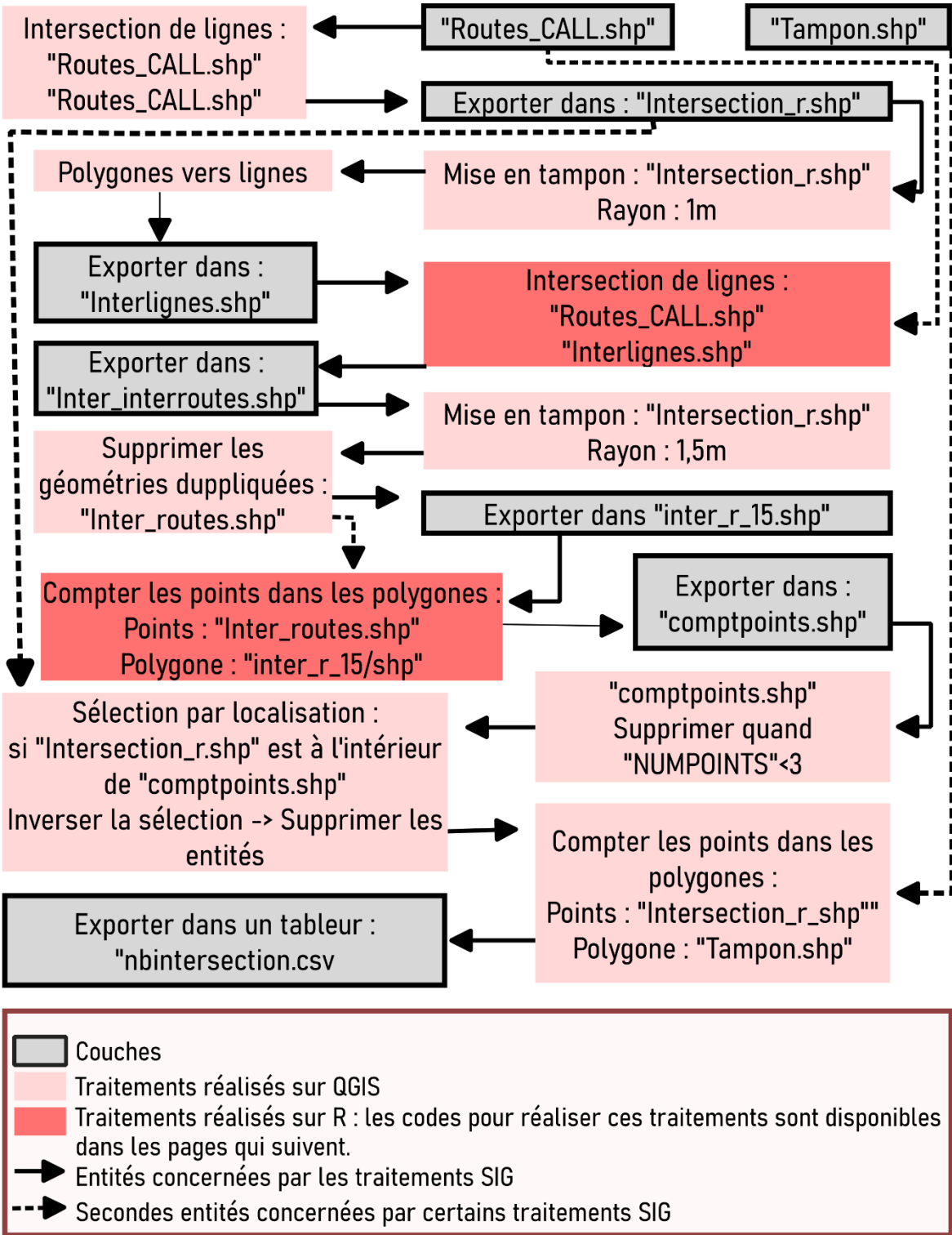


Figure 13: Méthode de calcul du nombre d'intersection. Wiedemann M., 2023.

A noter que certains traitements n'ont pas pu être réalisés sur QGIS à cause du manque de capacité du logiciel. Ces derniers ont donc dû être réalisés sur R par l'intermédiaire d'un package permettant de réaliser les mêmes traitements que sur QGIS. Les codes de ces derniers seront disponibles en annexes¹⁴.

Densité résidentielle :

La construction de l'indicateur traitant de la densité résidentielle a nécessité dans un premier temps du langage SQL sélectionnant uniquement les entités catégorisées comme résidentielles ou non identifiées (puisque la majorité des commerces ou bâtiments originaux sont d'ores et déjà identifiés par l'organisme). Divers traitements de géométrie vectorielle ont ensuite été réalisés afin de calculer l'aire résidentielle présente dans chaque tampon afin de retrouver la densité résidentielle souhaitée. Le schéma protocolaire est disponible à la page suivante.

¹⁴ Confère annexe 7 et 8

Schéma protocolaire du calcul de l'aire occupée par une surface de type résidentiel dans une zone tampon

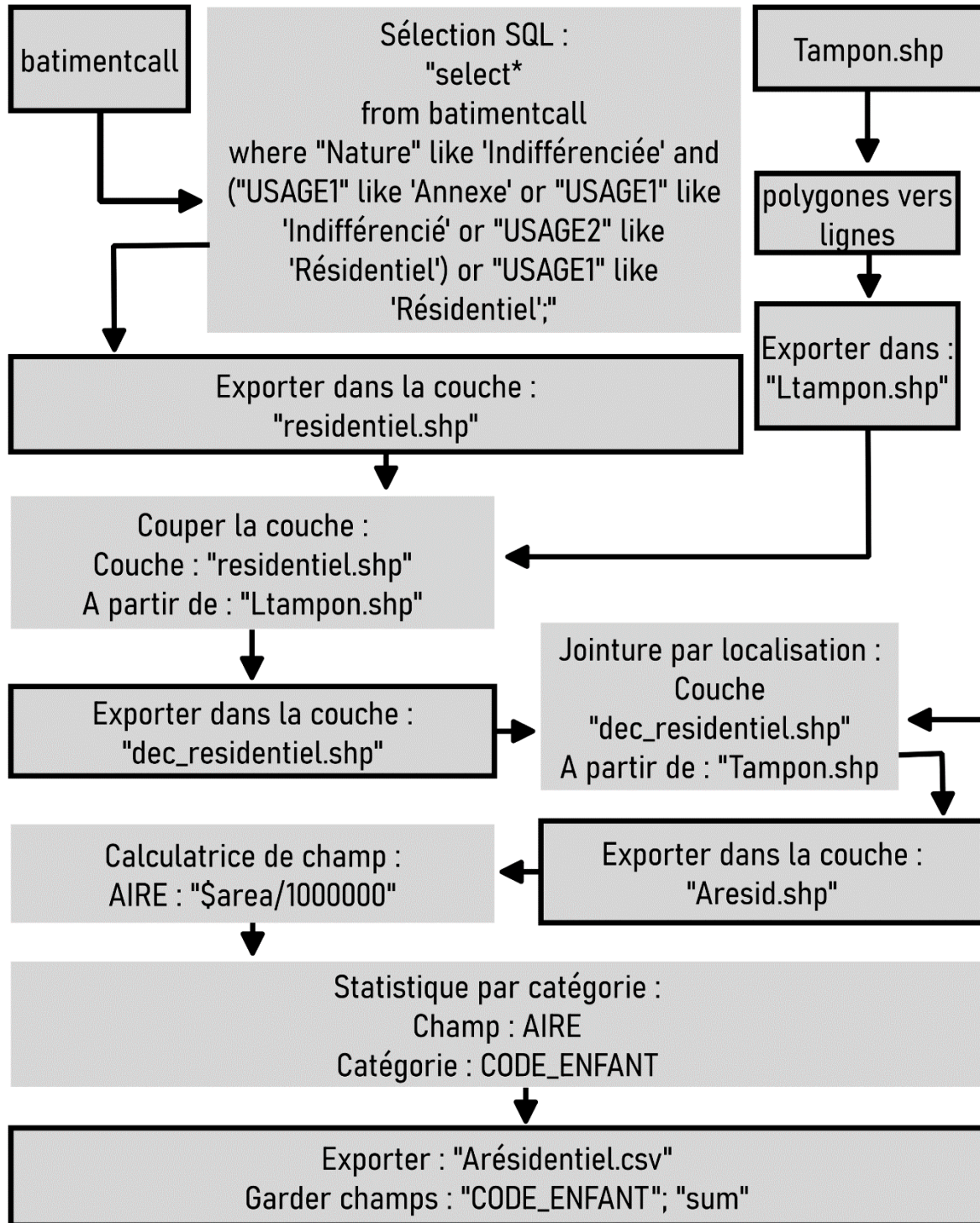


Figure 14 : Méthode de calcul de la densité résidentielle. Wiedemann M., 2023.

Entropy index

Le même type de traitement a été réalisé pour le calcul de l'indice anthropique, ce dernier résultant du calcul d'une formule basée sur l'aire consacré aux équipements résidentiels, à ceux de loisir, ceux consacrés à la bureautique, à l'enseignement et au commerce. La construction des différentes couches nécessaires à la construction de l'indice est disponible à la page suivante :

Schéma protocolaire de création de l'entrophy index dans un rayon de 1km

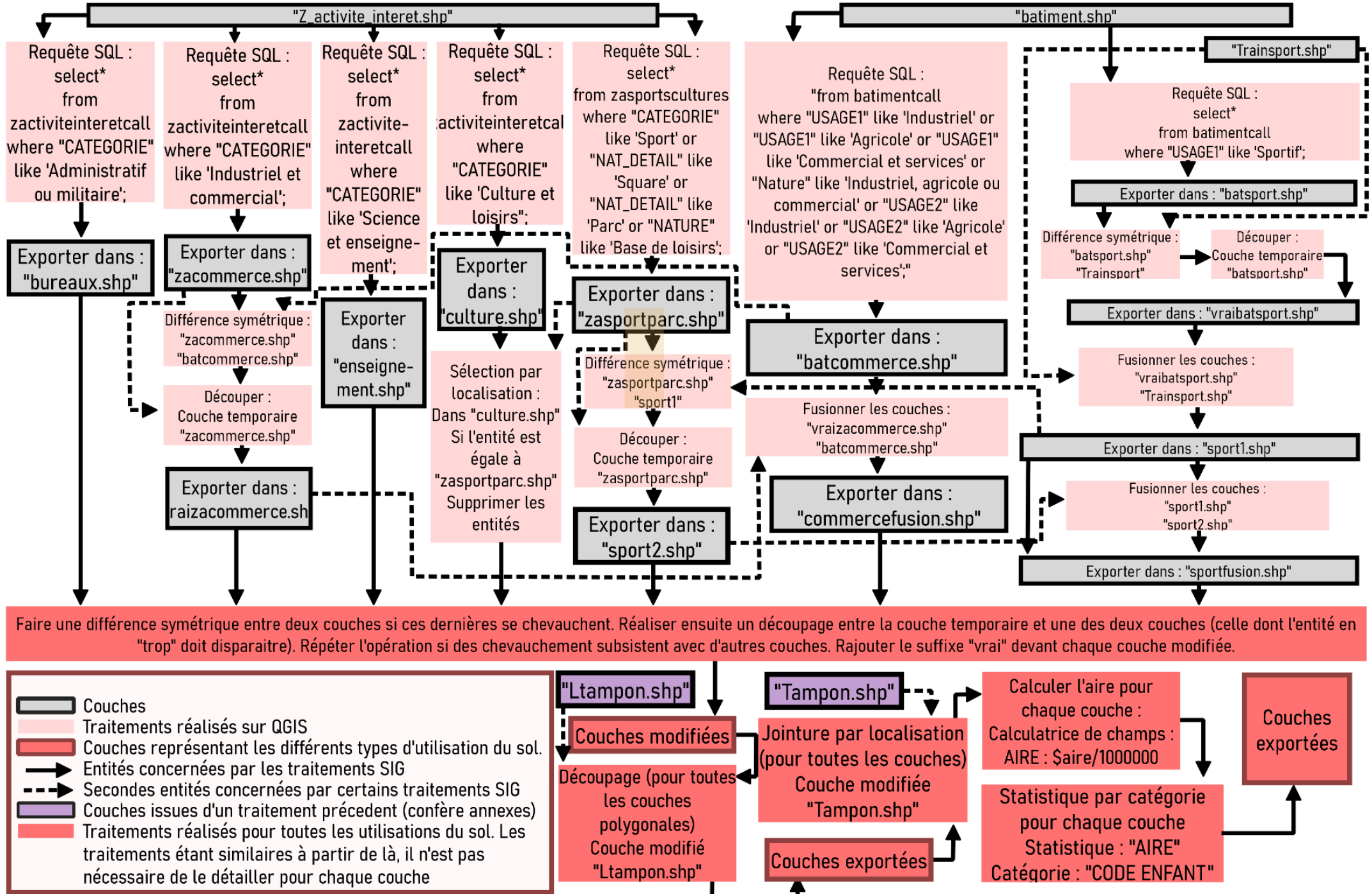


Figure 15 : Méthode de calcul de l'Entrophy score. Wiedemann M., 2023.

Il a fallu ensuite appliquer la formule décrite dans la première partie :

$$W_{\text{Grasser}} = (z\text{-densité d'intersection} + z\text{- densité résidentielle} + z\text{-}(((\sum_{j=1}^k (p^j \cdot \ln(p^j))/k))))$$

P^j : proportion d'utilisation du sol pour une utilisation du sol j

K : nombre de types d'utilisations du sol concernés (ici $k=5$)

Chaque proportion du sol a été calculé par rapport à la somme d'espace utilisé au sein de la zone tampon. Ainsi l'aire totale n'est pas l'aire exacte de la zone tampon mais toute sa surface occupée par l'une de ces cinq catégories.

Chaque indicateur se voit ensuite réduit sous la forme d'un z-score pour être ensuite additionné. L'addition de ces z-scores appliqués à la moyenne constitue alors l'indice de marchabilité de Grasser.

b) Confrontation des deux indices par le biais d'analyses statistiques et études des liens entre ces derniers et l'activité physique.

Comparaison statistique des deux indices

Une fois les deux indices constitués, il convient de les comparer pour vérifier de la fiabilité et de la justesse de notre indice de marchabilité théorique. Dans un premier temps il conviendra de les comparer simplement par rapport à leur représentations cartographiques élaborées dans les parties précédentes. Nous réaliserons ensuite une matrice de corrélation entre les deux indices de marchabilité et des données socio-démographiques issues de l'Insee :

- Le nombre de logement par IRIS possédant au moins une voiture
- Le nombre de logement par IRIS possédant un garage
- La part d'enfants de 6 à 12 ans parmi la population pour chaque IRIS
- La part de professions intermédiaires parmi la population pour chaque IRIS
- La part d'employés parmi la population pour chaque IRIS
- La part d'ouvriers parmi la population pour chaque IRIS
- La part de cadres parmi la population pour chaque IRIS
- La part de chômeurs parmi la population pour chaque IRIS
- La part d'actifs occupés pratiquant la marche pour se rendre sur son lieu de travail parmi la population pour chaque IRIS
- La population et la densité de population pour chaque IRIS

Pour comparer ces données avec celles de l'indice de marchabilité il a fallu également calculer la moyenne de l'indice de marchabilité et celle du *Graz Walkability Index* correspondant à chaque IRIS.

Comparaison entre les deux indices de marchabilité et l'activité physique

Il s'agira ensuite de traiter des liens entre l'indice de marchabilité théorique, l'indice de Grasser et l'activité physique. Dans un premier temps deux régressions linéaires seront réalisés entre d'une part l'activité physique et l'indice de marchabilité théorique et d'autre part l'activité physique et l'indice de marchabilité de Grasser. Dans ces deux régressions linéaires la variable concernée par l'activité physique sera considérée comme la variable expliquée.

Les variables seront calculées de la manière suivante :

Valeur expliquée (standardisée)	Valeur explicative (standardisée)	Valeur théorique (standardisée)	Résidus bruts
Y(i)	x(i)	$Y'(i) = a \cdot Y + b$	$Y(i) - Y'(i)$

Standardisation par la moyenne et l'écart-type : $STAND = (valeur - moyenne)/\text{écart-type}$
a : coefficient directeur
b : intersection entre la droite de régression et l'axe des ordonnées

Figure 16 : Méthodologie de calcul pour une régression linéaire. Wiedemann M., 2023.

Enfin nous réaliserons une matrice de corrélation afin de vérifier s'il existe tout de même des corrélations entre l'indice d'activité physique calculés et les indicateurs des deux indices de marchabilité. La matrice mettra uniquement en valeur les corrélations significatives. Les p-value trop inférieurs et non-significatifs ne seront pas affichés. Le code utilisé pour réaliser cette action sur R est disponible en annexes¹⁵.

¹⁵ Confère annexe 9

Résultats

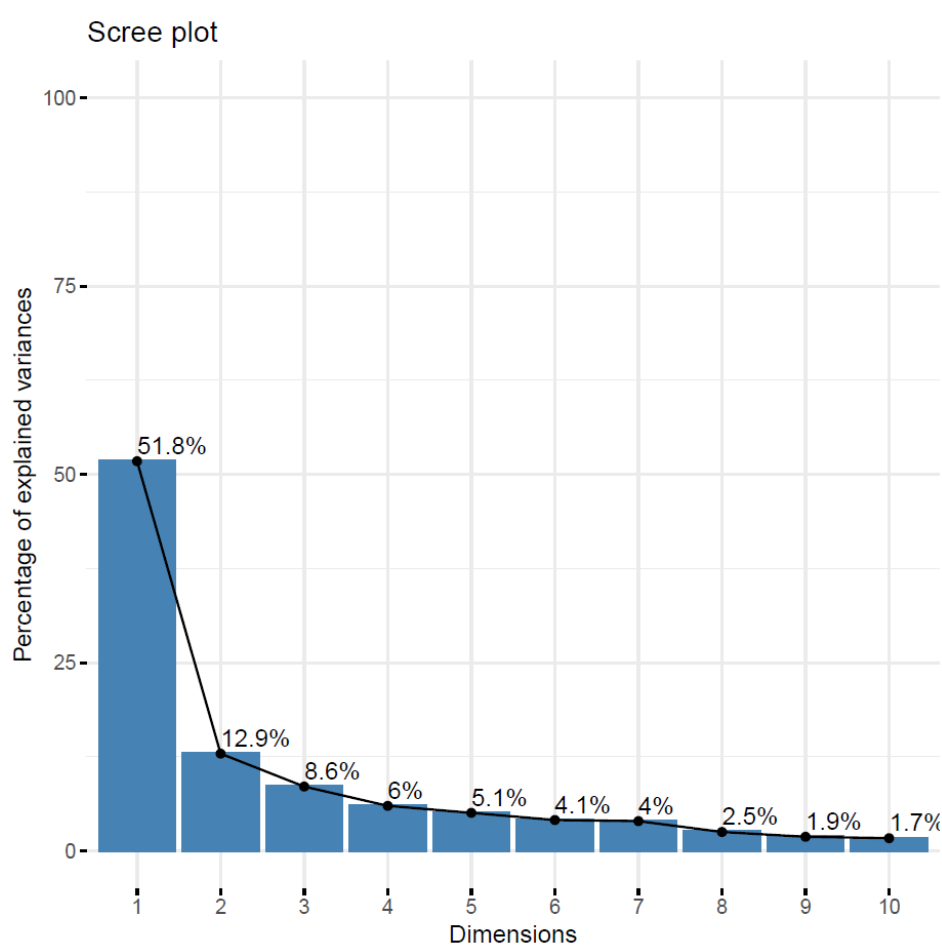
1) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin

a) Analyses statistiques et cartographie des variables composant l'indice théorique de Marchabilité

Analyse basée sur les échantillons issus de la génération aléatoire de points sur le territoire

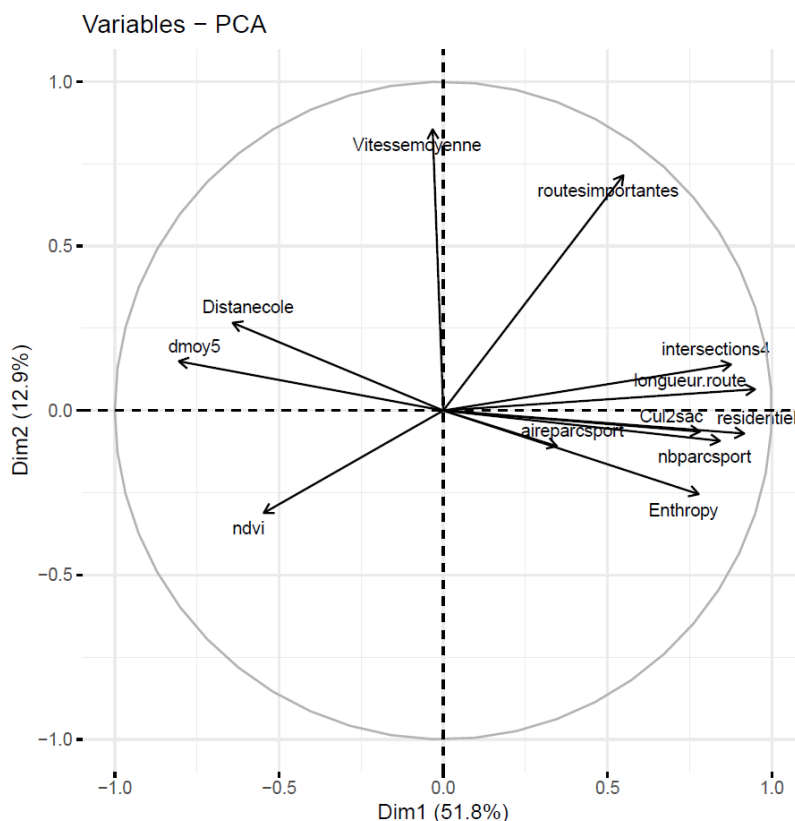
En appliquant la même méthodologie qu'avec les échantillons précédents, l'ACP nous montre un pourcentage de valeurs expliquées allant de 51,8% à 1,7%. En additionnant les quatre premières dimensions, le phénomène expliquerait 79,3% des valeurs obtenues pour l'échantillon, ce

qui est un nombre suffisant pour entamer la construction de l'indice.



Graphique 1 : Exposition du pourcentage des variances expliquées. Wiedemann M., 2023.

En observant les deux premières dimensions, nous pouvons remarquer certaines corrélations au sein des différentes variables qui construisent l'indice. Au sein de la dimension une, le nombre d'intersections, la longueur de route, l'aire résidentielle, le nombre d'équipements sportifs et de loisir, l'*Entropy Score*, ainsi que l'aire des routes

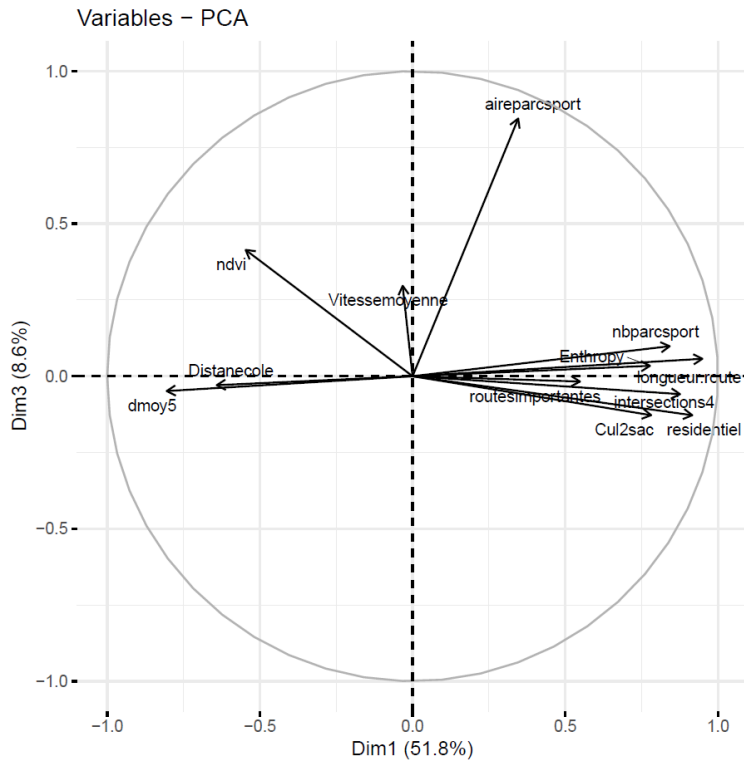


importantes sont corrélées très positivement, tandis

Graphique 2 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et deux. Wiedemann M., 2023.

que les dimensions « distance à l'école », « distance moyenne aux cinq équipements sportifs ou de loisir les plus proches » et le score moyen du NDVI sont corrélés négativement. La surface des équipements sportifs et de loisir est assez peu corrélée positivement, tandis que la vitesse moyenne pratiquée par les automobilistes est difficilement interprétable.

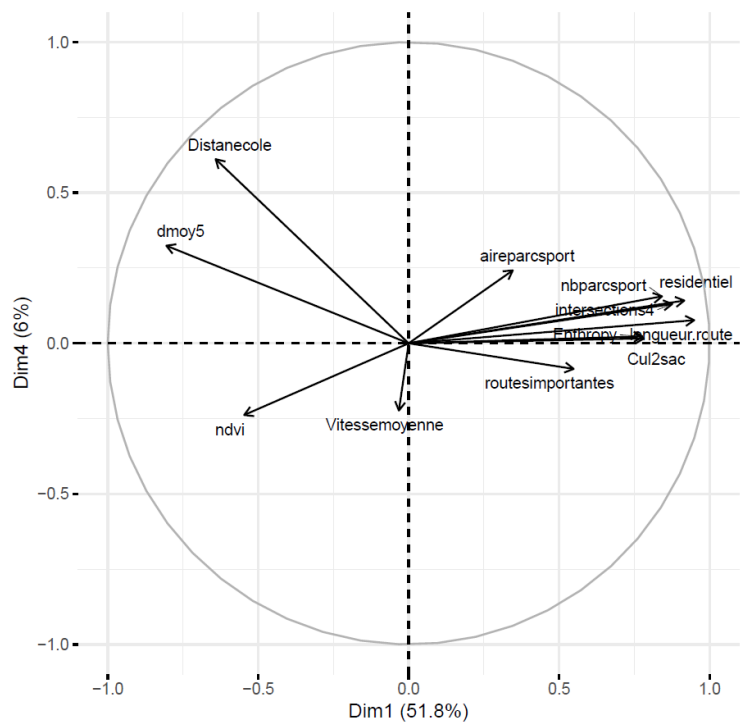
La dimension 2 corrèle positivement la vitesse moyenne et la surface utilisée par des routes considérées comme importantes. Le score moyen du NDVI est en revanche corrélé négativement. Si nous comparons ces résultats avec ceux de la dimension 1, nous pouvons observer des corrélations négatives et positives moins marquées.



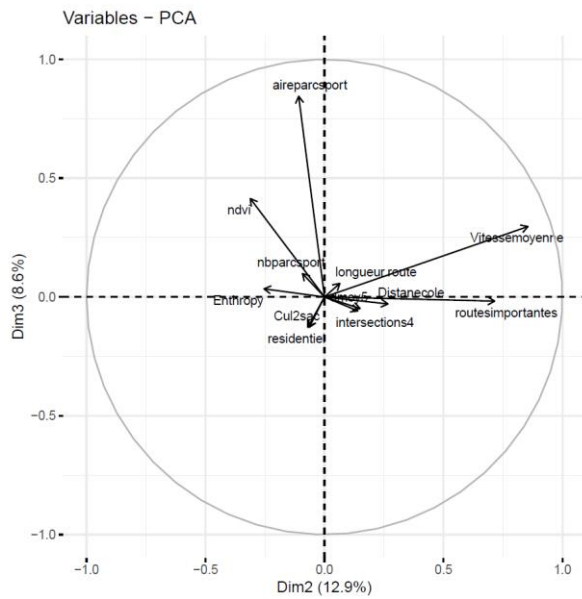
La mise en relation des dimensions une et trois montrent des résultats à peu près similaires à ceux retrouvés auparavant avec les dimensions une et deux. On observe cependant une corrélation positive pour la vitesse moyenne, le score moyen du NDVI et l'aire occupée par les espaces sportifs ou de loisirs quand nous nous concentrons majoritairement sur la troisième dimension.

Graphique 3 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et trois. Wiedemann M., 2023.

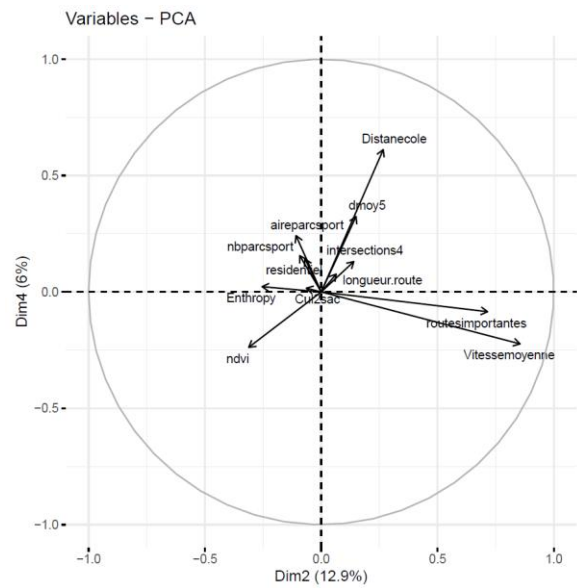
Les relations entre la dimension une et la dimension quatre montrent des résultats différents quand nous nous concentrons sur cette dernière. On peut remarquer une corrélation positive entre la distance à l'école et la distance moyenne aux équipements. Le score moyen du NDVI et la vitesse moyenne des automobilistes sont en revanche corrélés négativement.



Graphique 4 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et quatre. Wiedemann M., 2023.

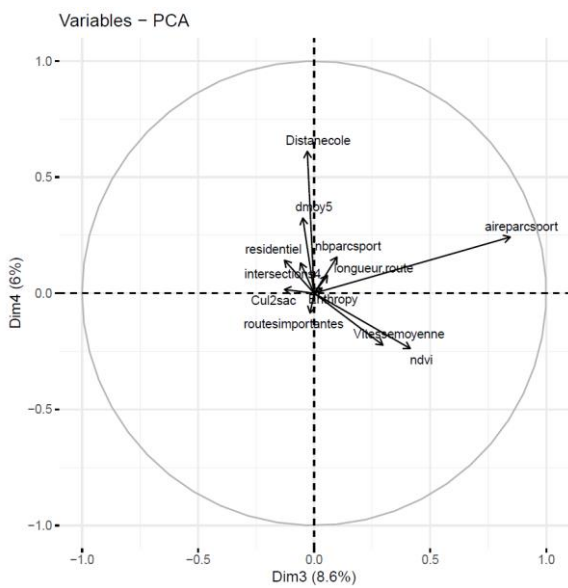


Graphique 6 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions deux et trois. Wiedemann M., 2023.



Graphique 5 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions deux et quatre. Wiedemann M., 2023.

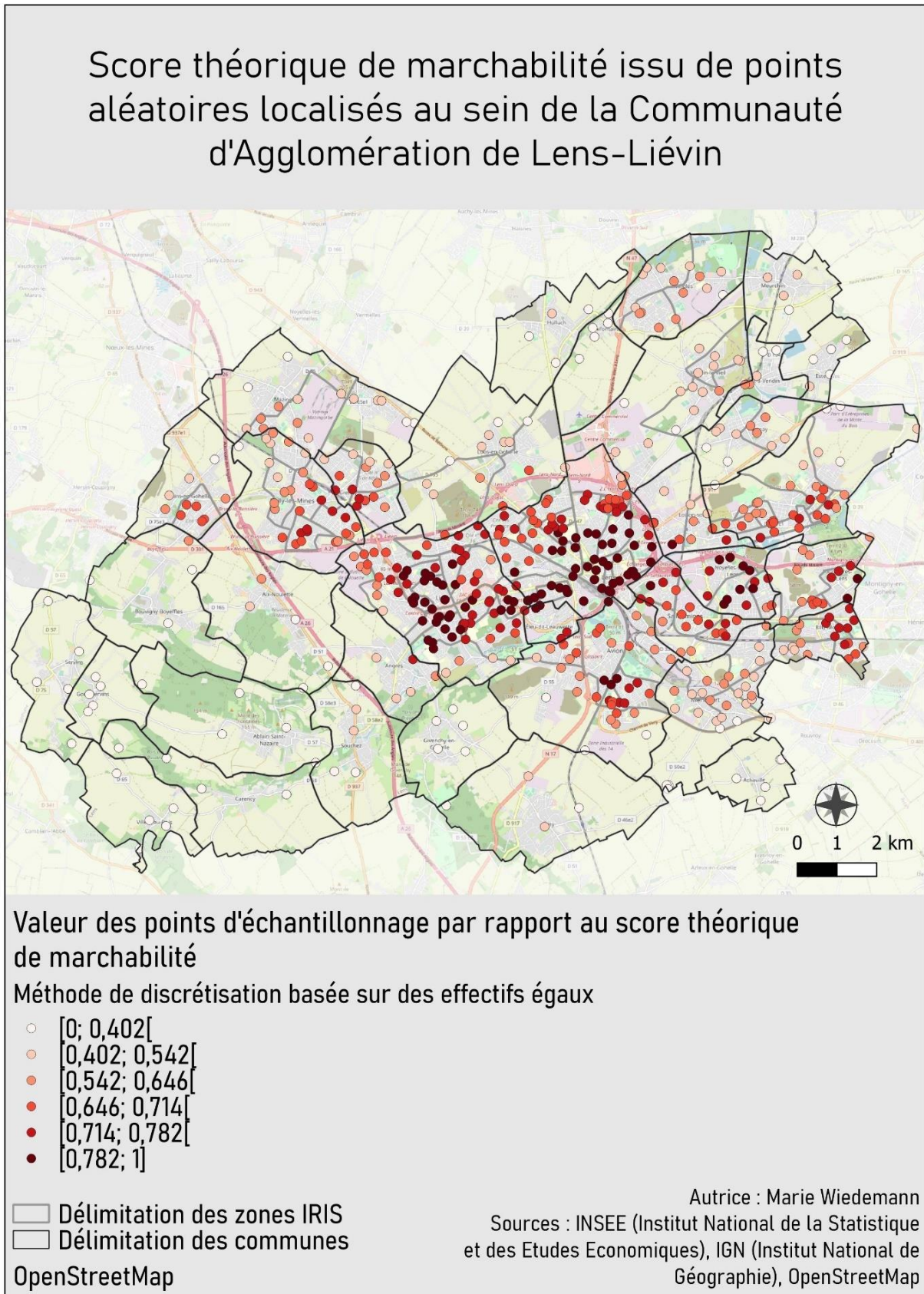
Les relations entre les dimension deux et trois, deux et quatre, et trois et quatre donnent des résultats différents aux corrélations nettement moins démarquées. Parmi les corrélations positives qui se démarquent le plus, nous pouvons citer la vitesse moyenne et les routes importantes pour la dimension 2 des deux premières figures. La figure (la première) met en exergue une corrélation positive pour la dimension 3, et la distance à l'école la plus proche pour la quatrième dimension sur la figure (la deuxième). La dernière figure montre une corrélation positive de l'aire occupée par les espaces sportifs et de loisir pour la première dimension, ainsi qu'une corrélation également positive pour l'école la plus proche pour la dimension 4.



Graphique 7 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions trois et quatre. Wiedemann M., 2023.

Cartographie des points aléatoires au sein de la CALL selon les valeurs de l'indice de marchabilité.

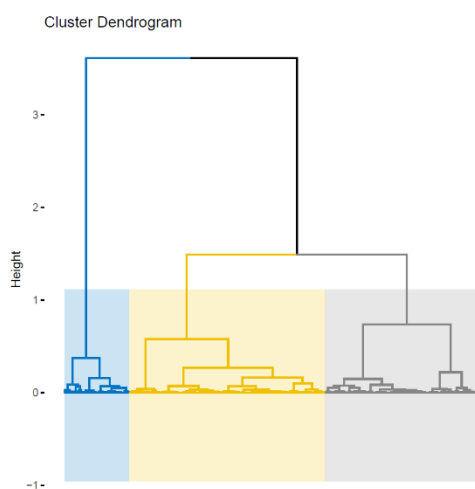
Carte 10 : Représentation des points d'échantillonnage selon leur score de l'indice de marchabilité. Wiedemann M., 2023.



La carte ci-dessous nous montre la répartition du score de marchabilité dans le territoire de la CALL. La répartition des scores au sein de la CALL est très hétérogène, les points avec les scores les plus hauts sont tous situés dans les deux communes les plus importantes de la communauté d'agglomération : Lens et Liévin. En revanche, les scores les plus faibles sont situés au Sud et au Nord du territoire. Nous pouvons également remarquer que les communes de Bully-les-Mines, Fouquières-lès-Lens, Sallaumines et Billy-Montigny possèdent également des points avec des scores de marchabilité élevés. Ces communes possèdent pour la plupart de nombreux espaces verts et espaces de loisir en leur sein, sans doute issus de transformation d'anciens terrils, mais également des terrains de foot, des bases de loisir ou bien des pistes cyclables. Certaines communes au score très élevé sont également constitués de zones piétonnes et de pistes cyclables sécurisés, c'est notamment le cas à proximité de la gare de Lens. Les ponts localisés dans la Cité Bellevue et la Cité d'Orient dans la commune de Harnes ont également des scores élevés.

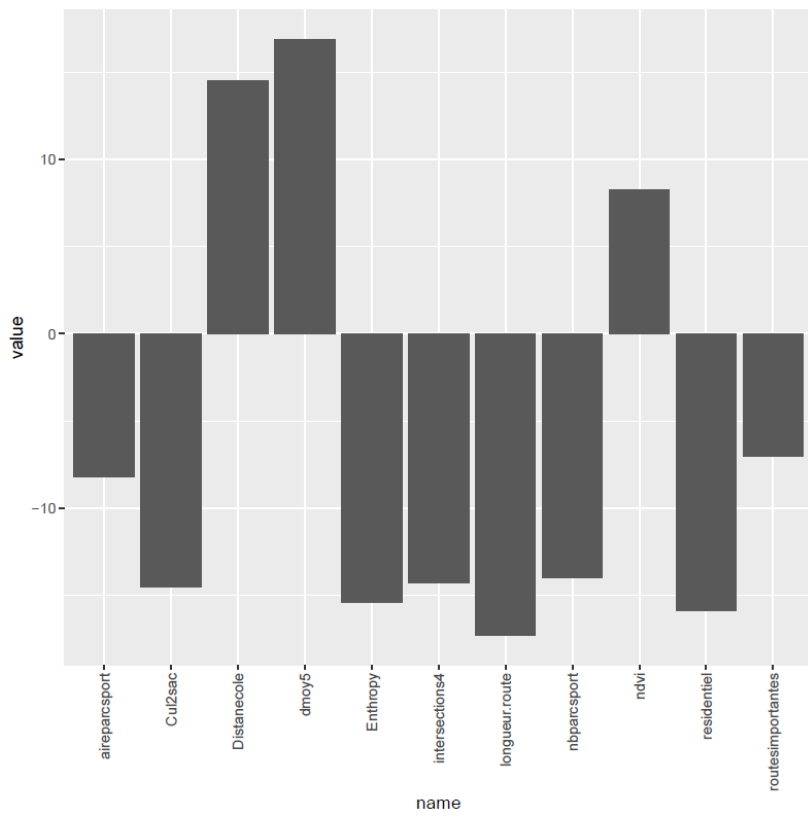
La répartition des points dans les communes n'est pas non plus homogène. En effet, nous pouvons remarquer que l'extrémité des communes possèdent par ailleurs des scores moins élevés qu'au centre de ces dernières. Les communes les plus au Sud, dont la population est par ailleurs plus faible que dans les communes plus au Nord, possèdent les scores les plus faibles. Dans ces communes nous pouvons observer que les espaces centraux n'ont pas non plus des scores de marchabilité élevés.

b) Répartition des variables composant l'indice de Marchabilité théorique au sein de la CALL



La CAH réalisée précédemment nous permet de répartir les points en trois classes différentes selon les scores attribués à chaque variable de l'indice de marchabilité.

Carte 11: Dendrogramme issue de la CAH précédemment réalisée. Wiedemann M., 2023.



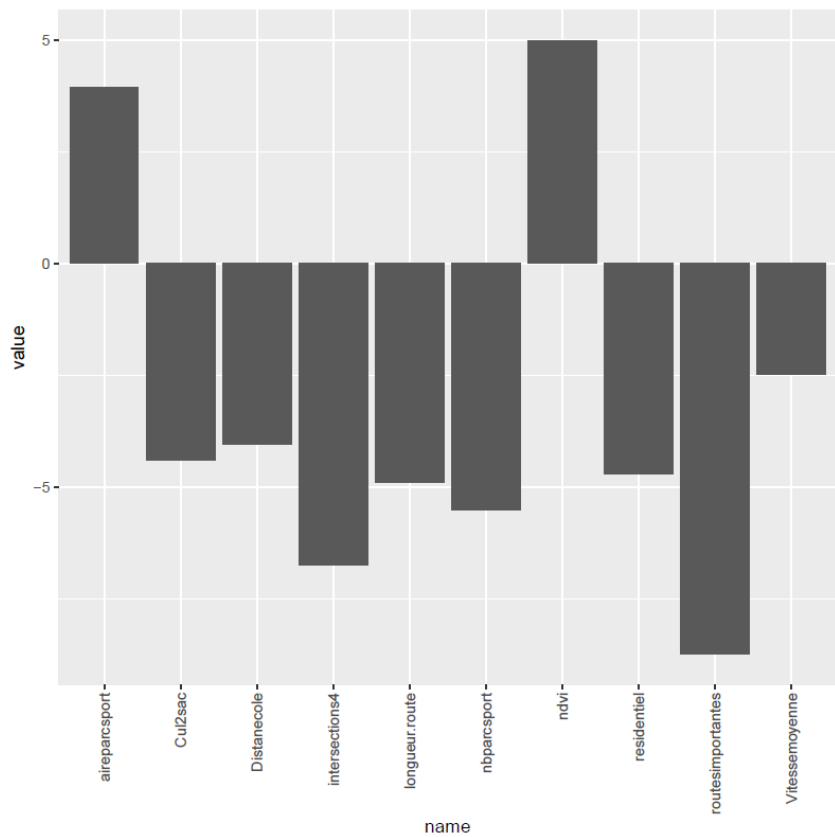
La première classe possède une distance moyenne aux équipements sportifs et de loisir ainsi qu'une distance à l'école la plus proche élevés, mais un nombre de culs-de-sacs et d'intersections faibles, une longueur de routes faibles également, un nombre d'équipements sportifs et de loisir peu élevé, ainsi qu'une aire résidentielle très faible.

Graphique 8 : Typologie de la classe 1. Wiedemann M., 2023.

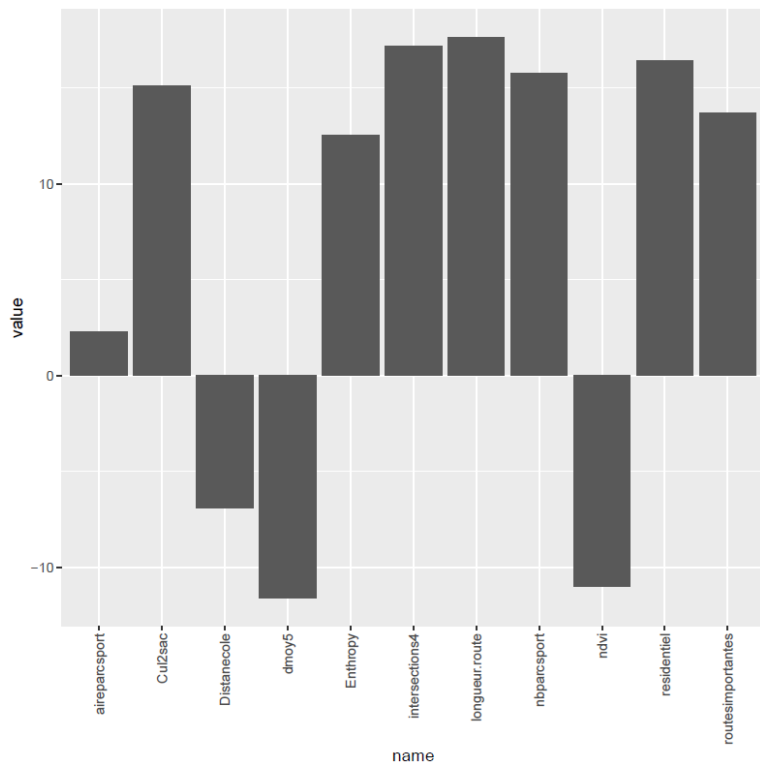
L'entropy index est également très bas, en

revanche nous pouvons remarquer un score moyen de NDVI assez haut.

La seconde classe possède un NDVI également très élevé, mais cependant moins élevé que celui de la première classe. La surface occupée par les routes qui sont considérées comme importantes sont par ailleurs très faibles et la longueur des routes en général n'est pas élevée non plus.



Graphique 9 : Typologie de la classe 2. Wiedemann M., 2023.



Graphique 10 : Typologie de la classe 3. Wiedemann M., 2023.

important d'équipements sportifs et de loisir malgré une superficie de ce type d'équipements plus faible mais tout de même élevés.

La cartographie des points d'échantillons selon ces trois classes, visible ci-dessous, nous montre une répartition très spécifique de ces derniers dans le territoire :

La troisième classe est représentée par une très faible distance aux équipements sportifs et de loisir et une faible distance à l'école la plus proche. Le nombre d'intersections et le nombre de culs-de-sacs sont très élevés, nous pouvons également observer une longueur de routes ainsi qu'une superficie des routes considérées comme importantes très élevées également. L'aire résidentielle et l'*Entropy Index* possèdent des scores très hauts, nous pouvons aussi remarquer un nombre

Classification des points d'échantillonnage au sein de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin selon les indicateurs composant l'indice de marchabilité théorique.

Type de points en fonction des indicateurs composant l'indice de marchabilité théorique

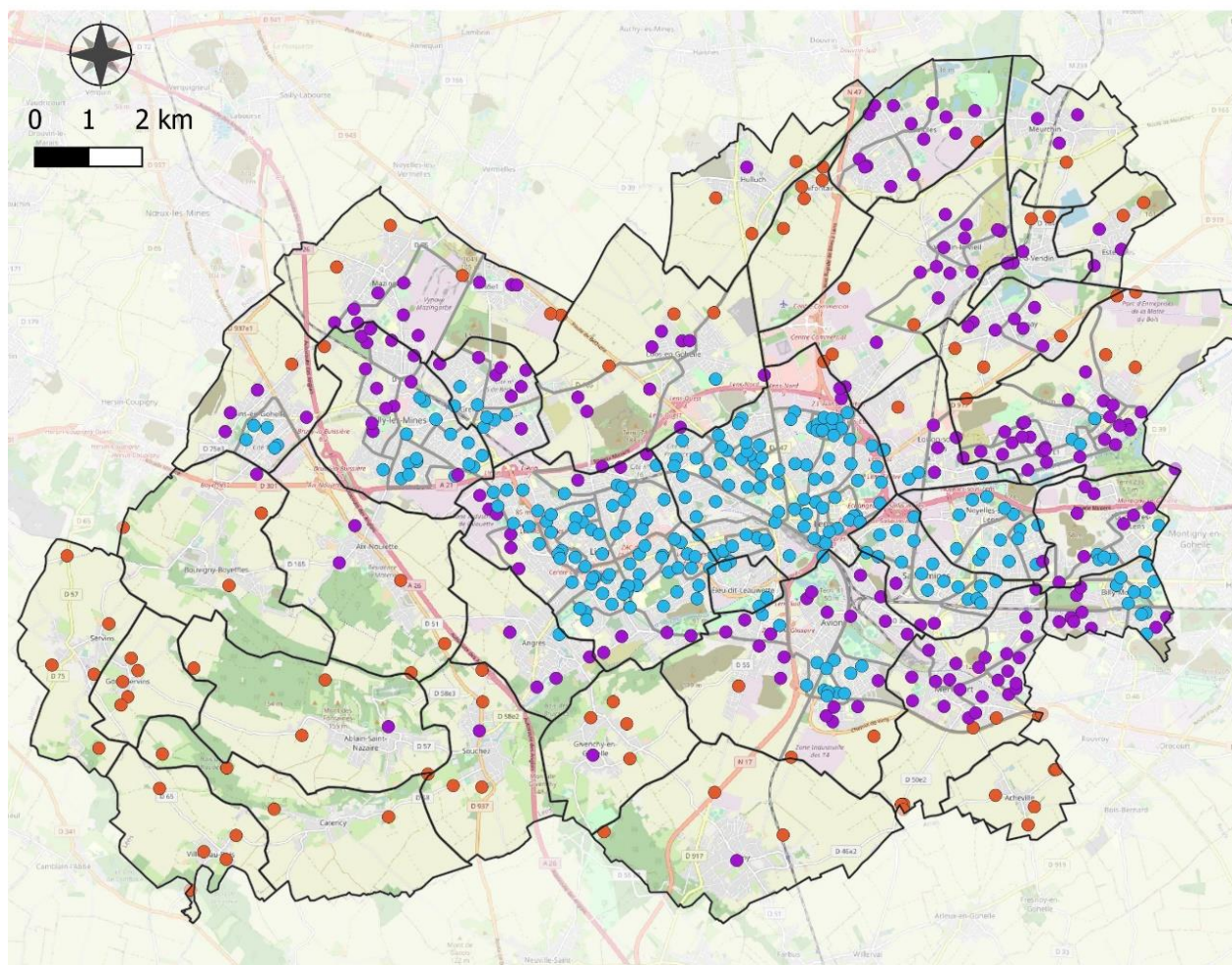
Catégorie des points surreprésentés

- Classe 1 : Très grande distance à l'école, aux équipements sportifs et de loisir les plus proches. NDVI moyen très élevé. "Entropy score" très faible, très peu de culs-de-sacs et d'intersections, aire résidentielle très basse, faible présence d'équipements sportifs et de loisir, longueur de routes très faible.
- Classe 2 : Proximité aux routes considérées importantes très faible, peu d'intersections, faible nombre de parcs et équipements sportifs mais leur surface est importante. Haut score moyen du NDVI.
- Classe 3 : NDVI moyen très faible. Distance aux équipements sportifs et de loisir et à l'école la plus proche très basses. Longueur de routes très importante et nombre très élevé d'intersections et de culs-de-sac. Nombre importants de parcs et d'espaces sportifs à faible surface. Entropy score et aire occupée par des espaces résidentiels très élevés.

□ Délimitation des zones IRIS

□ Délimitation des communes

OpenStreetMap



Autrice : Marie Wiedemann

Source : IGN (Institut National de Géographie), INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), OpenStreetMap

La classe une, visible en orange sur la carte, semble correspondre aux scores les plus bas de l'indice de marchabilité. Elle indique une grande distance à l'école la plus proche ainsi qu'aux équipements sportifs et de loisir les plus proches. Le NDVI est très élevé et l'*Entropy Score* très faible. Les communes comprenant les points de la première classe, avec également un nombre faible d'équipements sportifs, font partie des communes considérées davantage comme rurales. Certains points compris dans cette classe sont localisés à l'extrémité de communes au score moins faible, Nous pouvons également remarquer que cette classe regroupe également des habitations plus isolées.

La classe deux, visible en violet sur la carte, marque les points à la proximité faible des routes considérées comme importantes. Cette classe possède les points avec un nombre d'équipements de loisir et sportifs plus faibles, mais avec une surface de ces équipements beaucoup plus importants. Le NDVI est moins élevé que dans la première classe mais le score peut tout de même être considéré comme haut. Cette classe met en valeur les points aux scores pouvant être considérés dans la moyenne haute par rapport au score de marchabilité. Comme supposé dans le commentaire succédant la cartographie du score de marchabilité, ces points sont à proximité de sites issus de la transformation d'anciens terrils.

La dernière classe met en avant les points au score de marchabilité les plus hauts et situés davantage dans les centres-villes. Le NDVI est par ailleurs très faible et le nombre de culs-de-sac et d'intersections est au contraire très élevé. Nous observons un nombre très important d'équipements sportifs même si ces derniers n'occupent pas une surface très importante. L'*Entropy score* et l'aire occupée par les bâtiments résidentiels sont également très élevés.

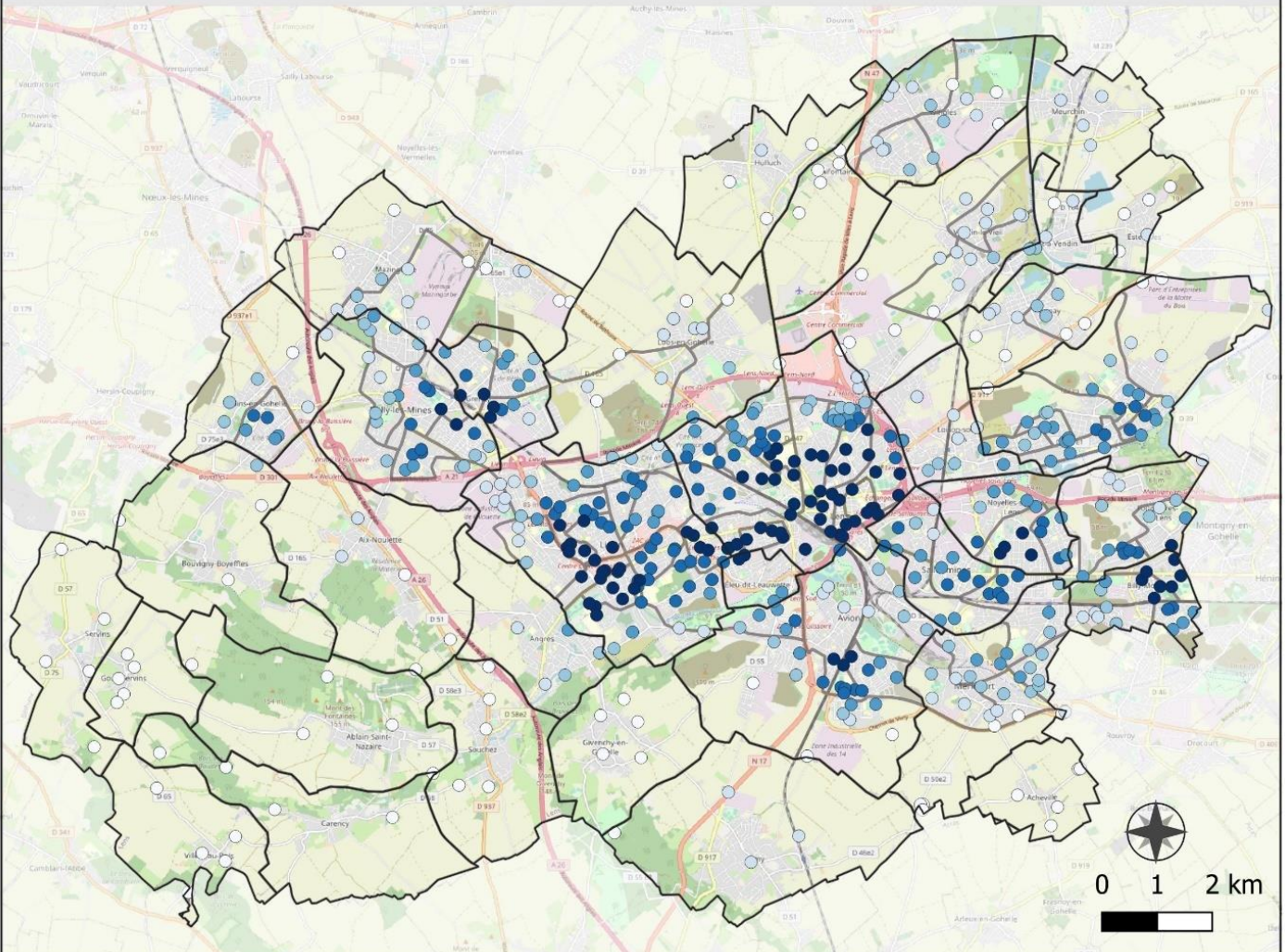
2) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique

a) Analyse statistique et cartographiques du *Graz Walkability Index*

Analyse basée sur les échantillons issus de la génération aléatoire de points sur le territoire

Après avoir calculé le Z-score de chaque variable on obtient le *Graz Walkability Index* cartographié dans la page suivante.

Score du "Graz Walkability Index" issu de points aléatoires localisés au sein de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin



Valeur des points d'échantillonnage par rapport au score du Graz Walkability Index

Méthode de discrétisation basée sur des effectifs égaux

- [-7,63; -2,9[
- [-2,9; -0,81[
- [-0,8; -0,22[
- [0,22; 1,49[
- [1,49; 2,33[
- [2,33; 6,39[

□ Délimitation des zones IRIS
□ Délimitation des communes

OpenStreetMap

Autrice : Marie Wiedemann

Sources : INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques), IGN (Institut National de Géographie), OpenStreetMap

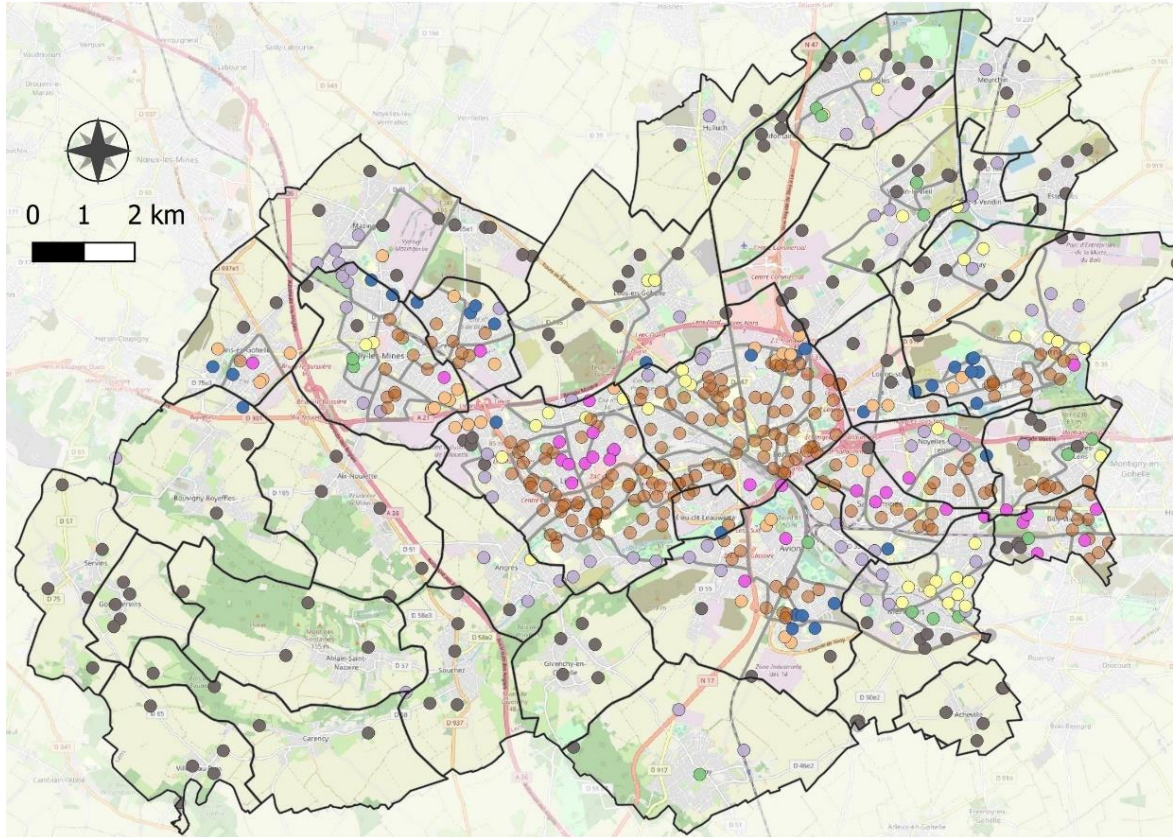
Le *Graz Walkability Index* est également réparti de manière inégale sur le territoire. Nous pouvons observer, comme dans la figure (numéro) représentant le score de marchabilité, que les scores les plus élevés se situent au centre et les scores les plus bas se situent au Nord et au Sud, dans des espaces plus éloignées des communes centrales de la CALL. Les scores situés dans la moyenne haute sont également localisés dans les communes au Nord-Ouest et au Nord-Est de la CALL.

Nous remarquons cependant quelques différences entre les deux cartes. Certaines valeurs sont plus élevées dans le score de marchabilité que dans le score du *Walkability Index*, notamment dans les communes du Nord certes plus urbanisées que les communes situées au Sud, mais tout de même entourées par des cultures et des forêts.

Cette similitude entre ces deux indices vient du fait que trois variables de l'indice de marchabilité sont issues du *Graz Walkability Index*, cependant, les zones plus à proximités des parcs et des équipements sportifs ne semblent pas autant mises en valeur que dans l'indicateur de marchabilité imaginé.

Nous avons ensuite cartographié le rapport entre chaque Z-score et le nombre 0 afin de mettre en lumière les indicateurs dominants dans chaque point.

Classification des points d'échantillonnage au sein de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin selon les indicateurs composant le "Graz Walkability Index"



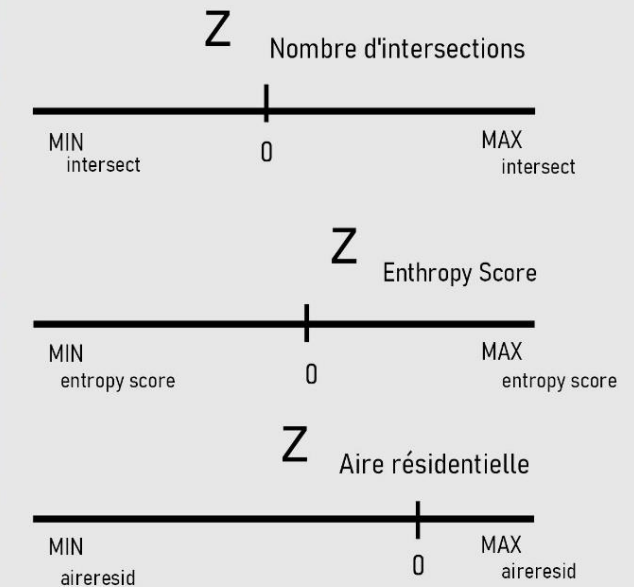
Classification par indicateur supérieur à 0

- Aire résidentielle
- Entropy Score
- Nombre d'intersections
- Aire résidentielle et Entropy score
- Nombre d'intersections et Entropy score
- Aire résidentielle et nombre d'intersections

- Aire résidentielle, Entropy score et nombre d'intersections
 - Aucun indicateur > 0
 - Délimitation des communes
 - Délimitation des zones IRIS
- OpenStreetMap

Typologie des points d'échantillonnages en fonction de la valeur des indicateurs constituant le "Graz Walkability Index"

Classification établie selon la négativité ou positivité des indicateurs



Autrice : Marie Wiedemann

Source : IGN (Institut National de Géographie), INSEE (Institut National de la Statistiques et des Etudes Economiques), OpenStreetMap

Carte 14 : Typologie des points selon la valeur des indicateurs composant le Graz Walkability Index. Wiedemann M., 2023.

La répartition des différentes classes sur le territoire est assez hétérogène. Nous pouvons dans un premier temps observer que dans les communes situées le plus au centre, les trois Z-score sont tous supérieurs à 0, impliquant que toutes les variables sont situées au-dessus de leur moyenne. Le centre de Liévin possède cependant des points dont l'Entropy index est inférieur à la moyenne. La localisation correspond au territoire de la Z.A.C des Marichelles et la cité St-Amé. Les anciennes cités ouvrières n'ont par ailleurs pas les mêmes variables dominantes que les autres points situés dans des zones proches comme le centre-ville.

Nous pouvons observer par ailleurs que les anciennes cités ouvrières ont en général une ou deux valeurs dominantes, tout comme les points situés en extrémités de Lens et Liévin ou bien les communes situées plus à l'Est. En revanche, les points situés dans les communes les plus au Sud, toujours localisées dans des espaces plus ruraux, ne possèdent pas d'indicateur dominant. Cette carte montre également les espaces à proximité des zones industrielles dont l'unique indicateur dominant est le nombre d'intersections, ce qui n'est pas forcément visible avec notre indice de marchabilité.

b) Comparaison statistique des deux indices et mises en relation à des données issues de recensement de la population

Comparaison statistique des deux indices de marchabilité avec des données de l'INSEE

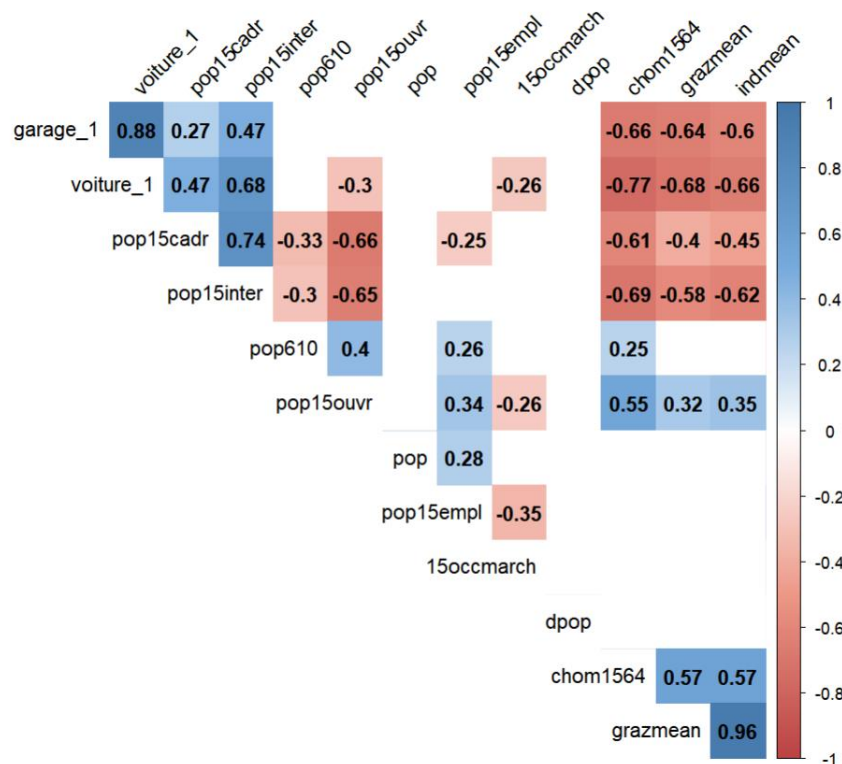
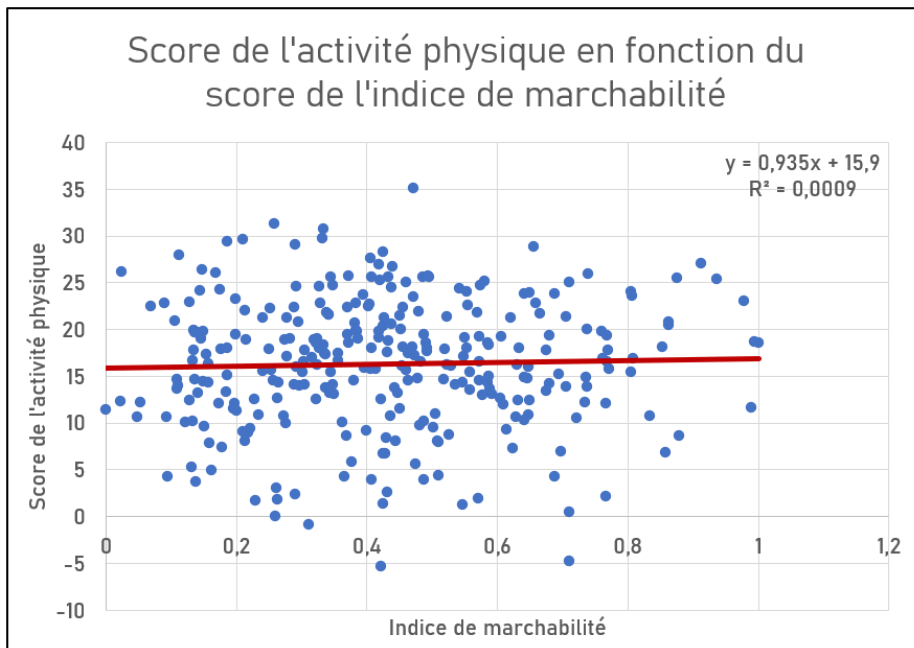


Figure 17 : Matrice de corrélation entre des données socio-démographiques de l'INSEE et les deux indices de marchabilité. Wiedemann M., 2023.

La construction d'une matrice de corrélation mettant en évidence les corrélations les plus significatives nous montre que les deux indices de marchabilité ont des corrélations positives et significatives avec le taux de chômage et la densité d'ouvriers parmi la population. Les deux indices sont à l'inverse corrélés négativement avec la densité de cadres et de professions intermédiaires parmi la population. Nous pouvons également observer une corrélation positive la possession d'au moins une voiture et un garage dans le logement et la densité de cadres dans la population.

c) Estimation des liens entre l'activité physique et les deux indices

Pour vérifier s'il existe un ou plusieurs liens entre l'activité physique et les deux indices de marchabilité, nous avons dans un premier temps effectué deux régressions linéaires dont les résultats sont visibles ci-dessous.



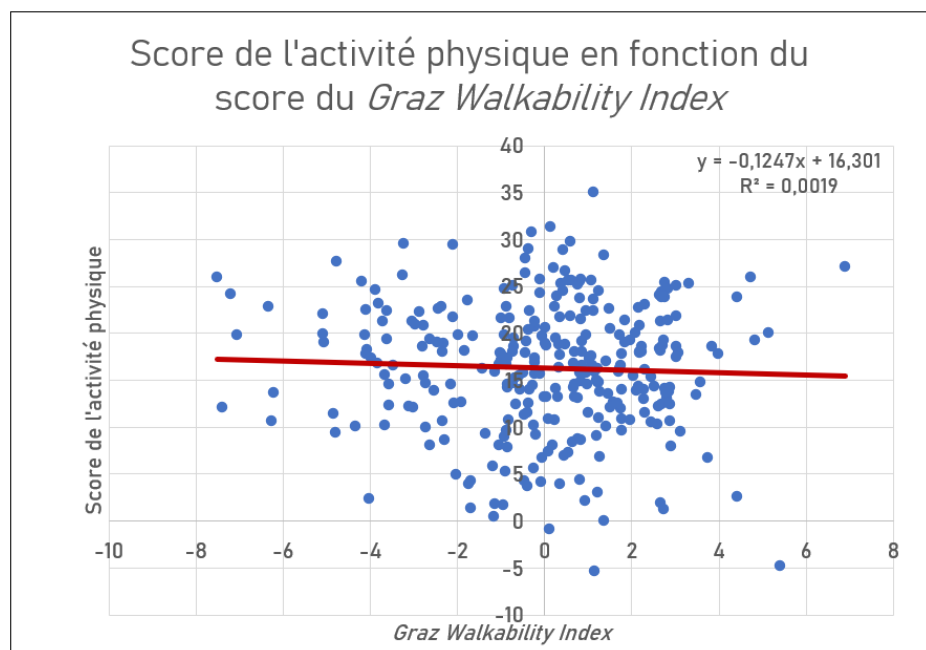
Graphique 11 : Régression linéaire entre le score de l'activité physique calculé par Elise Decorte et celui de l'indice de marchabilité. Wiedemann M., 2023.

Ce graphique représente les relations entre le score de l'activité physique et celui de l'indice de marchabilité. Le nuage de point est très éparpillé et R^2 affiche une valeur inférieure à $1 \cdot 10^3$. Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le score de

l'activité physique et l'indice de marchabilité théorique.

Ce graphique qui représente les relations entre le score de l'activité physique montre également un nuage de points très éparpillé.

La valeur de R^2 est également très faible sur ce



Graphique 12 : Régression linéaire entre le score de l'activité physique calculé par Elise Decorte et le Graz Walkability Index. Wiedemann M., 2023.

graphique. Ainsi, il ne semble pas non

plus avoir de corrélation entre de score de l'activité physique et le *Graz Walkability Index*.

Nous avons ensuite réalisé une matrice de corrélation entre les variables issues de nos deux indices et le score d'activité physique élaboré par Elise Decorte.

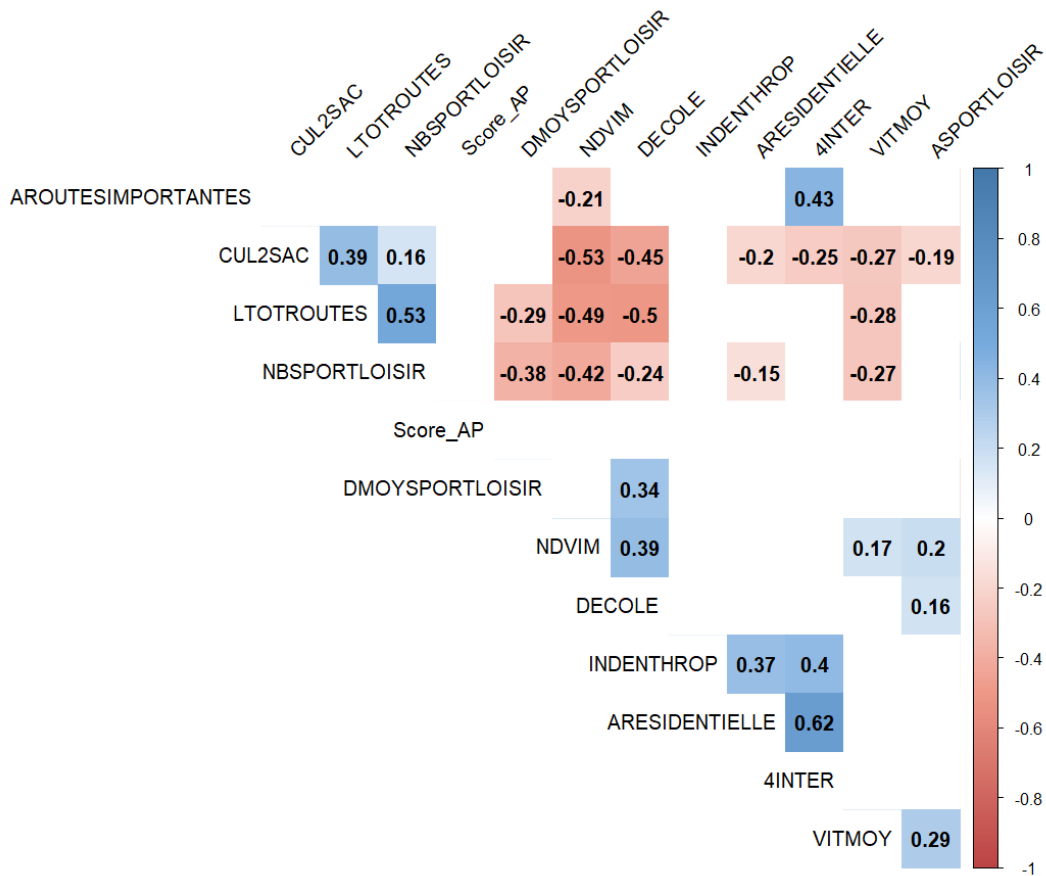


Figure 18 : Matrice de Corrélation entre les indicateurs de l'indice de marchabilité et le score d'activité physique. Wiedemann M., 2023.

Le graphique ci-dessus ne nous montre aucune corrélation significative entre l'activité physique et toutes les variables de l'indice de marchabilité. Aucune variable appartenant au *Graz Walkability Index* n'est par ailleurs concernée, nous pouvons donc estimer qu'il n'y a pas de corrélation entre le score d'activité physique et le *Graz Walkability Index*. Il n'y en a pas non plus entre le score d'activité physique et l'indice de marchabilité que nous avons imaginé.

Conclusion

Notre méthodologie nous a permis de construire un indicateur de marchabilité adapté au territoire de la CALL et basé sur différentes variables traitant à la fois de l'utilisation du sol, de la connectivité du réseau viaire, de l'accessibilité et de la sécurité tout en étant conforme à la mobilité d'une population plus jeune. En comparant les représentations cartographiques et les comparaisons à des données socio-démographiques, nous pouvons estimer que ces deux indices possèdent tout de même des différences malgré de fortes similarités. Les deux indices semblent également correspondre aux caractéristiques morphologiques du territoire et semblent mettre en avant ses particularités.

En ce qui concerne les associations entre l'activité physique (et sportive) et les deux indices de marchabilité, il n'a pas été possible de démontrer des associations significatives. En effet, ni les régressions linéaires ni la matrice de corrélation n'ont permis de mettre en exergue des corrélations entre les variables des indices et le score d'activité physique et sportive élaboré par Elise Decorte.

La première hypothèse n'est donc ni validée ni refusée. En effet, même si la création d'un indicateur de marchabilité adapté à la CALL a été possible et que ce dernier semble fiable, il ne montre pas d'association avec l'activité physique.

La deuxième hypothèse, qui traitait des liens existants entre l'activité physique et l'accessibilité aux équipements sportifs et de loisir est en revanche réfutée. En effet, aucun lien existant ou association significative n'a pu être repérée entre la présence et la proximité d'équipements et un score d'activité physique élevé.

Discussion

Bien qu'il ait été possible de créer un indicateur de marchabilité et de le comparer sur le territoire de Lens-Liévin, certains questionnements, et certaines limites doivent être évoqués.

Dans un premier temps la rentrée des coordonnées de chaque enfant sur le fichier excel a pu être source d'erreurs en plus d'avoir engendré une importante perte de données. En effet, plusieurs parents ont refusé de communiquer les adresses, d'autres adresses étaient illisibles et certains enfants étaient introuvables sur les registres scolaires. Des erreurs de jugement ont pu également être commises lors de la réalisation des traitements QGIS. Ces erreurs de jugement basées sur des chevauchements de couches ont pu fausser les calculs des résultats qui se sont effectués sur des périodes limitées.

Pendant la construction de nos indicateurs nous avons pu constater une trop grande hétérogénéité concernant la répartition des échantillons de l'étude sur le territoire de la CALL. En effet, ces derniers sont pour la plupart situés au sein des IRIS composant les communes de Lens, Liévin et Sallaumines en raison de la localisation des écoles étudiées, et ne sont que très peu présents dans les autres communes. Ainsi sur un total de 36 communes, à peine le tiers est composé d'échantillons et certaines IRIS concernées n'en comportant qu'un seul, ce qui ne permet pas une étude des deux indices de marchabilité sur tout le territoire. De plus, ce mémoire n'étant pas autorisé à divulguer la localisation des échantillons, il n'est pas possible de réaliser une cartographie des scores de marchabilité pour chaque élève. Ce sont par ailleurs ces potentielles erreurs, mais également la localisation des points représentant les enfants de l'étude qui nous ont poussé à réaliser à nouveau cet indice avec des points d'échantillonnages aléatoires.

La disponibilité des données traitant du territoire de la CALL fait également partie des facteurs limitants de notre analyse. Si notre indice possède déjà un nombre important d'indicateurs, ce n'était pourtant pas celui prévu à l'origine et ainsi il se peut que certains paramètres aient pu être évincés. Un article dont la sortie est prévue en décembre 2023, et traitant de la marchabilité des enfants dans la ville de Bologne, a pu voir l'occasion de traiter d'une notion plus détaillée de la marchabilité en se basant sur un nombre plus important d'indicateurs grâce aux traitements de données que nous n'avions pas à notre disposition (Gorrini et al., 2023).

Enfin, s'il n'a pas été possible de démontrer des associations entre la marchabilité et l'activité physique dans la CALL, il ne faut pas non plus nier l'importance des facteurs personnels et interpersonnels dans le manque de pratique d'activité physique. L'enfant étant grandement influencé par son entourage il est possible qu'au-delà de l'accessibilité aux équipements ou de la marchabilité du territoire, d'autres facteurs puissent rentrer en compte. L'ère de l'industrie minière ayant fortement accentué l'enclavement de la population et accentué les difficultés sociales, il aurait pu être intéressant de réaliser des analyses plus qualitatives basés sur des entretiens avec les concernés ou avec les proches.

Bibliographie

- Baudelle, G. (2003). Ce que peut dire la géographie : L'exemple de l'organisation de l'espace minier dans le bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais, approche théorique. *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, 110-4, 55-66. <https://doi.org/10.4000/abpo.1332>
- Beltramo, N. (2018). Le territoire minier : Vecteur ou support de la mémoire de l'immigration polonaise ? *Géographie et cultures*, 105, 69-90. <https://doi.org/10.4000/gc.6477>
- Booth, S. L., Sallis, J. F., Ritenbaugh, C., Hill, J. O., Birch, L. L., Frank, L. D., Glanz, K., Himmelgreen, D. A., Mudd, M., Popkin, B. M., Rickard, K. A., Jeor, S. St., & Hays, N. P. (2009). Environmental and Societal Factors Affect Food Choice and Physical Activity: Rationale, Influences, and Leverage Points. *Nutrition Reviews*, 59(3), S21-S36. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2001.tb06983.x>
- Brousmitche, D. (2022). *Caractérisation de la multi-exposition environnementale : Exploration des potentiels de résilience et de vulnérabilité face aux risques sanitaires* [Thèse de doctorat en Recherche clinique, innovation technologique et santé publique, Université de Lille]. <https://pepite-depot.univ-lille.fr/ToutIDP/EDBSL/2022/2022ULILS041.pdf>
- Casey, R., Oppert, J.-M., Weber, C., Charreire, H., Salze, P., Badariotti, D., Banos, A., Fischler, C., Giacoman Hernandez, C., Chaix, B., & Simon, C. (2011). Mesures objectives de l'environnement bâti et statut pondéral des enfants et adolescents : Revue de la littérature. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(3), 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2011.02.008>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness : Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)*, 100(2), 126-131.

- Chatalic, V. (2012). *Environnement bâti et déplacements piétonniers. Modéliser la marchabilité en France : Quelles données, quelles méthodes?* [Mémoire recherche de Master 2 : Aménagement du territoire et urbanisme]. Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.
- Chibane, S. R. (2016). *La marche en milieu métropolitain : Entre marchabilité potentielle et pratiques individuelles effectives. Une première approche à l'échelle de Grenoble, Saint-Etienne, Lyon et Paris.* Université Grenoble Alpes.
- Chibane, S. R., & Gwiazdzinski, L. (2015). La marche enjeu de santé publique et de qualité de vie : Importance d'une analyse spatialisée de la « marchabilité ». Le cas de l'agglomération grenobloise. *Géocarrefour*, 90(3-4), 203-216. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.9889>
- Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. (2023). *Contrat local de santé.*
- Davaux, N. (2020). Les cités minières : Habitat et mémoire vivante de l'histoire du Bassin minier du Nord-Pas-de-Calais. *Jeunes Chercheurs dans la Cité*, 19.
- Ding, D., Sallis, J. F., Kerr, J., Lee, S., & Rosenberg, D. E. (2011). Neighborhood environment and physical activity among youth a review. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), 442-455. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.06.036>
- EPAS, & Conseil de l'Europe. (2021). *Charte européenne du sport révisée 2021.*
- Fonseca, F., Ribeiro, P. J. G., Conticelli, E., Jabbari, M., Papageorgiou, G., Tondelli, S., & Ramos, R. A. R. (2022). Built environment attributes and their influence on walkability. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(7), 660-679. <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1914793>

- Frank, L. D., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Leary, L., Cain, K., Conway, T. L., & Hess, P. M. (2010). The development of a walkability index : Application to the Neighborhood Quality of Life Study. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 924-933. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058701>
- Gorrini, A., Presicce, D., Messa, F., & Choubassi, R. (2023). Walkability for children in Bologna : Beyond the 15-minute city framework. *Journal of Urban Mobility*, 3, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100052>
- Grasser, G., Van Dyck, D., Titze, S., & Stronegger, W. (2013). Objectively measured walkability and active transport and weight-related outcomes in adults : A systematic review. *International Journal of Public Health*, 58(4), 615-625. <https://doi.org/10.1007/s00038-012-0435-0>
- Hardy-Hémery, O. (2008). _Les cités-jardins de la Compagnie du chemin de fer du Nord : Un habitat ouvrier aux marges de la ville. *Revue du Nord*, 374(1), 131. <https://doi.org/10.3917/rdn.374.0131>
- INSEE, 2023. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. <https://www.insee.fr/fr/accueil>
- Karsten, L. (2002). Mapping Childhood in Amsterdam : The spatial and social construction of children's domains in the city. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 93(3), 231-241. <https://doi.org/10.1111/1467-9663.00199>
- Karsten, L., & Van Vliet, W. (2006). *Children in the city : Reclaiming the street*. 1(16), 151-167.
- Khan, A. A. (1992). An integrated approach to measuring potential spatial access to health care services. *Socio-Economic Planning Sciences*, 26(4), 275-287. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(92\)90004-O](https://doi.org/10.1016/0038-0121(92)90004-O)

- Lalonde, B. (2014). *Analyse géographique et multiniveau de l'influence de l'environnement scolaire sur la pratique de l'activité physique de jeunes élèves du Québec*.
- Larsen, K., Gilliland, J., Hess, P., Tucker, P., Irwin, J., & He, M. (2009). The Influence of the Physical Environment and Sociodemographic Characteristics on Children's Mode of Travel to and From School. *American Journal of Public Health, 99*(3), 520-526. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2008.135319>
- LeaL, V. C. (2015). *L'école, l'enfant et la ville* [Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en Art de bâtir et urbanisme, Université catholique de Louvain]. https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A165616/datastream/PDF_01/view
- Liao, B., van den Berg, P. E. W., van Wesemael, P. J. V., & Arentze, T. A. (2020). Empirical analysis of walkability using data from the Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 85*, 102390. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102390>
- Masserey, Y. (2014). *Pratiques physiques et sportives parmi des jeunes de 8 à 10 ans dans des quartiers populaires : Analyse des usages et des représentations dans une perspective de santé et d'intégration sociale* [Mémoire de master]. Faculté des sciences et de médecine, Université de Fribourg.
- Mecredy, G., Pickett, W., & Janssen, I. (2011). Street connectivity is negatively associated with physical activity in Canadian youth. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 8*(8), 3333-3350. <https://doi.org/10.3390/ijerph8083333>
- Mortelette, C. (2019). *_Reconversion d'anciens sites miniers en lieux culturels. Enjeux territoriaux et appropriation dans le bassin minier du Nord-Pas-de-Calais*. [Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université d'Artois en géographie et aménagement du territoire, Université d'Artois]. <https://hal.science/tel-02478106/>

- Nolin, B. (2006). Intensité de pratique d'activité physique : Définitions et commentaires. *Infokine, 1*(16), 5-10.
- Nolin, B., & Hamel, D. (2005). *Les Québécois bougent plus mais pas encore assez*. 18.
- OMS. (2022). *Activité physique*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Rainham, D. G., Bates, C. J., Blanchard, C. M., Dummer, T. J., Kirk, S. F., & Shearer, C. L. (2012). Spatial Classification of Youth Physical Activity Patterns. *American Journal of Preventive Medicine, 42*(5), e87-e96. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.02.011>
- Salze, P. (2013). *Activité sportive et mobilité quotidienne chez les adolescents* [Ecole doctorale des sciences de la terre et de l'environnement]. Université de Strasbourg.
- Song, Y., Merlin, L., & Rodriguez, D. (2013). Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems, 42*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.08.001>
- Veitch, J., Salmon, J., & Ball, K. (2007). Children's active free play in local neighborhoods : A behavioral mapping study. *Health Education Research, 23*(5), 870-879. <https://doi.org/10.1093/her/cym074>
- Wiebe, I. (2010). *L'accessibilité spatiale et les pratiques d'utilisation des services et équipements pour les enfants dans l'arrondissement Romsement-La Petite-Patrie* [Mémoire présenté pour obtenir le titre de M.SC]. Institut national de la recherche scientifique, Centre-Urbanisation culture société.
- Wilk, P., Clark, A. F., Maltby, A., Smith, C., Tucker, P., & Gilliland, J. A. (2018). Examining individual, interpersonal, and environmental influences on children's physical activity

levels. *SSM - Population Health*, 4, 76-85.

<https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2017.11.004>

Annexes

Annexe 1 : Construction de la carte mentale réalisée en début de mission afin de fixer tous les termes du sujet

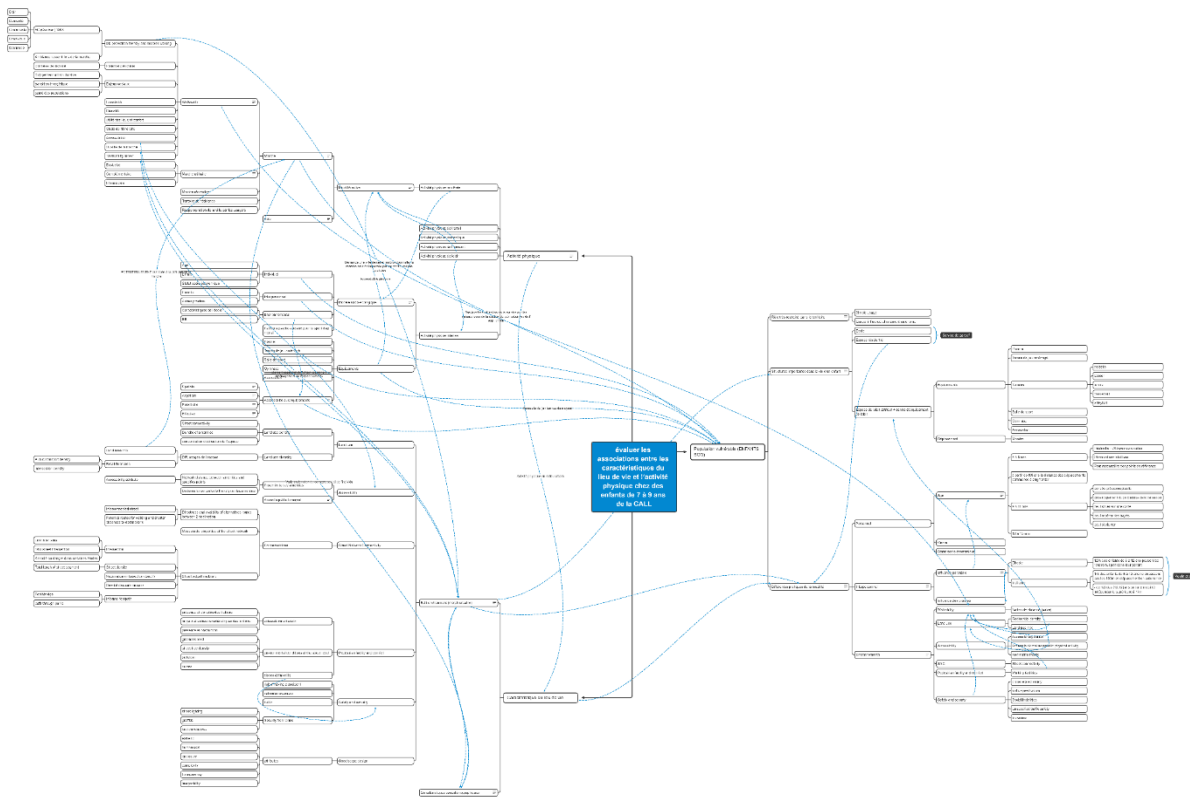


Figure 19 : Carte mentale de délimitation du sujet réalisée sur Xmind. Wiedemann M., 2023.

Annexe 2 : Données utilisées pour la construction des deux indices

Liste des données utilisé lors de cette étude	Date de disponibilité de la donnée, du millésime utilisé	Echelle	Type de données	Source de la donnée	Lien de consultation de la donnée
BD TOPO	Décembre 2022, millésime le plus récent	Départementale (possible en nationale)	données vectorielles (.shp)	Institut National de Géographie	BD TOPO® Géoservices (ign.fr)
IRIS...GE	2022, millésime le plus récent	Départementale (possible en nationale)	données vectorielles (.shp)	Géoservices (producteurs : IGN et INSEE)	IRIS... GE Géoservices (ign.fr)
Clubs de sport	dec 2019	Collectivité territoriale	fichier de texte délimité (.csv)	GéoCALL : Géoservice de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin	https://geoservices.agglo-lenslievin.fr/portal/apps/webappviewer/index.html?id=b5a05d4ed5954c3995fb5c923a9912d7
Occupation du sol en deux dimensions (OCS2D) - NPdC	2015	Départementale	données vectorielles (.shp)	Géo2France	https://www.geo2france.fr/dataset/urn:isogeo:metadata:uuid:8a14e95c-f759-4922-88de-e8643da739a2
Données Sentinel-2 type L2A	17/07/2022	12km²	données raster (.tiff)	Copernicus, European commission, European Space Agency	https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products?\$filter=cfedbd60-db94-41c0-852a-de3be746d20c/\$value

Tableau 3 : Données SIG utilisées pour la construction de l'indice. Wiedemann M., 2023.

Annexe 3 : Liste envoyée à la CALL afin d'obtenir des données introuvables en libre accès

Recherche de données spatiales (.shp ; .csv; .json; .geojson)
Informations sur les trottoirs présents dans la communauté d'agglomération ou de tout autre aménagement piéton
Informations concernant le nombre d'incivilités, de délits ou de plaintes, si possibles spatialisées
Informations concernant les limitations de vitesses correspondant à chaque segment de la voirie automobile
Informations concernant le niveau de trafic des segments de la voirie automobile
Informations concernant le nombre d'accidents correspondant à chaque segment de la voirie automobile
Informations concernant la présence ou non de "rues écoles" ou de la présence de segments de la voirie automobiles subissant des modifications pendant les heures de ramassages scolaires
Informations concernant le nombre de crimes par quartier
Information concernant les éclairages urbains (localisation des points d'éclairage)
Cartes de bruit (même cartes stratégiques)
Cartes de pollution de l'air (même cartes stratégiques)
Données spatiales concernant la présence d'arbres ou de couverts arborés dans la ville, sur les trottoirs ou voies piétonnes, hors parcs et zones de végétations

Tableau 4 : Liste des données manquantes. Wiedemann M., 2023.

Annexe 4 : Code python utilisé pour la réalisation de la matrice de distance entre les équipements sportifs et de loisir et les échantillons

Script réalisé par Eric Chraïbi

```
import pandas as pd
points_a = "XXX"
points_b = "XXX"
routes = "XXX"

tableau = "XXX"

layers = QgsProject.instance().mapLayersByName(points_a)
if layers:
    points_a = layers[0]

layers = QgsProject.instance().mapLayersByName(points_b)
if layers:
    points_b = layers[0]

layers = QgsProject.instance().mapLayersByName(routes)
if layers:
    routes = layers[0]

director = QgsVectorLayerDirector(routes, 8, 'Sens direct', 'Sens inverse',
                                  'Double', sens',
QgsVectorLayerDirector.DirectionBoth)
# director = QgsVectorLayerDirector(routes, 13, 'Sens direct', 'Sens inverse',
#                                   'Double', sens',
QgsVectorLayerDirector.DirectionBoth)

# The index of the field that contains information about the edge speed
```

```

attributeId = 13
# Default speed value
defaultValue = 50
# Conversion from speed to metric units ('1' means no conversion)
toMetricFactor = 1
# strategy = QgsNetworkSpeedStrategy(attributeId, defaultValue, toMetricFactor)
strategy = QgsNetworkDistanceStrategy()
# strategy = QgsNetworkSpeedStrategy()
director.addStrategy(strategy)

builder = QgsGraphBuilder(routes.crs())
# on crée le graphe, en lui ajoutant les POI
id_points_a = [feats_a['id'] for feats_a in points_a.getFeatures()]
id_points_b = [feats_b['id'] for feats_b in points_b.getFeatures()]

list_points_a = [feats_a.geometry().asPoint() for feats_a in
points_a.getFeatures()]
list_points_b = [feats_b.geometry().asPoint() for feats_b in
points_b.getFeatures()]

poi_list = director.makeGraph(builder, list_points_a+list_points_b)
# Ici je récupère les points qui viennent de chaque couche
start_points = poi_list[0:len(id_points_a)]
end_points = poi_list[len(id_points_a):]

graph = builder.graph()

result = pd.DataFrame(columns = id_points_b, index=id_points_a )

for i,start_point in enumerate(start_points):

    start_id = graph.findVertex(start_point)
    if start_id ==-1:
        result.loc[id_points_a[i],:] = -1
    else:

        (tree, costs) = QgsGraphAnalyzer.dijkstra(graph, start_id, 0)

        for j, end_point in enumerate(end_points):
            # On récupère l'id du vertex du point d'arrivée
            end_id = graph.findVertex(end_point)
            if end_id==-1:
                result.loc[id_points_a[i],id_points_b[j]]=-1
            else:
                result.loc[id_points_a[i],id_points_b[j]] = costs[end_id]
result.to_csv(tableau)

```


Annexe 5 : Méthode de construction de calcul de la matrice de distance entre l'école et l'échantillon (la plus proche ou celle où ce dernier inscrit selon la méthode)

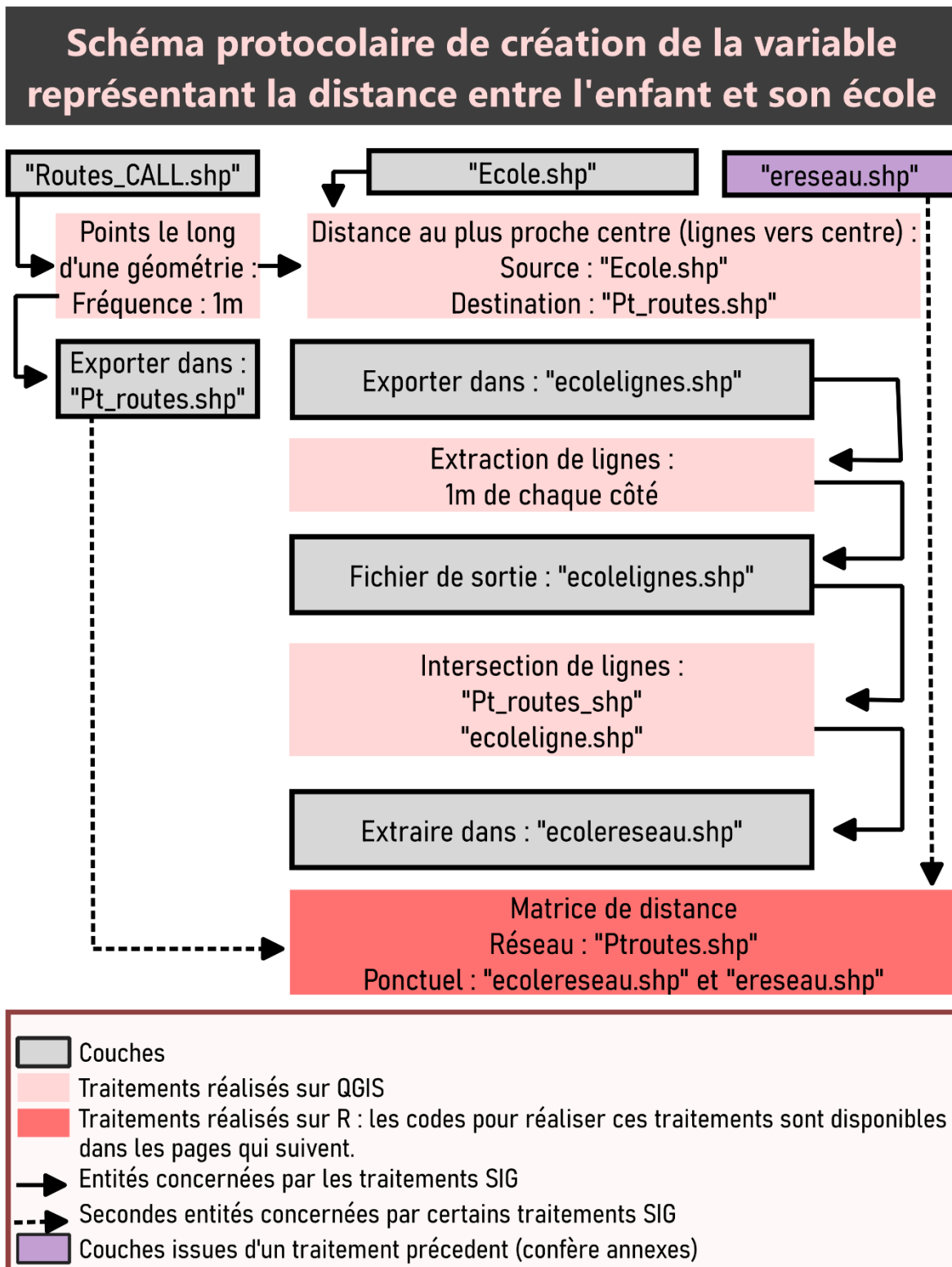


Figure 20 : Construction de l'indicateur estimant la distance entre l'école et le point. Wiedemann M., 2023.

Annexe 6 : Code R de la réalisation de l'ACP et de la CAH combinées sans choix de cluster.

Script proposé et adapté par Julien Azuara et Olivier Finance à partir de : Commenges, H., Beauguitte, L., Buard, E., Cura, R., Le Néchet, F., Le Texier M., Mathian H., Rey S. (2014). R et espace. Traitement de l'information géographique. Groupe ElementR, Framabook, Paris.

```
library("svDialogs")
library("FactoMineR")
library("factoextra")

#select directory to save results
h=dlg_dir(message = "Choisir le dossier ou seront enregistre les resultats")
working_directory=h$res

#select way to file
h=dlg_open(message = "Selectionner le fichier contenant les donnees a traiter")
way_to_file=h$res

#select separator
h=dlg_input(message = "seprateur de champs")
s=h$res

#select separator
h=dlg_input(message = "seprateur decimal")
dec=h$res

#set working directory
setwd(working_directory)

#load data
data=read.csv(way_to_file,sep = s,dec = dec, row.names = 1)

#compute ACP
res.pca=PCA(data, scale.unit = TRUE, graph = FALSE)

#compute cah
res.hcpc <- HCPC(res.pca, graph = FALSE, method = "ward")

#extract pca coordinates
ind <- get_pca_ind(res.pca)
ind_pca_coords=as.data.frame(ind$coord)
write.csv(ind_pca_coords,"pca_coordinates_individuals.csv",row.names = T)

#extract categories
categories=res.hcpc$data.clust
write.csv(categories,"classified_data.csv",row.names = T)

#characterize classes
des_class=res.hcpc$desc.var
n_class=res.hcpc$call$t$nb.clust
for (i in 1:n_class){
  des_cat=as.data.frame(des_class$quanti[[i]])
  n_i=as.character(i)
  title_pdf=paste("class",n_i,".pdf")
  title_png=paste("class",n_i,".png")
  title_2=paste("class",n_i,"_stats",".csv")
  write.csv(des_cat,title_2,row.names = T)
  dbp<- data.frame(name=row.names(des_cat),value=des_cat$v.test)
  # Barplot
  bp=ggplot(dbp, aes(x=name, y=value)) +
    geom_bar(stat = "identity")+
    theme(axis.text.x=element_text(angle=90,hjust=1,vjust=0.5))
}
```

```

ggsave(filename = title_pdf,plot = bp,device = "pdf")
ggsave(filename = title_png,plot = bp,device = "png")
}

#plot dendrogram
plot_dendro=fviz_dend(res.hcpc,
  cex = 0.7, # Taille du text
  palette = "jco", # Palette de couleur ?ggpubr::ggpar
  rect = TRUE, rect_fill = TRUE, # Rectangle autour des groupes
  rect_border = "jco", # Couleur du rectangle
  show_labels = FALSE # pas de texte
)

ggsave(filename = "plot_dendro.pdf",plot = plot_dendro,device = "pdf",width =
150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_dendro.png",plot =plot_dendro,device = "png",width =
150,height = 150,units = "mm")

#plot individuals with clusters
plot_pca_ind_clust_1_2=fviz_cluster(res.hcpc,
  repel = TRUE, # Evite le chevauchement des textes
  show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des clusters
  palette = "jco", # Palette de couleurs, voir ?ggpubr::ggpar
  ggtheme = theme_minimal(),
  main = "Factor map",
  geom = "point",
  axes=c(1,2)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_2.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_1_2,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_2.png",plot =plot_pca_ind_clust_1_2,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_ind_clust_1_3=fviz_cluster(res.hcpc,
  repel = TRUE, # Evite le chevauchement des textes
  show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des clusters
  palette = "jco", # Palette de couleurs, voir ?ggpubr::ggpar
  ggtheme = theme_minimal(),
  main = "Factor map",
  geom = "point",
  axes=c(1,3)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_3.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_1_3,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_3.png",plot =plot_pca_ind_clust_1_3,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_ind_clust_1_4=fviz_cluster(res.hcpc,
  repel = TRUE, # Evite le chevauchement des textes
  show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des clusters
  palette = "jco", # Palette de couleurs, voir ?ggpubr::ggpar
  ggtheme = theme_minimal(),
  main = "Factor map",
  geom = "point",
  axes=c(1,4)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_4.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_1_4,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_4.png",plot =plot_pca_ind_clust_1_4,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_ind_clust_1_5=fviz_cluster(res.hcpc,
  repel = TRUE, # Evite le chevauchement des textes
  show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des clusters
  palette = "jco", # Palette de couleurs, voir ?ggpubr::ggpar
  ggtheme = theme_minimal(),
  main = "Factor map",
  geom = "point",

```

```

        axes=c(1,5)
    )
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_5.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_1_5,device
    = "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_1_5.png",plot =plot_pca_ind_clust_1_5,device
    = "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

    plot_pca_ind_clust_2_3=fviz_cluster(res.hcpc,
        repel = TRUE, # Evite le
    chevauchement des textes
        show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
    clusters
        palette = "jco", # Palette de couleurs,
    voir ?ggpubr::ggpar
        ggtheme = theme_minimal(),
        main = "Factor map",
        geom = "point",
        axes=c(2,3)
    )
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_3.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_2_3,device
    = "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_3.png",plot =plot_pca_ind_clust_2_3,device
    = "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

    plot_pca_ind_clust_2_4=fviz_cluster(res.hcpc,
        repel = TRUE, # Evite le
    chevauchement des textes
        show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
    clusters
        palette = "jco", # Palette de couleurs,
    voir ?ggpubr::ggpar
        ggtheme = theme_minimal(),
        main = "Factor map",
        geom = "point",
        axes=c(2,4)
    )
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_4.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_2_4,device
    = "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_4.png",plot =plot_pca_ind_clust_2_4,device
    = "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

    plot_pca_ind_clust_2_5=fviz_cluster(res.hcpc,
        repel = TRUE, # Evite le
    chevauchement des textes
        show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
    clusters
        palette = "jco", # Palette de couleurs,
    voir ?ggpubr::ggpar
        ggtheme = theme_minimal(),
        main = "Factor map",
        geom = "point",
        axes=c(2,5)
    )
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_5.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_2_5,device
    = "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
    ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_2_5.png",plot =plot_pca_ind_clust_2_5,device
    = "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

    plot_pca_ind_clust_3_4=fviz_cluster(res.hcpc,
        repel = TRUE, # Evite le
    chevauchement des textes
        show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
    clusters
        palette = "jco", # Palette de couleurs,
    voir ?ggpubr::ggpar
        ggtheme = theme_minimal(),
        main = "Factor map",
        geom = "point",

```

```

                                axes=c(3,4)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_3_4.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_3_4,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_3_4.png",plot =plot_pca_ind_clust_3_4,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_ind_clust_3_5=fviz_cluster(res.hcpc,
                                repel = TRUE,                                # Evite le
chevauchement des textes
                                show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
clusters
                                palette = "jco",          # Palette de couleurs,
voir ?ggpubr::ggpar
                                ggtheme = theme_minimal(),
                                main = "Factor map",
                                geom = "point",
                                axes=c(3,5)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_3_5.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_3_5,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_3_5.png",plot =plot_pca_ind_clust_3_5,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_ind_clust_4_5=fviz_cluster(res.hcpc,
                                repel = TRUE,                                # Evite le
chevauchement des textes
                                show.clust.cent = TRUE, # Montre le centre des
clusters
                                palette = "jco",          # Palette de couleurs,
voir ?ggpubr::ggpar
                                ggtheme = theme_minimal(),
                                main = "Factor map",
                                geom = "point",
                                axes=c(4, 5)
)
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_4_5.pdf",plot = plot_pca_ind_clust_4_5,device
= "pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_pca_ind_clust_4_5.png",plot =plot_pca_ind_clust_4_5,device
= "png",width = 150,height = 150,units = "mm")

#get eigenvalues
eig.val <- as.data.frame(get_eigenvalue(res.pca))
write.csv(eig.val,"eigen_values.csv",row.names = T)

#get correlation of variables
cor.var <- as.data.frame(get_pca_var(res.pca)$coord)
write.csv(cor.var,"correlation_variables_facteurs.csv",row.names = T)

#plot explained variance
plot_eig_val=fviz_eig(res.pca, addlabels = TRUE, ylim = c(0, 100))
ggsave(filename = "plot_eigen_val.pdf",plot = plot_eig_val,device = "pdf",width =
150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_eigen_val.png",plot = plot_eig_val,device = "png",width =
150,height = 150,units = "mm")

#plot variables graph
plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(1,2),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_2.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_2.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(1,3),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)

```

```

ggsave(filename = "plot_variable_graph1_3.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_3.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(1,4),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_4.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_4.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(1,5),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_5.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph1_5.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(2,3),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_3.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_3.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(2,4),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_4.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_4.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(2,5),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_5.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph2_5.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(3,4),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph3_4.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph3_4.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(3,5),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph3_5.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph3_5.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

plot_pca_var=fviz_pca_var(res.pca, axes=c(4,5),repel = TRUE, col.var =
"black",labelsize=3)
ggsave(filename = "plot_variable_graph4_5.pdf",plot = plot_pca_var,device =
"pdf",width = 150,height = 150,units = "mm")
ggsave(filename = "plot_variable_graph4_5.png",plot = plot_pca_var,device =
"png",width = 150,height = 150,units = "mm")

```

Annexe 7 : Code R pour la réalisation d'une intersection de lignes issu du logiciel QGIS

```
# Installer les bibliothèques nécessaires
install.packages("sf")
install.packages("rgeos")
install.packages("rgdal")

# Charger les bibliothèques
library(sf)
library(rgeos)
library(rgdal)

# Chemins vers les fichiers de couches de lignes
chemin_couche1
"C:/Users/marie/Desktop/Marie_WIedemann/Donnees_Analyses/SIG/Traitements/routes
call.shp"
chemin_couche2 <- "C:/Users/marie/Desktop/sigcorrection/lignes.shp"

# Charger les couches de lignes
couche1 <- st_read(chemin_couche1)
couche2 <- st_read(chemin_couche2)

# Réaliser l'intersection entre les couches de lignes
intersection <- st_intersection(couche1, couche2)

# Créer une couche de points à partir des intersections
points <- st_point_on_surface(intersection)

# Chemin vers le fichier shapefile de sortie
chemin_sortie <- "C:/Users/marie/Desktop/sigcorrection/inter.shp"

# Écrire la couche de points dans un fichier shapefile
st_write(points, chemin_sortie)
```

Annexe 8 : Code R pour la réalisation d'un comptage de points issu du logiciel QGIS

```
# Charger les bibliothèques requises
library(sf)
library(dplyr)

# Charger la couche de polygones et de points
poly <- st_read("C:/Users/marie/Desktop/sigcorrection/tampon15.shp")
pts <- st_read("C:/Users/marie/Desktop/sigcorrection/inter.shp")

# Préparer l'index spatial pour accélérer le processus de comptage
idx <- st_intersects(poly, pts)

# Compter les points dans les polygones
count <- lengths(idx)

# Ajouter le champ de valeur au polygone avec le nombre de points
poly$count <- count

# Sauvegarder la nouvelle couche de polygones
st_write(poly, "C:/Users/marie/Desktop/sigcorrection/comptage.shp")
```

Annexe 9 : Code R pour la réalisation d'une matrice de corrélation

```
install.packages("ggcorrplot")
library(tidyverse)
library(ggcorrplot)
library(corrplot)

scrOlievin <- scrievin %>%
  select(!("CODE"))

df_quant <- scoresportrestelievin %>%
  select(!("CODE"))

df_quant <- na.omit(df_quant)

corr_mat <- cor(df_quant,method="s")

library(RColorBrewer)

M<-cor(df_quant)

cor.mtest <- function(mat, ...) {
  mat <- as.matrix(mat)
  n <- ncol(mat)
  p.mat<- matrix(NA, n, n)
  diag(p.mat) <- 0
  for (i in 1:(n - 1)) {
    for (j in (i + 1):n) {
      tmp <- cor.test(mat[, i], mat[, j], ...)
      p.mat[i, j] <- p.mat[j, i] <- tmp$p.value
    }
  }
  colnames(p.mat) <- rownames(p.mat) <- colnames(mat)
  p.mat
}

p.mat <- cor.mtest(df_quant)

col <- colorRampPalette(c("#4477AA", "#77AADD", "#FFFFFF", "#EE9988", "#BB4444"))
corrplot(M, method="color", col=col(200),
  type="upper", order="hclust",
  addCoef.col = "black",
  tl.col="black", tl.srt=45,
  p.mat = p.mat, sig.level = 0.01, insig = "blank",
  diag=FALSE
)

corrplot(M, type="upper", order="original",
  col=brewer.pal(n=8, name="RdBu"))
```


Table des Figures

1) Cartes

Carte 1 : Situation géographique de la Communauté de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.	19
Carte 2 : Représentation de l'ancien site du bassin minier. Bibliothèque Nationale de France, XXe siècle.	20
Carte 3 : Morphologie urbaine de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.	22
Carte 4 : Taux de chômage dans les Hauts-de-France. D. Brousmiche	25
Carte 5 : Taux de pauvreté des Hauts-de-France en 2015. D. Brousmiche.....	26
Carte 7 : Répartition de la part des cadres et des professions intellectuelles supérieures dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.	27
Carte 6 : Répartition de la part d'ouvrier dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.....	27
Carte 8 : Part des logements possédant une voiture ou plus dans la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin. Wiedemann M., 2023.....	28
Carte 9 : Présentation des écoles sélectionnés pour l'expérience. Wiedemann M., 2023.	32
Carte 10 : Représentation des points d'échantillonnages selon leur score de l'indice de marchabilité. Wiedemann M., 2023.	65
Carte 11: Dendrogramme issue de la CAH précédemment réalisée. Wiedemann M., 2023....	66
Carte 12 : Typologie des points selon la CAH réalisée précédemment. Wiedemann M., 2023.	69
Carte 13 : Valeur des points selon le score obtenu au Graz Walkability Index. Wiedemann M., 2023.....	72
Carte 14 : Typologie des points selon la valeur des indicateurs composant le Graz Walkability Index. Wiedemann M., 2023.	74

2) Figures

Figure 1 : Visite Cyclotouristique : capture d'écran du site eTerritoire. . Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. https://www.etterritoire.fr	23
Figure 2 : Rando pique-nique : capture d'écran du site eTerritoire. Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. https://www.etterritoire.fr	23
Figure 3 : Terrils Thérapie : capture d'écran du site eTerritoire. Nord-Pas-De-Calais Tourisme, 2023. https://www.etterritoire.fr	24
Figure 4 : Méthodologie de tri des indicateurs pour la construction de l'indice de marchabilité	35
Figure 5 : Méthode de création de la zone tampon. Wiedemann M., 2023.....	38
Figure 6 : Méthode de création de la couche d'intersection au sein des zones tampons. Wiedemann M., 2023.	40
Figure 7 : Méthode de création du comptage des culs-de-sac dans la zone tampon. Wiedemann M., 2023.	41
Figure 8 : Méthode de construction pour la matrice de distance aux équipements sportif. Wiedemann M., 2023.	43
Figure 9 : Méthode de calcul de l'aire représentée par les routes considérées comme importante dans les zones tampon. Wiedemann M., 2023.	45
Figure 10 : Méthode de construction de calcul de la vitesse moyenne des automobilistes dans la zone tampon. Wiedemann M., 2023.....	46
Figure 11 : Méthode de calcul de la longueur de route au sein d'une zone tampon. Wiedemann M., 2023.	47
Figure 12 : Méthode de calcul du nombre et de la superficie des équipements sportif et de loisir. Wiedemann M., 2023.	48
Figure 13: Méthode de calcul du nombre d'intersection. Wiedemann M., 2023.....	53
Figure 14 : Méthode de calcul de la densité résidentielle. Wiedemann M., 2023.....	55
Figure 15 : Méthode de calcul de l'Entropy score. Wiedemann M., 2023.	57
Figure 16 : Méthodologie de calcul pour une régression linéaire. Wiedemann M., 2023.	59

Figure 17 : Matrice de corrélation entre des données socio-démographiques de l'INSEE et les deux indices de marchabilité. Wiedemann M., 2023.	75
Figure 18 : Matrice de Corrélation entre les indicateurs de l'indice de marchabilité et le score d'activité physique. Wiedemann M., 2023.	78
Figure 19 : Carte mentale de délimitation du sujet réalisée sur Xmind. Wiedemann M., 2023.	92
Figure 20 : Construction de l'indicateur estimant la distance entre l'école et le point. Wiedemann M., 2023.	95

3) Graphiques

Graphique 1 : Exposition du pourcentage des variances expliquées. Wiedemann M., 2023...	61
Graphique 2 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et deux. Wiedemann M., 2023.	62
Graphique 3 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et trois. Wiedemann M., 2023.	63
Graphique 4 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions une et quatre. Wiedemann M., 2023.	63
Graphique 5 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions deux et quatre. Wiedemann M., 2023.	64
Graphique 6 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions deux et trois. Wiedemann M., 2023.	64
Graphique 7 : Cercle de corrélation basé sur les dimensions trois et quatre. Wiedemann M., 2023.	64
Graphique 8 : Typologie de la classe 1. Wiedemann M., 2023.	67
Graphique 9 : Typologie de la classe 2. Wiedemann M., 2023.	67
Graphique 10 : Typologie de la classe 3. Wiedemann M., 2023.	68
Graphique 11 : Régression linéaire entre le score de l'activité physique calculé par Elise Decorte et celui de l'indice de marchabilité. Wiedemann M., 2023.	77

Graphique 12 : Régression linéaire entre le score de l'activité physique calculé par Elise Decorte et le Graz Walkability Index. Wiedemann M., 2023. 77

4) Tableaux

Tableau 1 : Présentation des indicateurs composant le futur score de marchabilité. Wiedemann M., 2023. 36

Tableau 2 : Présentation des indicateurs composant le futur score de marchabilité. Wiedemann M., 2023. 37

Tableau 3 : Données SIG utilisées pour la construction de l'indice. Wiedemann M., 2023..... 92

Tableau 4 : Liste des données manquantes. Wiedemann M., 2023..... 93

Table des Matières

Remerciements	2
Sommaire	3
Glossaire.....	5
Introduction	6
1) Contexte et enjeux	7
2) Activité physique : éléments de définitions.....	8
a) L'activité physique : un concept vaste renvoyant à une pluralité de définitions	8
b) Etats des lieux de la pratique de l'activité physique chez la jeunesse occidentale ..	9
3) Problématisation	10
a) Hypothèse 1	10
b) Hypothèse 2	10
Etat de l'art et présentation du territoire de recherche	11
1) Préambule	12
2) Synthèse bibliographique des déterminants environnementaux de l'activité physique et de l'activité physique et sportive chez les jeunes occidentaux.....	12
a) Associations entre environnement et lieu de vie sur l'activité physique	12
b) L'enfant : un usager complexe du territoire aux pratiques de mobilité qui dépendent de facteurs multiples	16
3) Configuration socio-urbanistique et contexte socio-économique de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin	19
a) La Communauté d'Agglomération de Lens Liévin, un territoire directement lié à l'industrie minière et à la récolte de la Houille	19
b) Les conséquences de l'industrie minière sur la morphologie urbaine de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin : état des lieux des héritages et du patrimoine issus de cette époque	21
c) Un territoire en grande difficulté économique et sociale.....	24

Matériels et méthodes.....	30
1) Source des données.....	31
a) Méthode de sélection des individus ayant participé à cette étude	31
b) Présentation des données utilisées pour les analyses spatiales indispensables à la construction des indicateurs de marchabilité.....	33
2) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin.....	34
a) Sélection des indicateurs nécessaires à la construction de l'indice de marchabilité	34
b) Outils et traitements	38
c) Transformation des indicateurs en indice de marchabilité.....	49
d) Construction de l'indice de marchabilité à l'échelle de la CALL.....	50
3) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique.....	51
a) L'indice de Grasser en « indicateur témoin » de marchabilité.....	51
b) Confrontation des deux indices par le biais d'analyses statistiques et études des liens entre ces derniers et l'activité physique.....	58
Résultats	60
1) Création d'un indice de marchabilité théorique adapté au territoire de la Communauté d'Agglomération de Lens Liévin.....	61
a) Analyses statistiques et cartographie des variables composant l'indice théorique de Marchabilité	61
b) Répartition des variables composant l'indice de Marchabilité théorique au sein de la CALL.....	66
2) Comparaison de l'indice théorique de marchabilité avec un indice de marchabilité issu de la littérature et l'activité physique.....	71
a) Analyse statistique et cartographiques du <i>Graz Walkability Index</i>	71

b) Comparaison statistique des deux indices et mises en relation à des données issues de recensement de la population	75
c) Estimation des liens entre l'activité physique et les deux indices	76
Conclusion.....	79
Discussion	81
Bibliographie.....	84
Annexes.....	91
Table des Figures.....	103
1) Cartes	104
2) Figures	105
3) Graphiques.....	106
4) Tableaux.....	107
Table des Matières.....	108