

Ecole Doctorale 446
Biologie Santé de Lille

Thèse de Doctorat (CIFRE)
2023

Développement d'outils de gestion pour la prise en compte des enjeux de santé dans les opérations d'aménagement urbain : atténuation des vulnérabilités et renforcement de la résilience des systèmes territoriaux

Par Laakri Bouhadj

Spécialité : Sciences de la vie et de la santé

Présentée publiquement le 20 octobre 2023

Membres du jury

M. Damien Cuny	PU Université de Lille	Directeur de thèse
M ^{me} Caroline Lanier	MCU Université de Lille	Co-encadrant de thèse
M. Guy Chautard	Docteur, chargé d'études principal Agence de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole	Examinateur (Co-encadrant de thèse)
M ^{me} Céline Rozenblat	PU Université de Lausanne, Switzerland	Rapporteur
M. Bruno Barroca	PU Université Gustave Eiffel, Champs-sur-Marne	Rapporteur (président de jury)
M ^{me} Sandra Perez	MCU Université Côte d'Azur, CNRS	Examinateur
M ^{me} Océane Guyon	Chargée d'études Agence de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole	Membres invités
M ^{me} Sophie Barral	Ingénieure santé-environnement Ville de Paris	Membres invités

Avant-propos

Le sujet de thèse développé dans ce manuscrit résulte d'une collaboration entre l'Agence de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole (ADULM) et le Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE) de l'Université de Lille. Cette collaboration a donné lieu à une Convention Industrielle de Formation par la REcherche (CIFRE) ayant pour but d'encourager le développement de la recherche partenariale tout en permettant au doctorant de développer son expertise dans les champs couverts par les partenaires. L'objectif de ce projet de recherche, à visée opérationnelle, est d'apporter une rigueur scientifique dans le but d'alimenter et d'informer les plans, documents et projets d'urbanisme et d'aménagement.

L'ADULM, créée en 1990, est un organisme public chargé de la planification et de l'aménagement urbain de la métropole lilloise. Elle intervient sur un territoire couvrant 133 communes dans le Nord de la France. Ses missions comprennent notamment l'étude et la mise en œuvre des documents d'urbanisme (schémas de cohérence territoriale, etc.), la coordination des politiques publiques en matière d'aménagement et de développement économique, et l'animation de la concertation avec les acteurs locaux (élus, associations, entreprises, habitants, etc.). Elle développe des travaux de prospective et d'observation des transitions et ce, avec une approche multiscalaire, de la région au quartier, au service des acteurs et partenaires du territoire (État, Région, Métropole, communauté de communes, chambres consulaires...). L'ADULM est composée d'une équipe pluridisciplinaire de professionnels de l'urbanisme, d'architectes, de cartographes, de statisticiens, de sociologues ou encore d'économistes, qui travaillent en collaboration avec les élus et les acteurs locaux pour concevoir et mettre en œuvre des projets de développement durable pour la métropole lilloise.

Le laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement, quant à lui, est une unité de recherche de l'Université de Lille, spécialisée dans le domaine des géo-matériaux, du génie civil, du bâtiment et du géo-environnement. Les activités du LGCgE, créé en 2010, sont centrées sur la recherche scientifique, la formation et la valorisation des connaissances dans les domaines de la construction, de l'environnement et du génie civil. Le LGCgE est composé d'une équipe de 200 chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants et personnels techniques et administratifs, qui travaillent en étroite collaboration avec des partenaires académiques et industriels pour développer des solutions innovantes pour les défis actuels et futurs dans les domaines de la construction, de l'environnement et du génie civil. Il est organisé en cinq Equipes de Recherche (ER). Les travaux de l'ER4, qui accueille cette thèse, sont axés sur le diagnostic et l'évaluation de l'état des écosystèmes, la définition de nouveaux indicateurs d'exposition et/ou d'effet des polluants, la gestion de la biodiversité et l'ingénierie écologique. L'étude des inégalités territoriales sanitaires, sociales et environnementales à l'aide d'analyses statistiques et géostatistiques fait également partie des domaines de compétence de l'ER4.

Remerciements

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à mes encadrants : Monsieur Damien Cuny, Madame Caroline Lanier et Monsieur Guy Chautard. Votre expertise, vos conseils éclairés et votre soutien constant ont été d'une valeur inestimable tout au long de mon parcours doctoral.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers les membres du jury de ma thèse, Madame Céline Rozenblat, Madame Sandra Perez, Madame Sophie Barral, Madame Annabelle Deram, Monsieur Bruno Barroca, et Monsieur Samuel Rufat pour avoir accepté de consacrer leur expertise à évaluer mon travail de recherche.

J'aimerais également exprimer ma reconnaissance envers mes collègues de l'ADULM. Je tiens à citer Océane, avec qui j'ai assuré la coordination de la démarche santé environnement, ainsi que François Leurs, le directeur du pôle Observation et Prospective. Mes collègues du pôle Observation et Prospective, Anne, Celia, Stéphanie, Hadrien, Louise et Véronique.

Mes remerciements s'étendent à tous mes collègues de l'ADULM, qui ont créé un environnement de travail dynamique et stimulant.

Je tiens à remercier chaleureusement mes collègues au sein du laboratoire, notamment Nicole, Martin, Lara-Maria, Alexandre, Régis, Stéphane, Sylvain, Sarah, Lucie, Pierre-Arthur, mes anciennes collègues Delphine, Diane et Sabrina ainsi que tous les stagiaires qui sont déjà passés par le laboratoire. Votre collaboration et votre soutien ont été inestimables.

Mes remerciements s'étendent également à nos collaborateurs de la Métropole Européenne de Lille, Renaud Duval et Houria Daisse, pour leur engagement en faveur de la démarche « Santé environnement ». Leur contribution a grandement facilité la réalisation de notre projet.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes avec lesquelles nous avons collaboré pour mener à bien ce projet. Je tiens à mentionner la ville de Roubaix, la région Hauts-de-France, la ville de Lille, l'ARS, Santé publique France, la ville de Paris, et bien d'autres partenaires. Leur expertise et leur engagement ont été essentiels pour la réussite de cette thèse.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers l'ANRT pour avoir financé ma thèse CIFRE.

Enfin, je souhaite exprimer mes remerciements envers mon fiancé, ma famille et mes ami.e.s. Leur soutien, leurs encouragements constants et leur amour inconditionnel ont été ma source d'inspiration et de force tout au long de ce parcours doctoral.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse. Votre soutien et votre collaboration ont été d'une importance capitale, et je vous en suis extrêmement reconnaissante.

Résumé

La conception de nos villes et régions est déterminante pour notre santé et bien-être. Elle impacte notamment la qualité de notre cadre de vie, de l'air que nous respirons, de l'eau que nous buvons, notre accès aux espaces verts, aux services de santé et aux opportunités d'emplois (OMS & ONU, 2021). En effet, notre santé est influencée par de nombreux facteurs qui dépassent le simple domaine de la pathologie. L'enjeu de cette thèse est de développer un outil d'aide à la décision dont les acteurs locaux pourront se saisir pour une meilleure prise en compte de la santé dans les plans, documents et projets d'urbanisme et d'aménagement.

Le premier objectif de la thèse est de caractériser les Inégalités Environnementales et Sociales de Santé (IESS) à l'échelle infra-communale sur le périmètre du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de la Métropole Européenne de Lille (MEL). Une revue de la littérature ainsi que des ateliers thématiques avec des acteurs locaux et régionaux ont été organisés et un cadre méthodologique a été proposé pour la construction d'indices composites spatialisés de vulnérabilité et de résilience. De plus, une méthodologie d'analyse des profils des catégories de territoires, résultant de l'interprétation conjointe des deux indices, a été développée.

Le second objectif est d'accompagner et de favoriser la prise en compte des enjeux de santé dans les projets d'aménagement urbain en proposant une approche expérimentale appliquée sur deux projets d'aménagement. L'analyse approfondie des enjeux de santé environnementale dans les deux quartiers, ainsi que la contribution du groupe de travail composé des deux équipes de projet et les observations sur le terrain, ont permis de mieux comprendre les facteurs de vulnérabilité et de résilience présents dans ces quartiers. Cela a également permis d'évaluer l'impact du projet d'aménagement sur ces quartiers et de proposer une modélisation théorique des perspectives d'amélioration pour les deux propositions d'aménagement.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance de prendre en compte non seulement les facteurs de vulnérabilité et de résilience des territoires dans l'analyse de IESS, mais également la dimension spatiale. La division du SCoT en zones homogènes faciliterait la compréhension de la dynamique des IESS à une échelle fine. L'exploitation des indices composites à l'échelle d'un projet d'aménagement met en évidence la question de la transversalité et de l'impact de toutes les dimensions impliquées. À cette échelle, les indices composites permettent d'avoir une vision globale des enjeux au sein d'un quartier, ils soulèvent également les limites des politiques d'aménagement pour la réduction des IESS.

Mots-clés : Santé environnementale ; urbanisme ; indice composite ; inégalités environnementales et sociales de santé ; vulnérabilité ; résilience.

Abstract

The design of our cities and regions is crucial for our health and well-being. It notably impacts the quality of our living environment, the air we breathe, the water we drink, our access to green spaces, healthcare services, and employment opportunities (OMS & ONU, 2021). Indeed, our health are influenced by numerous factors that go beyond the scope of pathology alone. The focus of this thesis is to develop a decision support tool that local actors can use to better consider health in urban planning and development plans, documents, and projects.

The first objective of the thesis is to characterize the environmental and social health inequalities (ESHI) at the sub-municipal level within the perimeter of the European metropolis of Lille's Territorial Coherence Scheme. A literature review and thematic workshops involving local and regional stakeholders were organized, and a methodological framework was proposed for constructing spatialized composite indices of vulnerability and resilience. Furthermore, a methodology for analyzing the profiles of territory categories resulting from the joint interpretation of the two indices was developed.

The second objective is to support and promote the consideration of health issues in urban development projects by proposing an experimental approach applied to two development projects. The in-depth analysis of environmental health issues in the two neighborhoods, along with the contribution of the working group composed of the two project teams and field observations, helped to better understand the factors of vulnerability and resilience present in these neighborhoods. It also enabled the evaluation of the impact of the development project on these neighborhoods and the proposal of a theoretical modeling of improvement prospects for the two development proposals.

The obtained results highlight the importance of considering not only the vulnerability and resilience factors of territories but also the spatial dimension. Dividing the European metropolis of Lille's Territorial Coherence Scheme into homogeneous zones would facilitate understanding the dynamics of ESHI at a fine scale. The use of composite indices at the scale of a development project brings to light the issue of transversality and the impact of all involved dimensions. At this scale, composite indices provide an overall vision of the issues within a neighborhood, they also reveal the limitations of development policies for reducing ESHI.

Keywords: Environmental health; urban planning; composite index; environmental and social health inequalities; vulnerability; resilience.

Table des matières

Avant-propos	1
Remerciements	2
Résumé	3
Abstract	4
Liste des acronymes	9
Liste des figures	10
Liste des tableaux.....	12
Introduction générale	14
CHAPITRE I : urbanisme et inégalités environnementales et sociales de santé	18
Introduction	19
Partie 1 : Les inégalités environnementales et sociales de santé	21
I.1.1. Inégalités environnementales et sociales de santé : origine, déterminants et disparités territoriales	21
I.1.1.1. Définition et origine de la notion des inégalités environnementales et sociales de santé	21
I.1.1.2. Définition des déterminants de la santé	22
I.1.1.3. Comprendre les différences urbain-rural : spécificités territoriales, enjeux environnementaux et disparités de santé.....	23
I.1.2. Méthodologie de caractérisation des inégalités environnementales et sociales de santé	27
I.1.2.1. La vulnérabilité et la résilience des territoires, concepts-clés pour l'analyse des inégalités environnementales et sociales de santé.....	27
I.1.2.2. Les indices composites : une approche multidimensionnelle pour évaluer les enjeux de santé environnement	30
Partie 2 : Urbanisme et santé	32
I.2.1. L'évolution de la prise en compte de la santé dans l'urbanisme : des origines historiques à nos jours.....	32
I.2.2. Analyse des liens entre l'urbanisme et la santé.....	34
A. La dimension environnementale	38
B. La dimension sociale	40
C. La dimension cadre de vie.....	42
D. La dimension modes de vie personnels	44
Partie 3 : Approches politiques pour la réduction des disparités environnementales et sociales de santé : quelles stratégies sont mises en place ?	46
Discussion	50

CHAPITRE II : Matériels et méthodes	53
II.1. Approche territoriale	54
II.1.1. Territoire d'étude.....	54
II.1.2. Analyse des inégalités environnementales et sociales de santé à l'échelle infra communale sur le territoire du SCoT de Lille Métropole : d'une approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT à une approche différenciée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine.....	56
II.1.3. Modèle d'analyse des profils des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine.....	68
II.2. Approche projets : Quartier Cul-de-Four à Roubaix et quartier Montebello à Lille-Wazemmes	75
II.2.1. Sélection des projets d'aménagement	75
II.2.2. Le projet Montebello.....	76
A. Contexte historique du quartier de Wazemmes	76
B. Composition de l'IRIS Montebello	77
II.2.3. Le projet Cul-de-Four	78
A. Contexte historique du quartier Cul-de-Four	78
B. Composition de l'IRIS Cul-de-four	79
II.2.4. Analyse des territoires de projets : diagnostic et terrain.....	79
II.2.5. Analyse des propositions d'aménagement : estimation de la variation des indices de vulnérabilité et de résilience en intégrant les actions d'aménagement prévues à Cul-de-Four et à Montebello	81
CHAPITRE III : Résultats	82
Partie 1 : Approche territoriale	83
III.1.1. Approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT	83
A. Analyse des indices de vulnérabilité (IV) et des indices de résilience (IR) sur l'ensemble du périmètre du SCoT	83
B. Analyse conjointe des IV et des IR sur l'ensemble du SCoT de Lille Métropole.....	84
III.1.2. Approche différenciée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine...	86
A. Résultats des IV et des IR sur l'agglomération centrale	86
B. Analyse conjointe des IV et des IR sur l'agglomération centrale	87
C. Analyse des résultats des IV et des IR sur la couronne métropolitaine	87
D. Analyse conjointe des IV et des IR sur la couronne métropolitaine	88
III.1.3. Caractérisation de la modification due au changement d'approche	89
III.1.4. Corrélation des variables avec les IV et les IR dans les trois périmètres d'étude.....	90

III.1.5. Profil des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine	93
III.1.5.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience dans le périmètre de l'agglomération centrale	93
A. Analyse des facteurs de vulnérabilité	93
B. Analyse des facteurs de résilience	97
III.1.5.2. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience des quatre classes dans le périmètre de la couronne métropolitaine	99
A. Analyse des facteurs de vulnérabilité	99
B. Analyse des facteurs de résilience	101
Discussion	102
Partie 2 : Approche projets : le cas de Montebello à Wazemmes-Lille et de Cul-de-Four à Roubaix	105
III.2.1. Projet Montebello	105
III.2.1.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience à Montebello	105
A. Variation des facteurs de vulnérabilité à Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	105
B. Variation des facteurs de résilience à Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	107
C. Focus sur les IRIS voisins de Montebello	108
III.2.1.2. Observations sur le terrain à Montebello	110
A. Habitat et voiries	110
B. Espaces verts, bleus et modes de déplacements	111
C. Equipements et services	112
D. Sites et sols pollués, friches et délaissés urbains	113
E. Ilots de chaleur, bruit et pollution de l'air	114
III.2.1.3. Présentation du projet d'aménagement de Montebello	115
III.2.1.4. Calcul des indices de vulnérabilité et de résilience après intégration des actions d'aménagement	117
III.2.1.5. Résultats suite à l'intégration des nouvelles valeurs des variables	119
III.2.1.6. Perspectives d'amélioration du projet	120
III.2.2. Projet Cul-de-Four	121
III.2.2.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience à Cul-de-Four	121
A. Variation des facteurs de vulnérabilité à Cul-de-Four par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	121
B. Variation des facteurs de résilience à Cul-de-Four par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	123

C. Focus sur les IRIS voisins de Cul-de-Four	124
III.2.2.2. Observations sur le terrain à Cul-de-Four	126
A. Habitat et voiries	126
B. Espaces verts, bleus et modes de déplacements	127
C. Equipements et services	128
D. Sites et sols pollués, friches et délaissés urbains	129
E. Ilots de chaleur, bruit et pollution de l'air	130
III.2.2.3. Présentation de la proposition d'aménagement du Cul-de-Four	130
III.2.2.4. Calcul des indices de vulnérabilité et de résilience après intégration des actions d'aménagement	133
III.2.2.5. Résultats suite à l'intégration des nouvelles valeurs des variables.....	134
III.2.2.6. Perspectives d'amélioration du projet	134
Discussion générale	137
Conclusion générale	146
Bibliographie	148

Liste des acronymes

ADULM	Agence de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole
ACP	Analyse en Composante Principale
ANFR	Agence Nationale des Fréquences
AREL	Aide à la Rénovation Energétique des Logements privés
ARS	Agence Régionale de Santé
BASIAS	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL	BAse de données des sites et SOLs pollués
BPE	Base Permanente des Equipements
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CIFRE	Convention Industrielle de Formation par la REcherche
CISTERRES	Cartographie d'Indices de vulnérabilité et d'adaptabilité au Service des TERRitoires en Environnement et Santé
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EDI	<i>European Deprivation Index</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EHESP	École des Hautes Études en Santé Publique
EIS	Évaluation d'Impact sur la Santé
ER	Equipes de Recherche
FDEP	<i>French DEPrivation index</i>
GREENH-City	<i>Gouvernance for Equity, EnviroNment and Health in the City</i>
HiAP	<i>Health in All Policies</i>
ICPE	Installations classées protection de l'environnement
ICU	Îlots de chaleur urbains
IES	Inégalités Environnementales de Santé
IESS	Inégalités Environnementales et Sociales de Santé
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INSEE	Institut National de la Statistique et Etudes Economiques
IR	Indices de résilience
IRIS	Ilots Regroupés pour l'Information Statistique
ISS	Inégalités Sociales de Santé
IV	Indices de vulnérabilité
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
LGCgE	Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement
MEL	Métropole Européenne de Lille
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
OCS ^{2D}	Occupation du Sol en 2 dimensions
ODRE	Open Data Réseaux Énergies
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONPE	Observatoire National de la Précarité Energétique
PCAET	Plan Climat Air-Energie Territorial
PDU	Plans de Déplacements Urbains

PLU	Plan local d'Urbanisme
PLUm	Plan Local d'Urbanisme métropolitain
PM	<i>Particulate matter</i>
PNSE	Plan national Santé Environnement
PPA	Plans de Protection de l'Atmosphère
PRSE	Plan Régional Santé Environnement
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
SD	<i>Standard Deviation</i>
SNTEDD	Stratégie Nationale de Transition Ecologique vers un Développement Durable
SPF	Santé Publique France
SRU	Solidarité et Renouvellement Urbain
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>

Liste des figures

Figure 1: modèle des déterminants de la santé de Whitehead & Dahlgren (1991)	23
Figure 2: mécanismes d'influence de l'urbanisme sur la santé humaine	34
Figure 3: territoire d'étude. (a) périmètre du SCoT de Lille Métropole, (b) agglomération centrale et couronne métropolitaine du SCoT de Lille Métropole.....	55
Figure 4 : processus de construction des indices composites de vulnérabilité et de résilience.....	56
Figure 5: processus de construction de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience (d'après Brousmiche et al, 2020).....	61
Figure 6 : processus d'élaboration du modèle d'analyse des profils des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine	69
Figure 7: les halles de Wazemmes 1934 - 2023 (source photo de 1934 : lilledantan).....	76
Figure 8 : composition de l'IRIS Montebello	77
Figure 9: le canal de Roubaix Quais d'Anvers et de Gand Photo Nord Eclair.....	78
Figure 10 : composition de l'IRIS Cul-de-Four	79
Figure 11 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité sur le territoire du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,28, 0,51 et 0,71) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,28, 0,47, 0,67) à l'aide de la même méthode de discrétisation, donnant ainsi quatre classes de résilience.	84
Figure 12 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de résilience et des indices de vulnérabilité pour les 528 IRIS du territoire du SCoT de Lille. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).	85
Figure 13 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité dans l'agglomération centrale du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,35, 0,57 et 0,75) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,29, 0,49, 0,70) à l'aide de la même méthode de discrétisation donnant ainsi quatre classes de résilience.	86
Figure 14 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de résilience et des indices de vulnérabilité pour les 391 IRIS de l'agglomération centrale. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).	87

Figure 15 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité dans la couronne métropolitaine du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,26, 0,45 et 0,67) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,34, 0,54, 0,72) à l'aide de la même méthode de discrétisation, donnant ainsi quatre classes de résilience.	88
Figure 16 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de vulnérabilité et des indices de résilience pour les 137 IRIS de couronne métropolitaine. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).	89
Figure 17 : (a) Nombre et pourcentage d'IRIS dans les quatre classes, dans l'analyse sur l'ensemble du SCoT et l'analyse différenciée.	90
Figure 18 : Taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Montebello et la moyenne de l'agglomération centrale	105
Figure 19: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	107
Figure 20: résultat de l'interprétation conjointe des indices de vulnérabilité et de résilience, avec un focus sur le secteur voisin de Montebello	108
Figure 21: taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier.....	109
Figure 22: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier.....	110
Figure 23 : Structure de l'habitat à Montebello	111
Figure 24 : espaces verts, bleus et modes de déplacements	112
Figure 25 : répartition des équipements et services à Montebello, (a) catégories des équipements selon la classification de l'Insee, (b) localisation des différents équipements et services du quartier Montebello.	113
Figure 26 : Friches, délaissés urbains, sites et sols pollués à Montebello	114
Figure 27 : pollution sonore et pollution de l'air à Montebello (source : MEL et Atmo Hauts-de-France)	115
Figure 28 : actions d'aménagement du projet Lena Mexico (source : fabrique des quartiers).....	117
Figure 29 : modélisation tenant compte des facteurs de vulnérabilité de l'IRIS Montebello.....	120
Figure 30 : modélisation tenant compte des facteurs de résilience de l'IRIS Montebello.....	121
Figure 31 : taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	122
Figure 32: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale	124
Figure 33: résultat de l'interprétation conjointe des indices de vulnérabilité et de résilience	124
Figure 34: taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS voisins de ce dernier.....	125
Figure 35: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier.....	126
Figure 36 : Structure de l'habitat à Cul-de-Four	127
Figure 37 : espaces verts, bleus et modes de déplacements doux	128
Figure 38 : répartition des équipements et services à Cul-de-Four, (a) catégories des équipements selon la classification de l'Insee, (b) localisation des différents équipements et services du quartier Cul-de-Four	128
Figure 39 : friches, délaissés urbains, sites et sols pollués à Cul-de-Four	129

Figure 40 : Pollution sonore et pollution de l'air à Cul-de-Four (sources : MEL et ATMO Hauts-de-France)	130
Figure 41 : proposition d'aménagement du quartier Cul-de-Four	132
Figure 42 : modélisation tenant compte des facteurs de vulnérabilité les plus importants dans l'IRIS Cul-de-Four comparés à la moyenne de l'agglomération centrale	135
Figure 43 : modélisation tenant compte des facteurs de résilience de l'IRIS Cul-de-Four	135

Liste des tableaux

Tableau 1: composantes de l'environnement bâti impactant la santé	36
Tableau 2 : indicateurs de l'environnement	39
Tableau 3 : indicateurs de l'environnement social	41
Tableau 4 : indicateurs du cadre de vie	43
Tableau 5 : indicateurs modes de vie personnels	45
Tableau 6: liste des sources de données mobilisées	59
Tableau 7: nombre d'IRIS par périmètre	68
Tableau 8: statistiques descriptives établies sur les 58 variables pour l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine	71
Tableau 9 : Corrélations entre les variables d'une part et l'IV (a) et l'RI d'autre part (b), dans l'ensemble du territoire du SCOT (T1), son agglomération centrale (T2), et sa couronne (T3). Les couleurs chaudes indiquent des corrélations positives et les couleurs froides correspondent à des corrélations négatives. Les corrélations statistiquement significatives ($p < 0,05$) sont indiquées en caractères gras	91
Tableau 10 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de vulnérabilité dans le périmètre de l'agglomération centrale	94
Tableau 11 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de résilience dans le périmètre de l'agglomération centrale. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé »	97
Tableau 12 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de vulnérabilité dans le périmètre de la couronne métropolitaine. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé »	99
Tableau 13 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de résilience dans le périmètre de la couronne métropolitaine. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé »	101

Tableau 14: valeurs prises par les variables de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience avant (T0) et après (T1) la prise en compte du projet d'aménagement de Montebello	118
Tableau 15: valeurs prises par les variables de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience avant (T0) et après (T1) la prise en compte du projet d'aménagement du Cul-de-Four	133

Introduction générale

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1946 définit la santé comme « *un état de complet bien-être à la fois physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en l'absence de maladie ou d'infirmité* » (Charbit, 2022). Cette définition met en évidence le fait que la santé ne se limite pas uniquement à l'absence de maladie, mais englobe également des aspects psychologiques et sociaux. Elle reconnaît que la santé peut être déterminée par plusieurs facteurs liés à l'environnement. Ainsi, la santé n'est pas uniquement influencée par des facteurs individuels, mais aussi par des aspects liés au contexte social, économique et environnemental dans lequel les individus vivent. Cette prise de conscience a conduit à l'émergence du concept de santé-environnement. Lors de la conférence de l'OMS de Frankfort en 1989, la santé-environnement a été définie comme l'ensemble des aspects de la santé humaine et des maladies qui sont influencés par l'environnement. Outre les aspects théoriques, cela englobe également le contrôle et l'évaluation des facteurs environnementaux pouvant potentiellement affecter la santé (Lafon & Lafon, 2009). Dans sa définition de la santé-environnement, l'OMS inclut toutes les préoccupations de santé qui ne sont pas d'origine génétique ou qui ne relèvent pas d'un comportement individuel, tels que le tabagisme par exemple (Lafon & Lafon, 2009). En 1992, l'OMS a publié un rapport intitulé « Notre planète, notre santé » qui mettait en lumière les liens entre la santé humaine et l'environnement (Mabahwi et al., 2014) et en 2010, à Parme, sous l'égide de l'OMS, les 53 États-membres de l'Union Européenne adoptent une déclaration dans laquelle ils s'engagent à réduire les effets sanitaires négatifs des menaces environnementales avec une échéance en 2020. Cette déclaration reconnaît que l'environnement joue un rôle crucial dans la santé humaine et appelle à une action collective pour protéger la santé des populations.

Selon l'OMS, environ 23% des décès dans le monde sont attribuables à des facteurs environnementaux évitables (OMS, 2018). L'espérance de vie est étroitement liée à la qualité de l'environnement dans lequel nous vivons. Par exemple, la pollution atmosphérique contribue à 4,2 millions de décès prématurés chaque année (OMS, 2022). De plus, le réchauffement climatique aggrave également les problèmes de santé. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les changements climatiques entraînent une augmentation de la mortalité due aux vagues de chaleur, aux maladies vectorielles telles que le paludisme et la dengue, ainsi qu'à la malnutrition (GIEC, 2001). Environ 15 millions de personnes meurent chaque année en raison de la consommation d'eau non potable ou du manque d'accès à l'eau potable (Laimé, 2015).

Les enjeux de santé liés à l'environnement en France sont également d'une grande importance. Selon Santé Publique France (SPF), l'exposition à la pollution de l'air en France contribue à environ 40 000 décès prématurés chaque année (SPF, 2021). La région Hauts-de-France n'est pas épargnée par ces problématiques. Atmo Hauts-de-France déclare qu'en 2022, la région a été concernée par 23 jours de pic de pollution, soit une augmentation d'environ le double par rapport à 2021, où seuls 12 jours de pic avaient été enregistrés (Atmo, 2023).

La présence de facteurs environnementaux impactant la santé ne sont pas uniformément répartis dans les territoires. Les IESS sont des réalités préoccupantes qui affectent les populations de manière disproportionnée (Laurent, 2009). Les populations peuvent être exposées à des environnements pollués, à un accès limité à des espaces verts, à une alimentation malsaine et à des conditions de logement insalubres. La question des IESS occupe de plus en plus de place tant dans le domaine de la recherche scientifique que sur le plan politique. Les chercheurs reconnaissent de plus en plus l'importance d'examiner comment les disparités socio-économiques, les inégalités d'accès aux ressources et les conditions environnementales défavorables ont un impact significatif sur certaines populations. Sur le plan politique, il est devenu crucial de prendre en compte ces inégalités pour élaborer des politiques de santé plus justes et équitables (OPS, 2019).

L'urbanisme, défini comme l'art d'aménager des villes, peut jouer un rôle crucial dans la lutte contre les inégalités de santé, en créant des environnements favorables qui permettent à tous les citoyens d'avoir accès à des conditions de vie saines et équitables (Anzivino et al., 2018). De nombreuses études et recherches soutiennent cette idée. Par exemple, une étude menée par l'OMS intitulée « L'urbanisme et la santé » souligne l'importance de la planification urbaine dans la promotion de la santé et la réduction des inégalités sociales (Barton & Tsourou, 2004). Le rapport de l'Assemblée mondiale de la santé de l'OMS, intitulé « Réduire les inégalités en matière de santé en agissant sur les déterminants sociaux », met en évidence le lien entre les conditions de vie dans les quartiers urbains et la santé des habitants. Le rapport souligne l'importance de la planification urbaine pour créer des environnements sûrs, inclusifs et propices à la santé, en favorisant par exemple la mixité sociale, la création d'espaces verts et la mise en place de services de proximité (OMS, 2009).

La MEL reconnaît l'importance des enjeux de la santé environnement sur son territoire. Elle a lancé une stratégie de santé environnementale, intégrant toutes les politiques métropolitaines afin de prendre en compte les enjeux sanitaires et d'améliorer la qualité de vie de la population. Cette stratégie, décrite dans les délibérations cadre de décembre 2018 et juin 2019, vise à réduire l'exposition des populations aux pollutions et à anticiper les risques pour la santé liés aux changements climatiques. La stratégie de santé environnementale de la MEL repose sur quatre ambitions principales, accompagnées d'actions à court, moyen et long terme. La première ambition consiste à créer et animer une gouvernance partagée, en établissant un comité de pilotage partenarial chargé de coordonner les politiques publiques liées à la santé environnementale. Cette initiative vise à associer la société civile, les acteurs de la recherche et de la santé, les communes et les partenaires économiques, afin de favoriser une approche concertée et cohérente.

La deuxième ambition de la MEL est de soutenir la recherche scientifique et épidémiologique dans le domaine de la santé environnementale, afin d'approfondir les connaissances dans ce domaine. La troisième ambition de la stratégie de santé environnementale de la MEL est d'informer, sensibiliser les métropolitains aux enjeux de santé environnementale. La MEL prévoit de rendre accessible au public les données produites sur la santé environnementale, en les accompagnant d'explications pédagogiques compréhensibles par tous. Des outils de

communication métropolitains et communaux seront déployés pour informer, accompagner et mobiliser les métropolitains en temps réel.

Enfin, la quatrième ambition de la MEL est de développer une métropole résiliente sur le plan de la santé environnementale. Cela implique d'agir sur les déterminants de la santé en réduisant les risques et en favorisant l'accès aux aménités naturelles et urbaines. Les enjeux de santé seront intégrés dans la planification urbaine incluant notamment des transports collectifs écologiques et l'aménagement du cadre de vie. De plus, des actions seront entreprises pour réduire les inégalités sociales et territoriales de santé à l'échelle du territoire métropolitain.

En s'appuyant notamment sur les données scientifiques les décideurs politiques peuvent mieux comprendre les liens complexes entre l'environnement urbain et les inégalités sociales et environnementales de santé. L'utilisation de la recherche dans l'élaboration des politiques publiques permet de développer des outils opérationnels de gestion des IESS, tout en intégrant ces considérations dans l'élaboration des plans, documents et projets d'urbanisme et d'aménagement.

Les recherches en santé-environnement, réalisées essentiellement à l'échelle communale, n'offrent actuellement pas aux décideurs locaux des outils de gestion des inégalités en santé-environnement. Les décideurs manquent actuellement d'outils multidimensionnels qui leur permettraient de mieux prendre en compte les enjeux de santé dans les projets d'aménagement.

Problématique et objectifs de la thèse

La question de recherche principale de cette thèse porte sur la manière de réaliser une caractérisation multidimensionnelle précise des territoires à une échelle fine, dans le but d'intégrer les enjeux de santé dans les projets, les plans et les documents d'urbanisme et d'aménagement : quelle méthode utiliser pour construire un indicateur dynamique et prospectif ? Comment passer d'une approche de diagnostic territorial à une approche de diagnostic pré opérationnel ?

Le premier objectif de la thèse consiste à caractériser les IESS à une échelle infra-communale sur le territoire du SCoT de Lille Métropole. Cette démarche permet d'identifier les zones présentant des disparités en termes de santé environnementale, afin de mieux cibler les actions et les politiques publiques.

Le second objectif de la thèse est d'accompagner et de favoriser la prise en compte des enjeux de santé dans les projets d'aménagement urbain.

Cette thèse est structurée en trois chapitres. Le premier chapitre constitue une revue des connaissances actuelles sur les inégalités environnementales et sociales de santé, les liens entre urbanisme et santé, ainsi que les outils d'analyse de ces liens. Il met en lumière les politiques publiques visant à réduire les inégalités de santé et à créer des environnements favorables à la santé. Le deuxième chapitre présente la méthodologie déployée dans le cadre

de cette thèse pour développer une approche territoriale de l'analyse des inégalités environnementales et sociales de santé à l'échelle du SCoT de Lille métropole. Il expose également le développement d'une approche qui permet de prendre en compte les enjeux de santé dans les opérations d'aménagement urbain. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats de la thèse mettant en évidence les conclusions et les recommandations formulées à la suite de ces analyses approfondies.

CHAPITRE I : urbanisme et inégalités environnementales et sociales de santé

Introduction

L'augmentation de la population mondiale est un sujet de préoccupation pour de nombreux pays et organisations internationales (David Olivier, 2020 ; Ethgen et al., 2003 ; LeGrand, 1998). Selon les estimations de l'Organisation des Nations unies (ONU), la population mondiale était d'environ 7,9 milliards en 2021 et devrait atteindre 9,7 milliards d'ici 2050, avec une augmentation annuelle de 1,1 %. L'OMS indique qu'en 2021, plus de 55 % de la population mondiale, soit 4,2 milliards d'habitants, vivent dans des zones urbaines contre 2,5 milliards d'habitants en 1950. Si cette tendance se poursuit, d'ici 2050, cette proportion atteindra 68% (OMS, 2021). Cette croissance démographique a des implications importantes pour l'environnement, les ressources naturelles et la qualité de vie des populations (LeGrand, 1998). Les réflexions et stratégies doivent notamment évoluer dans le domaine de l'urbanisme (Dumont, 2018) et du changement climatique (Bourban, 2019). Une augmentation de la pression sur les ressources naturelles (LeGrand, 1998) ainsi qu'une augmentation de la production de déchets et de la pollution (Bentekhici et al., 2018) sont à intégrer dans les modèles.

L'urbanisme, défini comme « *l'art de disposer l'espace urbain ou rural (bâtiments d'habitation, de travail, de loisir, réseaux de circulation et d'échanges) pour obtenir son meilleur fonctionnement et améliorer les rapports sociaux* » (Merlin, 2022), joue un rôle crucial dans l'urbanisation, car il est responsable de la création et de la gestion des structures, des aménagements et des services urbains. Il fournit un cadre conceptuel et pratique pour façonner le développement des villes et des agglomérations, en tenant compte des aspects du cadre de vie tels que la gestion des ressources, l'accessibilité, l'environnement, l'esthétique et la qualité de vie des habitants.

L'urbanisation, si elle présente de nombreux avantages tels que l'accès à des services de santé et d'éducation de meilleure qualité tout en favorisant la croissance économique (Damon, 2011), peut également avoir des effets négatifs sur l'environnement et la santé des populations (Frioux, 2015). Facteur du réchauffement climatique, l'urbanisation peut avoir un impact négatif sur la qualité de l'air, de l'eau et du sol, ainsi que sur la biodiversité ce qui peut entraîner des problèmes de santé pour les populations (Soumaré et al., 2020). La qualité des milieux environnementaux est hétérogène dans le temps et dans l'espace : la population peut donc être touchée de manière inégale par les problèmes environnementaux et les risques sanitaires liés à la croissance démographique et à l'urbanisation (Basson et al., 2021; Porcherie et al., 2018). De ces observations, émerge le concept d'inégalités environnementales et sociales de santé. Les causes de ces inégalités sont complexes et multifactorielles (Valdes-Lao et al., 2008) et il est crucial de comprendre leurs origines pour pouvoir les traiter efficacement. Les premières études sur les IEES ont démontré que les populations les plus pauvres sont plus souvent les plus exposées aux risques environnementaux et celles ayant moins accès aux ressources nécessaires pour se protéger contre ces risques notamment l'accès aux soins et aux services de prévention, ce qui aggrave encore les inégalités de santé (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022). De plus, ces populations ont souvent des emplois qui les exposent à des niveaux élevés de risques sanitaires, ce qui peut affecter leur santé à long terme avec des

pathologies telles que le cancer, les maladies respiratoires et cardiovasculaires (Iriho, 2021; Tone et al., 2020). Les différences socio-économiques sont donc un des facteurs clé contribuant aux IESS (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022) mais la dimension environnementale doit être davantage caractérisée. L'impact de la qualité des milieux sur la santé humaine est considéré comme l'un des principaux déterminants de l'état de santé des populations (Prüss-Üstün et al., 2016).

Pour faire face aux problématiques de santé liées l'urbanisation, il est essentiel de croiser les connaissances entre l'urbanisme et la santé en favorisant la transdisciplinarité entre ces deux domaines. Il est essentiel de comprendre comment les conditions de vie dans les villes peuvent avoir un impact sur la santé des populations et pouvoir les caractériser, en examinant les relations complexes entre les facteurs sociaux, économiques, environnementaux et politiques. Dans cette optique, cette thèse propose une analyse approfondie et holistique des enjeux de santé liés à l'environnement, en adoptant une approche systémique. Cette approche systémique permet d'explorer les multiples facteurs et mécanismes qui influencent la santé dans le contexte environnemental. En considérant les aspects sociaux, économiques, sanitaires, politiques et environnementaux de manière intégrée, cette thèse offre une perspective globale et nuancée sur les enjeux de santé liés à l'environnement.

Ce chapitre vise à présenter un état de l'art sur les inégalités environnementales et sociales de santé, les liens entre l'urbanisme et la santé, et les outils et stratégies de réductions de ces inégalités en se basant sur une revue critique de la littérature afin de mettre en évidence les avancées récentes, les lacunes identifiées et les questions de recherche en suspens.

Parie 1 : Les inégalités environnementales et sociales de santé

I.1.1. Inégalités environnementales et sociales de santé : origine, déterminants et disparités Territoriales

I.1.1.1. Définition et origine de la notion des inégalités environnementales et sociales de santé

L'origine du concept des inégalités environnementales et sociales de santé remonte aux années 1970 aux Etats-Unis, avec l'apparition du concept de justice environnementale (Billet et al., 2016; Deguen & Kihal-Talantikite, 2022). La justice environnementale renvoie à la fois aux inégalités d'exposition environnementale, initialement axée sur la pollution atmosphérique, et à la discrimination des minorités ethniques dans la conception et la mise en œuvre de politiques environnementales (Mohai et al., 2009; Schlosberg, 2007). Les communautés défavorisées, en particulier les minorités ethniques et les populations à faible revenu, étaient les plus exposées aux niveaux de pollution atmosphérique les plus élevés. Au fil du temps, la notion de justice environnementale s'est élargie pour inclure d'autres thèmes (pollution de l'eau, déchets toxiques, accès aux ressources naturelles...). En 1994, la notion de justice environnementale a été formalisée dans L'Ordre exécutif 12898, intitulé « *Federal Actions To Address Environmental Justice in Minority Populations and Low-Income Populations* » afin d'inscrire l'obligation d'implication équitable des minorités américaines dans les politiques publiques (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022). Ce concept a ensuite été introduit en Europe dans les années 2000 (Lejeune, 2015) où il a été appréhendé sous un angle différent de l'approche américaine : il ne se base plus sur les différences ethniques mais plutôt sur la vulnérabilité environnementale selon les groupes sociaux (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022).

La notion d'inégalités environnementales et sociales de santé est composée de deux dimension étroitement liées (Panico et al., 2021): les Inégalités Sociales de Santé (ISS) et les Inégalités Environnementales de Santé (IES). Les inégalités sociales de santé relèvent de la justice sociale (Chancel, 2022; Ridde, 2007). Elles font référence aux relations entre la santé et les conditions sociales, les populations les plus défavorisées ne disposant pas d'une réelle égalité des chances pour atteindre un niveau de santé optimal (Fassin et al., 2000). Les inégalités sociales de santé ne sont pas un phénomène récent : les premières statistiques sanitaires du XX^e siècle ont montré que le taux de mortalité dans les zones urbaines à faible statut socio-économique étaient systématiquement plus élevés que dans les zones plus aisées (Van Oyen et al., 2010). Le rapport Black (1982) est l'un des travaux fondamentaux en la matière. Il a mis en évidence l'existence, en Grande-Bretagne, d'un lien fort entre la position sociale des individus et leur état de santé (Gray, 1982; Last, 1982). En France, le mémoire de Louis Villermé sur la mortalité dans les différents quartiers de Paris est un travail pionnier dans le domaine de l'épidémiologie sociale. Les résultats de l'étude de Villermé démontrent l'existence de fortes inégalités de santé entre les différentes classes sociales et régions géographiques. Il met en évidence le lien entre les conditions de travail, les salaires, l'alimentation, le logement et la santé des ouvriers. Villermé souligne également les effets néfastes de la pauvreté et des mauvaises conditions de vie sur la santé et la mortalité (Villermé, 1840).

Alors que la recherche et l'information sur les inégalités sociales ont beaucoup progressé ces dernières années, les inégalités environnementales font l'objet de travaux depuis peu en France (Panico et al., 2021). Les inégalités de santé sont parfois accompagnées de disparités de qualité de vie, d'exposition aux nuisances et d'accès aux aménités (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022). De ce fait, le concept d'inégalités environnementales et sociales de santé renvoie au fait que certains groupes de personnes sont plus exposés que d'autres aux risques environnementaux et sanitaires. Il convient également de souligner que le bénéfice sanitaire des politiques de réduction des expositions tend à profiter davantage aux classes favorisées (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022).

Les causes de ces IESS sont donc nombreuses et multidimensionnelles : elles sont le résultat de facteurs environnementaux, sociaux et économiques, appelés déterminants de santé (Lang et al., 2016).

I.1.1.2. Définition des déterminants de la santé

Les déterminants de santé sont des facteurs qui influencent la santé des individus et des populations, tels que l'environnement physique, les comportements de santé, les facteurs socio-économiques et les facteurs de système de soins de santé (Loslier & Porapakham, 1992).

La figure 1 présente le modèle des déterminants de la santé de Whitehead & Dahlgren développé en 1991. Ce modèle propose une approche de la santé qui tient compte des multiples facteurs qui influencent la santé des individus et des populations (Routa, 2019). Ce modèle met en évidence que la santé est influencée par des facteurs interconnectés, que les auteurs ont regroupés en quatre catégories. La première catégorie concerne les facteurs biologiques tels que l'âge, le sexe et les facteurs héréditaires. La deuxième catégorie inclut les comportements et le style de vie des individus, tels que l'alimentation, l'exercice physique et les addictions. La troisième catégorie regroupe les influences sociales et locales, telles que l'éducation, le statut social, les loisirs, la famille, les amis et les réseaux de soutien social. La quatrième catégorie englobe les facteurs matériels et les conditions socio-économiques, tels que le logement, les conditions de vie et de travail ainsi que des facteurs culturels et environnementaux qui peuvent avoir un impact sur la santé (Roué-Le Gall et al., 2014).

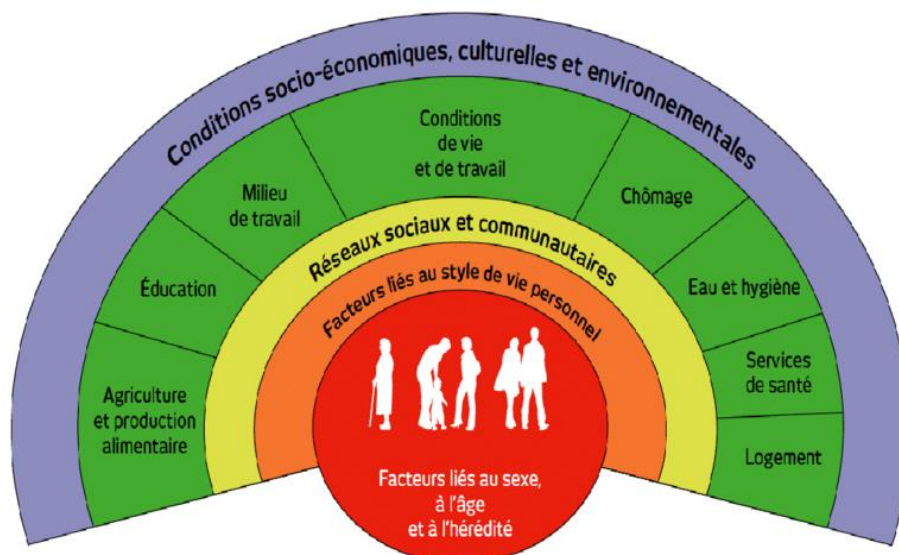


Figure 1: modèle des déterminants de la santé de Whitehead & Dahlgren (1991)

Ce modèle suggère que ces différents déterminants en interagissant entre eux peuvent influencer la santé, et qu'il est important de prendre en compte tous ces facteurs pour comprendre la santé d'une population et pour élaborer des stratégies de promotion de la santé efficaces. Il a été largement utilisé pour guider la politique de santé publique et la recherche dans le domaine de la santé, en mettant l'accent sur la nécessité d'une approche intégrée pour améliorer la santé des populations (Marmot et al., 2008; Solar & Irwin, 2007). Le modèle des déterminants de la santé de Whitehead & Dahlgren (1991) a connu une évolution au fil des années. Des versions ultérieures ont élargi la portée du modèle pour inclure d'autres facteurs de déterminants de la santé. Parmi ces versions, on retrouve la carte de la santé et de ses déterminants décrite dans le guide intitulé « *La santé et ses déterminants : mieux comprendre pour mieux agir* » établi par le Ministère de la santé et des services sociaux de Montréal (Jobin et al., 2012).

Les déterminants de la santé peuvent varier considérablement selon le contexte territorial dans lequel les individus vivent, que ce soit en milieu urbain ou rural.

1.1.1.3. Comprendre les différences urbain-rural : spécificités territoriales, enjeux environnementaux et disparités de santé

La distinction entre l'urbain et le rural, la ville et la campagne, est ancrée depuis longtemps dans les recherches géographiques. Les racines étymologiques des termes «urbain» et «rural» remontent aussi loin que les mots latins « urbs » pour désigner la ville et « rus » pour désigner l'espace ouvert, les mots sont ensuite passés du latin à d'autres langues (Woods, 2011). Le terme « urbain » désigne ce qui est de la ville alors que « le rural » est défini comme ce qui n'est pas urbain : « *Est rural, le non urbain* » (Bodiguel, 1986) « rural » désigne tout ce qui appartient à la campagne, territoire essentiellement marqué par l'activité agricole et une très basse densité (Houillon & Thomsin, 2001).

Dans les premières recherches géographiques, la séparation de l'analyse rurale et urbaine était moins prononcée, les zones rurales et urbaines étaient étudiées ensemble en tant que parties d'une région prédéfinie (Woods, 2011). Au fil des années, les recherches scientifiques ont affirmé la différence entre « le rural » et « l'urbain », fondée sur les caractéristiques spécifiques à chaque territoire. Cette évolution a réorienté le regard sur le sujet tant dans le champ de la recherche scientifique (catégories d'analyse) que dans celui de l'aménagement du territoire (catégorie de l'action), ce qui a donné lieu à une spécialisation de certaines disciplines scientifiques telles que la géographie rurale/urbaine, la sociologie rurale/urbaine etc. ainsi que les politiques publiques liées à l'aménagement du territoire : aménagement rural et aménagement urbain (Toublanc & Moquay, 2021).

Après la Seconde Guerre mondiale, il y a eu l'affirmation de l'approche de la théorie des systèmes en géographie humaine ce qui a entraîné une spécialisation avec une nouvelle géographie urbaine axée sur l'analyse des systèmes urbains et la marginalisation de la recherche rurale (Woods & Heley, 2017). Contrairement à la sociologie, « la géographie rurale » a pris du temps pour se développer et a suivi des chemins différents selon les pays. La première proposition d'affirmer la spécificité rurale a eu lieu aux États-Unis. En France, la première utilisation documentée du terme « géographie rurale » a eu lieu dans les années 1920. A cette époque, la géographie rurale s'intéressait à l'étude de l'agriculture plutôt qu'aux espaces non-urbains et n'a pris un sens plus large que par la suite (Woods & Heley, 2017).

La distinction des territoires urbains et ruraux se base sur une classification propre à chaque pays. En effet, dans l'optique de saisir l'évolution des sociétés et de mettre en œuvre des politiques publiques, les États établissent une classification des collectivités territoriales selon certains critères, les plus communs sont liés à la densité de la population et des bâtiments ainsi qu'à la diversité des activités économiques matérialisée par l'occupation du sol (Merlin, 2009; Simard, 2012). Les seuils de population pris en compte pour établir les classifications urbaines varient d'un pays à l'autre, allant de 200 habitants par unité urbaine en Islande à 50 000 habitants au Japon (Simard, 2012). Selon Simard (2012), les classifications européennes tendent à contenir des critères morphologiques ou d'utilisation du sol alors que les catégorisations canadienne et américaine se concentrent davantage sur la population totale. La littérature affirme l'intérêt d'une approche spécifique sur des territoires homogènes dans l'élaboration des études comparatives. En effet, Thomsin Laurence (2001) dans son article intitulé « Un concept pour le décrire : l'espace rural rurbanisé » explique qu'une forme de représentation dichotomique entre le monde rural et le monde urbain est nécessaire. Cette représentation ne repose pas sur l'opposition traditionnelle entre « urbain » et « rural » issue du modèle des années 1950, qui était influencé par la perspective héritée de Hegel et Marx sur la représentation de la ville et de la campagne. Selon ce modèle, la campagne était considérée comme un milieu naturel spécifique, tandis que la ville était considérée comme un milieu technique opposé. De même, elle ne se conforme pas au modèle des années 1970, qui était basé sur des théories soutenant l'idée d'annexion ou de domination de l'espace rural par la ville. Il s'agit plutôt d'un modèle qui ne nie pas fondamentalement la distinction entre le rural et l'urbain, tant sur le plan spatial que social. Ces distinctions ne font plus d'opposition entre les espaces ruraux et urbains, mais plutôt entre les espaces composant chaque milieu

en fonction de leur degré de fragilité et des risques de rupture ou de crise qu'ils peuvent rencontrer.

Les différences d'enjeux et de caractéristiques des deux milieux peuvent en effet rendre difficile la réalisation d'études comparatives entre ces deux milieux. Ces différences reposent sur la distinction traditionnelle entre la vie urbaine caractérisée par la densité de population, l'industrialisation, les infrastructures développées, et la vie rurale caractérisée par une population dispersée, des activités agricoles et une infrastructure moins développée. Les contextes urbains et ruraux sont souvent uniques et complexes, ce qui rend difficile la comparaison des territoires et la généralisation des résultats d'une étude à une autre.

La littérature scientifique sur les inégalités environnementales et sociales de santé entre les milieux urbains et ruraux met en évidence des différences importantes dans la distribution des expositions environnementales et des risques sanitaires. Les habitants des zones urbaines sont fréquemment exposés à des dangers environnementaux distincts. Tout d'abord, la pollution de l'air est l'un des problèmes environnementaux les plus préoccupants dans les zones urbaines. La circulation automobile et les systèmes de chauffage sont les principales sources de pollution de l'air en milieu urbain. Les émissions provenant de ces sources contiennent des particules fines, des oxydes d'azote, des gaz à effet de serre et d'autres substances nocives qui peuvent pénétrer dans les voies respiratoires et causer des problèmes de santé, notamment des maladies respiratoires, des allergies, des troubles cardiovasculaires et même des cancers (Glandus & Beltrando, 2013; Lestel, 2013).

Ensuite, les nuisances sonores sont un autre danger environnemental auquel les habitants des zones urbaines sont confrontés. Les bruits provenant de la circulation intense, des activités industrielles, des chantiers de construction et des lieux de divertissement peuvent atteindre des niveaux très élevés, dépassant les limites recommandées pour la santé humaine. L'exposition chronique au bruit peut entraîner des problèmes de sommeil, des troubles de la concentration, des perturbations du bien-être psychologique et des problèmes auditifs à long terme (Amphoux, 2017; Baulac et al., 2010). Les îlots de chaleur urbains sont également un problème fréquent dans les zones urbaines densément peuplées. Les îlots de chaleur se forment en raison de la concentration des surfaces imperméables, minérales et sombres, de l'absence d'espaces verts et de la densité des bâtiments, qui absorbent et emmagasinent la chaleur. Cela entraîne des températures plus élevées dans les zones urbaines par rapport aux zones environnantes, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la santé des habitants. Les îlots de chaleur urbains peuvent contribuer à des problèmes tels que le stress thermique, la déshydratation, les maladies cardiovasculaires et les coups de chaleur, en particulier parmi les populations vulnérables comme les personnes âgées, les enfants en bas âge et les personnes atteintes de maladies chroniques (Giguère, 2009).

Enfin, l'insalubrité des logements est un danger environnemental qui affecte les habitants des zones urbaines, en particulier ceux qui vivent dans des quartiers défavorisés. Les logements insalubres peuvent présenter des problèmes tels que l'humidité excessive, la moisissure, les infestations de parasites, l'insuffisance de ventilation et le manque d'accès à l'eau potable et à des installations sanitaires adéquates. Ces conditions peuvent entraîner des problèmes de

santé tels que l'asthme, les allergies, les infections respiratoires, les maladies cutanées et autres affections liées à un environnement malsain (Pinson, 2001).

Les populations rurales sont également confrontées à des risques environnementaux spécifiques. L'une des préoccupations majeures dans les zones rurales est la pollution liée à l'activité agricole. L'utilisation de phytosanitaires en agriculture peut entraîner une contamination de l'air et des sols, exposant ainsi les populations locales à des substances potentiellement dangereuses. Des études telles que celle menée par Bedos et al (2019) et Godon et al (1989) ont mis en évidence les effets néfastes de cette pollution de l'air sur la santé des résidents ruraux. Les pesticides inhalés peuvent causer des problèmes respiratoires tels que l'asthme, la bronchite chronique et d'autres maladies pulmonaires. De plus, des effets sur le système cardiovasculaire ont également été observés, tels que l'augmentation du risque de maladies cardiovasculaires et d'hypertension. Certains types de cancer, tels que le cancer du poumon, sont également associés à une exposition prolongée aux pesticides (Boulanger, 2019; Hafsia et al., 2018).

Outre la pollution de l'air et des sols, l'accès limité aux services de santé est un autre problème majeur auquel les populations rurales sont confrontées. Les régions rurales ont tendance à avoir moins de ressources médicales et moins d'infrastructures de soins de santé par rapport aux zones urbaines. Cela peut entraîner des difficultés pour les résidents ruraux à accéder aux soins de santé de base et aux spécialistes médicaux. Des études telles que celle menée par Fleet et al (2013) ont souligné les disparités d'accès aux soins de santé entre les zones rurales et urbaines. Les habitants des régions rurales peuvent faire face à des obstacles tels que la distance géographique, le manque de transport adéquat et les longs délais d'attente pour obtenir des soins médicaux. Cela peut entraîner un retard dans le diagnostic et le traitement des maladies, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la santé des résidents ruraux.

Il est important de noter que ces problèmes ne sont pas exhaustifs et peuvent varier en fonction de la géographie et des caractéristiques spécifiques de chaque territoire. Par exemple, certains territoires peuvent également faire face à des problèmes d'accès à une eau potable de qualité (Yu et al., 2016), à une exposition à des substances toxiques liées aux activités extractives, telles que l'exploitation minière (Richer de forges & Pascal, 2008), ou liées à l'histoire industrielle d'un territoire (Schwarz, 2021). La nature et l'ampleur de ces problèmes peuvent varier en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque territoire.

I.1.2. Méthodologie de caractérisation des inégalités environnementales et sociales de santé

I.1.2.1. La vulnérabilité et la résilience des territoires, concepts-clés pour l'analyse des inégalités environnementales et sociales de santé

Depuis les années 1970, le terme « vulnérabilité » est largement utilisé et renvoie à des cadres théoriques différents selon la culture académique, la discipline et la langue (Adjamagbo et al., 2020; Thomas, 2019). Il a été, d'abord, intégré dans le cadre des études liées aux aléas naturels, puis adopté dans de nombreuses autres disciplines telles que les sciences sociales (Adjamagbo et al., 2020). C'est une notion plurielle qui admet un large champ sémantique (Brodiez-Dolino, 2016). Selon Adjamagbo et al (2020), la vulnérabilité évoque aussi bien « la pauvreté », « la précarité », « la dépendance », « la fragilité », « l'insécurité », « l'incertitude » ou « l'absence de régulation », « la victimisation », ou simplement « le risque ».

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons à la vulnérabilité des territoires, qui est définie comme un reflet du cumul des contraintes auxquelles est soumise la population vivant sur le territoire considéré. Ces contraintes peuvent être des dommages mesurables ou des facteurs sociétaux qui pourraient la rendre plus ou moins fragile à l'occurrence de ces aléas selon l'acceptation validée au sein du laboratoire dans le cadre du projet intitulé « Cartographie d'Indices de vulnérabilité et d'adaptabilité au Service des TERRitoires en Environnement et Santé » (CISTERRES) (Lanier et al., 2020). Elles peuvent prendre diverses formes, telles que des catastrophes naturelles (Magnan & Duvat, 2015) comme les tempêtes, les séismes, les éruptions volcaniques, ou des événements causés par l'activité humaine, tels que les accidents industriels ou nucléaires, les conflits armés (Mathis et al., 2016). Les modifications qui se produisent à des rythmes irréguliers ou sur des périodes de temps plus longues, comme les changements climatiques (Füssel, 2007; Smit & Wandel, 2006), la pollution (Brauer et al., 2016) ou encore les modifications de la biodiversité (Koellner & Geyer, 2013).

En effet, la vulnérabilité des territoires se distingue des autres types de vulnérabilité par sa focalisation sur les caractéristiques et les contraintes spécifiques auxquelles sont confrontés les territoires dans leur ensemble, plutôt que sur des individus ou des groupes spécifiques.

Dans la littérature, le territoire est considéré comme « *un système socio-spatial qui possède, entre autres propriétés systémiques, la propriété majeure de pluri-appartenance spatiale* » (Voiron-Canicio et al., 2010). Les systèmes territoriaux sont caractérisés par leur emboîtement où chaque système est décrit sur des échelles et des niveaux différents suivant une certaine hiérarchie (Voiron-Canicio et al., 2010). Pour Voiron-Canicio et al (2010) une unité spatiale, telle qu'une infrastructure, appartient toujours à plusieurs entités territoriales, économiques et administratives, et ses caractéristiques peuvent varier en fonction du niveau spatial et de la problématique examinée. Donc, afin de comprendre le fonctionnement d'un territoire, il est important de le délimiter, d'identifier puis d'étudier les liens entre ses différentes composantes.

Moine (2008), dans son ouvrage intitulé « *Le territoire : comment observer un système complexe* » considère le territoire comme un point central, en relation avec l'approche systémique qui s'inscrit comme un outil d'enseignement, de recherche, voire un outil opérationnel à la portée des aménageurs et des gestionnaires des territoires.

Le concept de résilience est employé dans plusieurs disciplines. Il apparaît ainsi dans les champs économique, social et écologique ou encore les sciences humaines (Koninckx & Teneau, 2010). Depuis une vingtaine d'années, ce concept est largement répandu dans le domaine des risques naturels et des changements climatiques pour en devenir l'un des concepts centraux (Lhomme et al., 2013), où il apparaît comme un nouveau mode de gestion (Lanier et al., 2020). Barroca et Serre (2013) considèrent la résilience comme un concept qui s'applique généralement aux systèmes et le définissent comme la capacité à absorber une perturbation et à revenir à un état viable.

Un territoire est dit résilient s'il est en capacité d'atteindre un état de fonctionnement acceptable lorsqu'il est soumis à un ensemble de forces qui l'obligent à se transformer (Tanguy & Charreyron-Perchet, 2013). La résilience territoriale n'est pas nécessairement une réponse de résistance ou de remise en état face à un événement ponctuel (Carpenter et al., 2001), elle peut également résulter d'une stratégie d'adaptation (Folke et al., 2002) face à des pressions qui peuvent se manifester sur des périodes de temps variables, allant du court terme (comme une crue exceptionnelle), au moyen terme (perte de biodiversité) ou au long terme (changement climatique) (Tanguy & Charreyron-Perchet, 2013). La résilience territoriale combine donc la robustesse à l'adaptation. Selon l'OMS, du point de vue de la santé, la résilience désigne la capacité d'un système à faire face aux risques sanitaires et à les gérer tout en conservant ses fonctions essentielles, son identité et sa structure (OMS, 2016). La définition que nous retenons de la résilience en santé environnementale, pour cette thèse, est celle développée au laboratoire dans la revue de Brousmiche et al (2020) : la résilience d'un territoire est la capacité d'un territoire à faire face aux inégalités de santé.

A. La vulnérabilité et la résilience et échelle locale : comprendre et agir au niveau des quartiers

La vulnérabilité et la résilience peuvent être mobilisées à différentes échelles (Delaître et al., 2016). Cependant, l'échelle à laquelle elles sont mobilisées dépend du contexte spécifique de l'étude et des enjeux auxquels elle répond. Il nous semble important de replacer les enjeux autour de la relation entre les inégalités de santé et échelle locale.

En effet, les quartiers peuvent avoir des caractéristiques sociales, économiques, environnementales et culturelles spécifiques ayant un impact significatif sur la santé des résidents (Diez Roux & Mair, 2010). Par conséquent, en analysant les inégalités de santé à l'échelle du quartier, il est possible d'identifier les territoires les plus vulnérables et les facteurs de risque les plus pertinents à prendre en compte. Cela peut aider les décideurs à concevoir et à mettre en œuvre des politiques et des programmes adaptés visant à réduire les inégalités de santé et à améliorer la santé et le bien-être des populations locales. Beaucoup de ces politiques pourraient affecter la santé par leur impact sur les contextes dans lesquels les individus vivent (Diez Roux & Mair, 2010). Par exemple, des politiques de

logement qui ne tiennent pas compte des normes de qualité de l'air peuvent conduire à l'exposition des occupants à des polluants intérieurs, qui peuvent affecter leur santé respiratoire (Kirchner et al., 2007). De même, une politique d'urbanisme qui favorise l'étalement urbain peut entraîner une augmentation de l'utilisation de l'automobile, ce qui peut contribuer à la pollution atmosphérique et à la sédentarité, qui sont des facteurs de risque pour la santé (Antoni, 2010). Par conséquent, ces politiques peuvent influencer les inégalités sociales de santé en créant des différences dans les conditions de vie et les contextes de vie des individus en fonction de leur statut socio-économique et de leur lieu de résidence. Les analyses spatiales à l'échelle des quartiers peuvent fournir une compréhension plus approfondie des problèmes locaux, faciliter la prise de décision, l'allocation de ressources, l'évaluation des politiques et la participation des citoyens dans le processus de politique publique.

De nombreuses études ont démontré que l'influence du lieu de vie sur les inégalités de santé ne se limite pas à la composition socio-économique de chaque lieu (Rican et al., 2011). Les relations entre les différents lieux (échanges, proximité) ou leur absence de relations (enclavement), ainsi que les discriminations internes à chaque lieu (ségrégations, fragmentations sociales ou économiques) jouent également un rôle dans la construction de ces inégalités (Entwisle, 2007; Macintyre et al., 2002).

B. Approches méthodologiques dans l'étude de la vulnérabilité et de la résilience territoriales : enquêtes, entretiens, modélisation et cartographie

Les études mobilisant les concepts de vulnérabilité et de résilience utilisent diverses approches reposant sur des méthodes qualitatives et quantitatives (Dow, 1992; Rufat, 2017). Elles recourent à des méthodes telles que les enquêtes auprès de la population, les entretiens avec les parties prenantes locales, les modèles de simulation, les cartographies et les analyses statistiques pour atteindre leurs objectifs de recherche.

Les enquêtes auprès de la population, réalisées à l'aide de questionnaires, permettent de recueillir des données sur les caractéristiques socio-économiques des habitants d'un territoire donné, notamment les revenus, l'éducation et l'accès aux services de base (Rebaï & Vélez, 2018). Cela permet de déterminer les groupes de population les plus vulnérables et d'identifier les facteurs qui influencent leur résilience. D'autres études reposent sur des entretiens approfondis avec les acteurs locaux, tels que les responsables politiques, les représentants communautaires et les organismes de gestion des risques etc. (Reyers et al., 2017; Rufat, 2018). Ces entretiens permettent de recueillir des informations sur les défis spécifiques auxquels le territoire est confronté, les initiatives en cours, ainsi que les capacités de réponse. Ils aident également à comprendre les perspectives et les perceptions des parties prenantes, enrichissant ainsi l'analyse de la vulnérabilité et de la résilience des territoires.

Certaines méthodes reposent également sur le développement de modèles informatiques de simulation (Gonzva et al., 2016). Ces modèles prennent en compte les caractéristiques géographiques, démographiques et socio-économiques du territoire étudié. Par exemple,

un modèle de simulation peut être utilisé pour évaluer l'impact des inondations en milieu urbain (Provitolo, 2007). Enfin, les méthodes statistiques et cartographiques sont largement utilisées pour analyser les données collectées lors des enquêtes ou provenant d'autres sources disponibles (Chardon & Thouret, 1994). Elles examinent les corrélations et les relations entre les variables socio-économiques, environnementales et la vulnérabilité aux risques (Dozzi et al., 2008). Cela permet d'identifier les zones les plus vulnérables et les plus résiliente et de visualiser les interactions entre les facteurs socio-économiques et environnementaux. Par exemple, une cartographie de la pollution de l'air peut mettre en évidence les zones à risque et faciliter la planification de mesures d'adaptation.

L'évaluation des inégalités en matière de santé met aujourd'hui l'accent sur l'importance de prendre en compte les contextes environnementaux, sociaux et politiques dans lesquels ces individus vivent (Lanier et al., 2020; Rican et al., 2011). Le recours aux indicateurs pour l'analyse des inégalités environnementales et sociales de santé est devenu un sujet de plus en plus étudié par les chercheurs et les politiques (Boucher, 2018; Cambois & Robine, 2001). Ces indicateurs ont plusieurs utilisations, notamment pour surveiller les inégalités en matière de santé, analyser les facteurs associés à ces inégalités et aider à la prise de décision en matière d'affectation des ressources et de politiques de prévention ou de prise en charge ciblées pour certaines populations (Jany-Catrice & Marlier, 2013).

1.1.2.2. Les indices composites : une approche multidimensionnelle pour évaluer les enjeux de santé environnement

Selon le domaine concerné, les indices composites peuvent être des indices de l'économie (Mohsin et al., 2019), la finance (Mohsin et al., 2021), la santé publique (Gao et al., 2019), l'environnement et le développement durable (Braconnier et al., 2011), comme par exemples l'Indice de Développement Humain (IDH) (Dialga, 2016), l'Indicateur de Pauvreté Humaine (IPH) (Musson, 2010), l'Indicateur de Santé Sociale (ISS) (Beaumier et al., 2019), ou encore l'Indice de Qualité de l'Air (IQA) (Sow et al., 2022).

Plus récemment, d'autres indices ont été développés, à savoir l'indice de désavantage social French Deprivation index (FDep) et l'European Deprivation Index (EDI), qui sont deux outils utilisés pour mesurer les niveaux de privation et de désavantage socio-économique dans la société française et européenne, respectivement. Le FDep se concentre spécifiquement sur la France, tandis que l'EDI couvre un éventail de pays européens.

Les méthodologies utilisées pour la construction des indices composites sont diverses, à la fois en termes de variables sélectionnées et de méthodes déployées pour le calcul des indices. Par exemple, les indices composites peuvent être quantifiés en utilisant des scores, qui peuvent être calculés en additionnant des variables centrées-réduites (Barhoumi et al., 2013) qui caractérisent chaque zone de résidence, ou en récupérant les scores factoriels sur les axes issus d'analyses en composantes principales (Brousmitche et al., 2020).

Les indices composites font leur apparition lorsque des chercheurs ont commencé à développer des indicateurs pour mesurer la vulnérabilité des populations aux catastrophes naturelles (Pompella, 2010). Au fil du temps, ces indices ont été améliorés et combinés pour

créer des indices composites intégrant plusieurs dimensions, tels que l'indice de vulnérabilité multidimensionnelle (Dupont, 2021), contenant plusieurs catégories d'indicateurs : indicateurs de vulnérabilité économique, indicateurs de vulnérabilité financière, indicateurs de vulnérabilité environnementale, et indicateurs de vulnérabilité géographique, et l'indice résilience climatique multidimensionnelle, intégrant 7 dimensions : économique, sociale, culturelle, institutionnelle, organisationnelle, environnementale et renforcement des capacités (Salava et al., 2021). Ces indices ont été utilisés pour aider les gouvernements et les organisations internationales à identifier les zones les plus vulnérables et à mettre en place des politiques et des programmes pour réduire la vulnérabilité et renforcer la résilience. Ils ont également été utilisés pour évaluer les progrès réalisés dans la réduction de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience au fil du temps.

La planification et le développement urbains jouent un rôle crucial dans la détermination de la qualité de l'environnement urbain et, par extension, dans la santé des habitants qui y vivent. Afin de concevoir des indices composites spécialisés pour évaluer les disparités environnementales et les inégalités sociales en matière de santé, il est primordial d'examiner minutieusement les relations complexes qui existent entre l'urbanisme et la santé.

Partie 2 : Urbanisme et santé

I.2.1. L'évolution de la prise en compte de la santé dans l'urbanisme : des origines historiques à nos jours

Les enjeux communs entre la planification urbaine et la santé publique ne sont pas récents. En effet, avec les politiques hygiénistes du XIX^e siècle, les deux domaines ont connu un rapprochement jusqu'à l'émergence de l'urbanisme fonctionnel pendant la première moitié du XX^e siècle (Combes et al., 2015). L'urbanisme hygiéniste s'est développé en Europe à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle (Charvet, 2015). Il visait à améliorer les conditions de vie des citoyens en créant des espaces urbains plus sains et plus fonctionnels. Ce mouvement s'est développé en réponse aux épidémies meurtrières qui ont marquées cette période, notamment celle du choléra en 1838, puis au développement endémique de la tuberculose au début du XX^e siècle, appelé « maladie de l'habitat » ainsi qu'à la pauvreté et la surpopulation dans les villes (Ghorayeb, 2019). Les principaux objectifs de l'urbanisme hygiéniste sont l'amélioration de l'hygiène, la création d'espaces verts, la régulation de la circulation de l'air et de l'eau et la promotion d'une architecture fonctionnelle (Gissen, 2009; Hersent, 1942). Différentes formes d'expérimentations urbanistiques alternatives ont été conçues, telles que la création de cités ouvrières à proximité des zones minières et des centres industriels comme Le Creusot (Duchêne et al., 2013), ainsi que la construction de cités utopiques telles que le Phalanstère de Fourier et le Familistère de Guise (Freitag, 2005). À Paris, à partir de 1853, Haussmann entreprend d'importants travaux publics dans le but de modifier la situation sanitaire de la capitale en intervenant sur l'espace urbain de trois manières différentes. Il met en place un système de percées et crée de nouveaux îlots à cour pour favoriser la ventilation et l'aération de la ville. De plus, il aménage des parcs et des espaces verts. Enfin, il met en place des réseaux d'adduction d'eau et d'égouts pour assainir la ville (Bourillon & Coudroy de Lille, 2013). La loi Cornudet (1919-1924) a engendré la création des Plans d'Aménagement d'Extension et d'Embellissement (PAEE). Ces plans ont émergé à partir des réflexions menées au sein de la Section d'Hygiène urbaine et rurale du Musée social, créée en 1908, ainsi que de la Société Française des Urbanistes, fondée en 1911. Cette loi a inauguré une approche de l'urbanisme basée sur la planification, où l'hygiène a joué un rôle essentiel (Ghorayeb, 2019).

Dans la seconde moitié du XX^e siècle, les liens entre les deux disciplines, urbanisme et santé, ont eu tendance à s'orienter au profit d'une approche davantage orientée vers le développement durable (Roué-Le Gall et al., 2020) en intégrant d'autres enjeux tels que la biodiversité et les écosystèmes avec l'apparition du mouvement de l'urbanisme durable. Ce dernier est un modèle d'urbanisme qui vise à répondre aux besoins du présent tout en préservant les ressources pour les générations futures (Breton, 1991). Il est basé sur la notion de développement durable, qui intègre les aspects économiques, environnementaux et sociaux du développement (Scarwell & Roussel, 2006).

A la suite de la signature de la Charte d'Ottawa, l'OMS a organisé en 1986 la première conférence internationale pour la promotion de la santé, suivie par la création du réseau des Villes-Santé en 1987. Cette conférence a ainsi été à l'initiative de diverses actions locales pour promouvoir la santé dans différentes politiques urbaines. En 2000, l'OMS a publié un premier ouvrage sur les liens entre urbanisme et santé centré sur l'habitant (Barton & Tsourou, 2004), en parallèle à la publication du plan d'action des villes pour la santé et le développement durable (OMS, 2003). Depuis, de nombreuses études, telle que l'étude de Braveman & Gottlieb (2014) pourtant sur l'importance des facteurs sociaux et économiques pour la santé, ont été menées pour identifier les déterminants de la santé, notamment les facteurs biologiques, sociaux, économiques et environnementaux qui influencent la santé des populations. Certains déterminants de la santé ont un ancrage spatial. Selon Gelormino et al (2015), les caractéristiques de l'environnement bâti (la densité, la mixité, la qualité des logements, les espaces et services publics) peuvent influencer l'état de santé des individus par leur impact sur l'environnement naturel, le contexte social, ainsi que sur les comportements individuels. Pour l'OMS, les impacts positifs et négatifs des aménagements urbains diffèrent en fonction du quartier ou du lieu spécifique de la ville (Barton & Tsourou, 2004). En d'autres termes, l'impact de ces caractéristiques sur la santé des individus peut varier considérablement en fonction de l'endroit où ils habitent dans la ville, et certains quartiers peuvent être plus affectés que d'autres. Certains territoires peuvent bénéficier de ressources, de possibilités et de capacités inégales en raison des politiques, selon les priorités administratives et politiques (Gelormino et al., 2015a). Cette observation souligne l'importance d'une analyse fine et locale pour comprendre comment les politiques d'aménagement urbain peuvent influencer les inégalités sociales de santé.

Depuis le début des années 2010, l'EHESP s'intéresse à l'étude des relations entre les environnements urbains et la santé des populations en développant de nouveaux axes de recherche. Nous pouvons citer à titre d'exemple le projet de recherche *Gouvernance for Equity, EnvironNment and Health in the City* (GREENH-City) qui a démontré la capacité des espaces verts urbains à promouvoir la santé « *en contribuant à des environnements soutenables, favorables à la santé et à la biodiversité* » (Porcherie et al., 2020). Les auteurs de l'étude concluent que la promotion de l'équité en santé par les espaces verts suppose, à la fois, d'agir sur les logiques sociales et sur les aménagements eux-mêmes et leur tenue en rapport avec le contexte. Capolongo et al (2020) ont démontré la capacité des villes à être résilientes face aux problématiques de santé environnementale, en définissant les caractéristiques du contexte urbain représentant les meilleures pratiques pour améliorer la santé et le bien-être de la population. L'aménagement des espaces verts et des espaces bleus, le fait de favoriser la mixité sociale et fonctionnelle ou d'encourager les modes de déplacements doux sont apparus comme les caractéristiques les plus favorables (Capolongo et al., 2020).

1.2.2. Analyse des liens entre l'urbanisme et la santé

Cette section de revue de la littérature fait actuellement l'objet d'une publication soumise à la revue « Urban Science »

La ville est considérée comme un système complexe dans lequel les lieux, les personnes et les organisations représentent le contexte de vie (Gelormino et al., 2015b). La figure 2 décrit le processus en deux niveaux que nous proposons pour caractériser les liens entre l'urbanisme et la santé suite à une analyse de la littérature établie à partir de plus de 950 publications. Des critères d'inclusion et d'exclusion des articles à analyser ont été formalisés. Le critère d'exclusion fondamental renvoie aux travaux n'intégrant pas l'environnement structurel (environnement bâti) qui portent principalement sur l'environnement socio-économique du territoire de vie. Les publications portant principalement sur la distribution et l'accès à l'offre de soins sur le territoire, ou encore les publications qui contenaient uniquement un résumé ont été également exclues.

Après un screening méticuleux, 31 articles traitant l'impact de l'urbanisme sur la santé globale et proposant des outils d'analyse de ces impacts ont été retenus. Le premier niveau renvoie aux éléments de notre territoire de vie susceptibles d'influencer notre santé globale en modifiant (i) l'environnement naturel (qualité de l'air, biodiversité, qualité des eaux, caractéristiques climatiques, usage des sols, déchets solides...), (ii) l'environnement social (interactions sociales, cohésion sociale, justice sociale...), (iii) le cadre de vie (ambiance acoustique, champs électromagnétiques, sécurité, esthétique, hygiène, satisfaction des conditions de vie...) et enfin (iv) les modes de vie personnels (habitudes alimentaires, activité physique, comportement de soins etc.). Le deuxième niveau du modèle détaille, pour chaque champ (dimension environnementale, dimension sociale, cadre de vie et mode de vie personnel), les indicateurs permettant de mesurer les multiples biais par lesquels l'environnement bâti peut potentiellement affecter la santé, leur échelle ainsi que leurs limites.

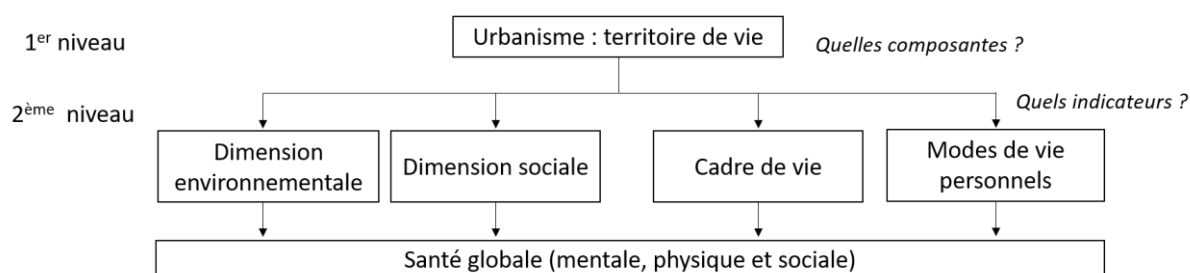


Figure 2: mécanismes d'influence de l'urbanisme sur la santé humaine

Le tableau 1 présente les 10 composantes d'un territoire de vie considérés dans la littérature comme susceptibles d'influencer la santé. Hormis les conditions socio-économiques intégrées dans l'ensemble des études, les auteurs considèrent respectivement les transports (28 articles), l'habitat (28 articles), la densité et l'accessibilité aux équipements et services locaux (dont les points de vente de produits alimentaires, d'alcool et de tabac) (27 articles), la distribution et l'accessibilité aux espaces verts et bleus (27 articles), la marchabilité et la

connectivité des voiries (25 articles), l'usage des sols (26 articles), les espaces ouverts (22 articles), le design urbain (18 articles), et enfin l'éclairage public (12 articles). Vingt-six articles intègrent plus de 5 composantes, dont 7 articles traitent l'ensemble des composantes.

L'habitat et les transports sont les deux principaux éléments de l'environnement bâti qui peuvent avoir un impact significatif sur la santé humaine en agissant sur plusieurs facteurs dont la pollution atmosphérique provoquant des accidents vasculaires cérébraux, des maladies cardiaques (Malambo et al., 2016), la prévalence du cancer du poumon (Hamra et al., 2015) et des maladies respiratoires chroniques et aiguës, y compris l'asthme, en plus d'autres impacts sur la santé physique (Rugel & Brauer, 2020). Concernant les espaces verts et bleus, il est largement reconnu dans la littérature que l'exposition à la nature et aux milieux sauvages peut améliorer les fonctions cognitives (Maller et al., 2006), la cohésion sociale, la réduction du stress (Van Den Berg et al., 2007) ainsi que le bien-être mental (Coley et al., 1997; Gelormino et al., 2015b; Keniger et al., 2013). L'accessibilité, la densité et la diversité des équipements et services locaux sont aussi un déterminant important de la santé. Les quartiers influencent les habitudes de consommation par la disponibilité de points de vente d'aliments sains, leur répartition dans la ville pouvant varier en fonction du niveau économique de la zone et des règles de zonage (Gelormino et al., 2015b), la densité des points de vente d'alcool et de cigarettes ayant un impact sur le tabagisme et la consommation d'alcool (Azzopardi-Muscat et al., 2020). Selon Li et al., (2009) des associations ont été trouvées entre les caractéristiques individuelles et la probabilité d'être obèse dans les quartiers à forte densité de restauration rapide, par rapport à ceux à faible densité.

Tableau 1: composantes de l'environnement bâti impactant la santé

Articles	Conditions socio-économiques	Habitat	Transport	Espaces verts et bleus	Densité et accessibilité aux services	Usage des sols	Marchabilité et connectivité	Espaces ouverts	Forme/desi-gn urbain	Eclairage public	Total
<i>A Bravo, Anthopolos and Miranda, 2019</i>	1	1					1				3
<i>Azzopardi-Muscat et al., 2020</i>	1	1	1	1		1	1		1	1	8
<i>Baum and Palmer, 2002</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	9
<i>Brook et al., 2018</i>	1	1	1	1	1	1	1		1		8
<i>Capolongo et al., 2016</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1		9
<i>Capolongo et al., 2020</i>	1		1	1	1	1	1	1		1	8
<i>Daras et al., 2019</i>	1	1	1	1	1						5
<i>Fortune et al., 2020</i>	1	1	1		1	1	1	1			7
<i>Freitas, Rodrigues and Santana, 2020</i>	1	1	1	1	1		1		1		7
<i>Gelormino et al., 2015</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Giles-Corti et al., 2014</i>	1	1	1	1	1	1	1	1			8
<i>Green et al., 2018</i>	1	1		1	1						4
<i>Iravani and Rao, 2020</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Ma et al., 2018</i>	1	1	1	1	1	1		1			7
<i>Mouratidis, 2021</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1		9
<i>Mueller et al., 2017</i>	1		1	1	1	1	1		1		7
<i>Northridge, Sclar and Biswas, 2003</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Pineo et al., 2018</i>	1	1	1	1		1	1	1	1		8
<i>Pineo et al., 2018</i>	1	1	1	1	1	1	1		1		8
<i>Pineo et al., 2020</i>	1	1	1			1					4
<i>Quistberg et al., 2019</i>	1	1	1		1	1		1	1		7
<i>Roue et al., 2014</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Roué-Le Gall et al., 2020</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Schüle and Bolte, 2015</i>	1		1	1	1	1	1	1			7
<i>Sheppard et al., 2012</i>	1	1	1	1	1	1	1	1		1	9
<i>Takano and Nakamura, 2001</i>	1	1		1	1	1		1			6
<i>Thomson et al., 2019</i>	1	1	1	1	1	1	1	1			8
<i>Turcu et al., 2021</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Wang et al., 2021</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

<i>Zhang et al., 2021</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1		9
<i>Zhang, Zhou and Kwan, 2019</i>	1	1	1	1	1	1	1	1		1	9
Total	31	28	28	27	27	26	25	22	18	12	

A. La dimension environnementale

L'environnement possède des caractéristiques qui agissent sur la qualité de l'air, les caractéristiques climatiques, les trames vertes et bleues, la qualité des eaux ainsi que l'usage des sols (Tableau 2).

Concernant la qualité de l'air, les différents indicateurs identifiés dans les articles analysés sont les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$, en O_3 , en SO_2 , en NO_2 , la localisation des sources de pollution ainsi que les stratégies visant la réduction de l'émission des différents polluants. Dans la plupart des études, les particules d'un diamètre $\leq 2,5 \mu m$ ($PM_{2.5}$) sont largement utilisées comme indicateur de la pollution atmosphérique au regard de leurs impacts sanitaires (Mueller et al., 2017a). Le choix de ces indicateurs ne se limite pas uniquement à leur impact direct sur la santé, mais aussi en raison des dépenses économiques importantes qu'elles engendrent en cas de non-conformité aux recommandations internationales (Mueller et al., 2017a). Les indicateurs sur la concentration moyenne des polluants et la localisation des sources de pollutions ont été calculées à l'échelle de la région, de la ville et du quartier, tandis que les indicateurs sur les stratégies visant la réduction de l'émission des différents polluants ont été identifiées dans les travaux à l'échelle de la ville et de la région.

Pour les caractéristiques climatiques, les auteurs proposent comme indicateurs les mesures de température, de précipitations ainsi que les îlots de chaleur urbains (ICU). La caractérisation de ces derniers s'appuie sur des données météorologiques ou images satellites notamment analysées avec des outils d'analyse bidimensionnels. Ces indicateurs ont été calculés à l'échelle des villes. Des recherches supplémentaires semblent être nécessaires sur la caractérisation des ICU et du budget énergétique urbain d'une ville en utilisant une analyse spatiale tridimensionnelle qui prend en compte les aspects géographiques et géométriques d'une ville ou d'un espace urbain dans trois dimensions : la longueur, la largeur et la hauteur (S. W. Kim & Brown, 2021).

Les infrastructures vertes et bleues sont évaluées, à l'échelle des villes et des quartiers, par des indices de végétation tels que le *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) et le *Green View index* ainsi que la part de la population résidant à moins de 300 m d'un espace vert d'une superficie égale ou supérieure à 0,5 ha. Ces indicateurs pourront être affinées en identifiant les types d'espaces verts présents et leurs usages, afin d'améliorer la mesure générale de l'impact des espaces verts et bleus sur la santé humaine (Daras et al., 2019a).

Pour la pollution des sols et les déchets solides, les indicateurs identifiés sont liés à la densité des sites et sols pollués ainsi qu'à la gestion des déchets solides. Le choix de ces indicateurs est expliqué par le fait que la pollution des sols et les déchets solides non collectés augmentent le risque d'exposition aux maladies infectieuses vectorielles et zoonotiques véhiculées par les oiseaux, les insectes et les rongeurs (Thomson et al., 2019). Une des limites de ces indicateurs concerne la qualité des informations utilisées pour générer les indicateurs, qui dépend de la précision et de la fiabilité des archives consultées. En effet, l'archivage des informations

portant sur chaque établissement industriel est d'autant plus lacunaire que l'activité est ancienne. Des erreurs de localisation peuvent exister et la précision sur la localisation des sites est variable, allant jusqu'à l'existence de sites identifiés mais non localisés. La qualité des eaux est évaluée par la coexistence des stratégies sur les systèmes d'approvisionnement en eau et les stratégies sur l'économie d'eau potable. Aucun indicateur sur la qualité de l'eau n'a été identifiée dans les articles analysés.

Sur cette dimension, nous constatons l'absence d'indicateurs sur la biodiversité, qui constitue pourtant une question centrale du concept « *One Health* », formalisé au début des années 2000 qui tend à joindre dans une même réflexion la santé publique, animale et environnementale (Parodi, 2021).

Tableau 2 : indicateurs de l'environnement

Thématique	Indicateurs	Références
Qualité de l'air	• Localisation des sources de pollutions • Distance aux sources de pollutions • Stratégies pour limiter / réduire la diffusion des polluants • Concentration moyenne des PM_{2.5} • Concentration moyenne du NO₂ • Concentration moyenne du O₃ • Concentration moyenne du SO₂	(Brook et al., 2018; Capolongo et al., 2016; Daras et al., 2019b; Freitas et al., 2020; Green et al., 2018; Mueller et al., 2017b; Pineo et al., 2018, 2018; Quistberg et al., 2019; Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019; Turcu et al., 2021; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019)
Caractéristiques climatiques	• Zones climatiques chaudes • Température (max, min, moyenne, jours de chaleur, jours à basse température) • Précipitations	(Brook et al., 2018; Mueller et al., 2017b; Turcu et al., 2021; Wang et al., 2021)
Infrastructures vertes et bleues	• <i>Normalised difference vegetation index</i> (NDVI) • <i>Green View Index</i> (GVI) • Accessibilité aux espaces verts • Part de la population vivant à 300 m d'un espace vert ≥ 0.5 ha	(Brook et al., 2018; Capolongo et al., 2016, 2020; Daras et al., 2019b; Freitas et al., 2020; Giles-Corti et al., 2014; Green et al., 2018; Ma et al., 2018a; Mueller et al., 2017a; Quistberg et al., 2019; Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019; Turcu et al., 2021; Wang et al., 2021; R. Zhang et al., 2021)
Pollution	• Sites et sols pollués • Déchets solides	(Capolongo et al., 2020; Pineo et al., 2018; Thomson et al., 2019)

Qualité des eaux	Coexistence des stratégies suivantes : • Système d’approvisionnement en eau • Réduire les déchets et économiser l’eau potable	(Capolongo et al., 2016; Pineo et al., 2018; Thomson et al., 2019; Turcu et al., 2021; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019)
Usage du sol	• Occupation des sols	(Capolongo et al., 2020; Iravani & Rao, 2020; Pineo et al., 2018; Thomson et al., 2019; L. Zhang et al., 2019; R. Zhang et al., 2021)

B. La dimension sociale

Dans la dimension sociale (Tableau 3), quatre thématiques ont été relevées : les caractéristiques de la population, l’éducation, l’emploi et les revenus et enfin la cohésion et la mixité sociale.

Les thématiques liées aux caractéristiques démographiques, telles que l’âge, la structure maritale, l’éducation et l’emploi sont abordées dans l’ensemble des articles. Ces indicateurs permettent de comprendre la structure de la population et sa répartition spatiale. Elles permettent ainsi d’expliquer les relations socio-spatiales et de faire le lien avec l’occurrence de certaines maladies ou encore définir les besoins en structures de santé (Cheng, 2012; Robert, 1999).

La cohésion et la mixité sociale sont majoritairement évaluées par le biais d’approches participatives, à l’échelle des quartiers et/ou de la ville, qui interrogent les individus sur les liens et les relations qu’ils développent dans leurs environnements de vie, sur le vivre ensemble, sur les relations d’amitié etc. De plus, les perceptions des facteurs liés à ces situations (cohésion et mixité sociale notamment) peuvent être différentes selon les contextes culturels et géographiques. Cela rend l’analyse complexe et restreint la transposabilité des approches déployées. A cela s’ajoute les tailles relativement faibles des échantillons qui ne permettent pas de donner une vision exhaustive des phénomènes décrits. Les auteurs soulignent le nécessaire renforcement de ces approches pour améliorer la compréhension des stratégies et des dynamiques régissant l’ensemble des interactions sociales.

D’autres indicateurs quantifiables ont été également identifiés, tels que la mesure de la tendance des îlots urbains à être relativement groupés ou isolés dans l’espace. Il s’agit par exemple de la distance moyenne à la parcelle urbaine la plus proche à l’intérieur de la limite géographique. Des mesures permettant également de vérifier si l’environnement d’un quartier est favorable à la communauté (quartier multiculturel et multilingue, diversité, âge, revenu...). Une piste de recherche forte se dessine dans ce domaine pour améliorer la compréhension de la manière dont les caractéristiques objectives (aménagement urbain) et subjectives (relations sociales) d’un territoire de vie se chevauchent et interagissent. Il est également intéressant de poursuivre les travaux sur la manière dont des voies spécifiques

modèrent ou médiatisent les relations entre l'environnement objectif et subjectif du quartier et les trois dimensions de la santé (mentale, physique et sociale) (L. Zhang et al., 2019).

Tableau 3 : indicateurs de l'environnement social

Environnement socio-économique	Indicateurs	Références
Caractéristiques démographiques	• Age • Statut marital • Statut résidentiel	(Fortune et al., 2020; Freitas et al., 2020; Ma et al., 2018a; Pineo et al., 2018; Quistberg et al., 2019; Thomson et al., 2019; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019; R. Zhang et al., 2021)
Éducation	• Années d'études ajustées selon l'âge (hommes) • Années d'études ajustées selon l'âge (femmes) • Nombre moyen d'années de scolarité des hommes de 25 à 29 ans • Budget local pour l'éducation par habitant • Budget local pour l'éducation par population âgée de 5 à 19 ans • Nombre d'enfants inscrits par niveau scolaire	(Freitas et al., 2020; Ma et al., 2018b; Pineo et al., 2018; Quistberg et al., 2019; Takano & Nakamura, 2001; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019; R. Zhang et al., 2021)
Emploi et revenu	• Part des femmes actives de 15 à 65 ans • Part des actifs de 15 à 65 ans • Taux de chômage de la population de 20 à 24 ans et de la population de 60 à 64 ans • Travailleurs de l'industrie manufacturière, commerce de gros, commerce de détail et établissements de restauration • Revenu annuel moyen par ménage, solde de l'épargne par habitant • Taux de croissance du nombre d'établissements • Taux de croissance de la main-d'œuvre totale	(Freitas et al., 2020; Mouratidis, 2021; Pineo et al., 2018; Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019)

	• Etablissements de taille moyenne à grande (5 employés et plus)	
Cohésion sociale et mixite	• Qu'est-ce qui ne vous plaît pas dans votre communauté ? Qu'est-ce qui, selon vous, rendrait votre communauté plus saine, un endroit sain où vivre ? Selon vous, qu'est-ce qui ferait de votre collectivité un endroit plus sain où vivre ? • Environnement amical, interaction entre voisins, accueil des nouveaux arrivants, cohésion communautaire en période de crise • Mesure de la tendance des parcelles à être relativement groupées ou isolées dans l'espace : la distance moyenne par rapport à la parcelle urbaine la plus proche à l'intérieur de la limite géographique • Quartier multiculturel et multilingue, diversité (p. ex., âge, revenu)	(Baum & Palmer, 2002; Capolongo et al., 2020; Freitas et al., 2020; Mouratidis, 2021; Pineo et al., 2018; Quistberg et al., 2019; Sheppard et al., 2012; Thomson et al., 2019; L. Zhang et al., 2019)

C. La dimension cadre de vie

La dimension cadre de vie est décrite par six thématiques (Tableau 4), à savoir, l'ambiance acoustique, les champs électromagnétiques, la sécurité, la satisfaction des conditions de vie, l'esthétique du lieu et enfin le sentiment d'appartenance et l'attachement au lieu.

Pour une évaluation plus complète de la qualité urbaine, il semblerait important de traiter d'autres aspects que ce qui est présenté dans les articles. C'est le cas des services sociaux et de santé, qui jouent un rôle crucial dans la définition des performances des villes innovantes et intelligentes en matière de qualité urbaine (Oppio et al., 2016). Les indicateurs de distance aux structures sanitaires ne reflètent pas la taille et la qualité de l'offre de soin (nombre de médecins dans un cabinet de médecine générale, nature de l'offre, la qualité des soins...) (Daras et al., 2019a). Les indicateurs mobilisés n'ont pas permis de saisir les expériences des résidents dans les quartiers qu'ils habitaient auparavant et la manière dont cela a pu influencer leurs perceptions de leurs quartiers actuels (Sheppard et al., 2012).

Tableau 4 : indicateurs du cadre de vie

Conditions de vie	Indicateurs	Références
Environnement acoustique	• L'emplacement des utilisateurs sensibles est des zones protégées par rapport aux sources de bruit • Les stratégies pour limiter le bruit à la source et/ou réduire la transmission du bruit provenant de sources fixes ou mobiles • Niveaux supérieurs à 55 dB(A) • Niveau de pression acoustique pondérée et paramètres de synthèse associés	(Brook et al., 2018; Capolongo et al., 2016; Freitas et al., 2020; Mueller et al., 2017a; Pineo et al., 2020a; L. Zhang et al., 2019)
Ondes électromagnétiques	• Localisation des utilisateurs sensibles et des utilisateurs ayant un temps de séjour supérieur à 4 heures des rayonnements ionisants/non ionisants • Stratégies visant à éliminer ou à atténuer les rayonnements ionisants/non ionisants	(Capolongo et al., 2016; Thomson et al., 2019)
Sécurité	• Crime • Harcèlement policier, vandalisme, gangs, bagarres entre voisins, éclairage de quartier	(Freitas et al., 2020; Pineo et al., 2020a; Sheppard et al., 2012; L. Zhang et al., 2019)
Satisfaction des conditions de vie	• Observation : une population marginalisée visible, des logements surpeuplés, une circulation dense, de mauvaises odeurs, des mégots de cigarette ou déchets au sol • Nombre d'installations médicales • Pourcentage de ménages situés à moins de 500 m des installations médicales les plus proches • Les services essentiels dans le quartier, les services communautaires bénéfiques (institutions religieuses, internet, installations sportives...)	(Daras et al., 2019a; Fortune et al., 2020; Freitas et al., 2020; Green et al., 2018; Iravani & Rao, 2020; Ma et al., 2018b; Mouratidis, 2021; Pineo et al., 2018; Sheppard et al., 2012; Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019; Turcu et al., 2021; Wang et al., 2021; L. Zhang et al., 2019)
Esthétique	• Parcs, superficie du paysage naturel (p. ex., rues bordées d'arbres), rues	(Sheppard et al., 2012)

	et trottoirs bien entretenus, commerces et structures d'habitation bien entretenus	
Attachement au territoire	• Avez-vous l'impression d'appartenir à une communauté ? Pouvez-vous penser à des choses particulières que les gens vous disent pour vous donner cette impression, ou est-ce plus simplement une impression ? Vous avez des sentiments d'attachement à la communauté ?	(Baum & Palmer, 2002; Ma et al., 2018b; Mouratidis, 2021)

D. La dimension modes de vie personnels

La dimension modes de vie personnels (Tableau 5) intègre trois thématiques : les habitudes alimentaires et de consommation, l'activité physique et le comportement de soins. La thématique habitudes alimentaires et consommation est évaluée par l'accessibilité et le nombre de points de vente de produits alimentaires, de restaurants, de points de vente d'alcool et de tabac. Les indicateurs proposés n'éclairent qu'une partie de la question en mettant en exergue l'offre, mais ne renseignent pas sur les habitudes de consommation de la population. Il serait important de mesurer l'accessibilité aux aliments sains tels que les fruits et légumes frais, les produits laitiers, les protéines maigres et les glucides complets. Concernant l'activité physique, hormis les facteurs listés dans le tableau, il serait important de mesurer l'accessibilité aux espaces de loisirs tels que les parcs, les terrains de jeux, les terrains de sport, les sentiers de randonnée et les piscines dans un quartier. Cela peut inclure l'analyse de la proximité de ces espaces, de leur qualité et de leur sécurité.

Enfin, le comportement de soins est évalué par le taux de participation à l'examen de santé général et de dépistage, ainsi que le nombre d'infirmières par habitants, et le nombre de volontaires de l'aide sociale par habitants. Les auteurs soulignent l'inaccessibilité des données sur les résultats en matière de santé au grand public au niveau du secteur de recensement ou à un niveau plus petit. De plus, l'échantillon de déterminants de la santé choisi pour l'illustration, bien qu'adéquat pour le but recherché, n'est pas nécessairement celui qui serait choisi par d'autres chercheurs. Les données sur l'état de santé restent le principal obstacle à l'évaluation de la santé, qu'elle soit mondiale ou locale (Rothenberg et al., 2014).

Tableau 5 : indicateurs modes de vie personnels

Modes de vie personnels	Indicateurs	Références
Habitudes de consommation	• La fourniture de repas à l'école secondaire • L'accès aux lieux de consommation d'alcool • L'accessibilité aux comptoirs alimentaires locaux (p. ex., épiceries, supermarchés, restaurants, points de vente à emporter) et à une gamme diversifiée de comptoirs et de services de vente au détail locaux • Accessibilité aux pubs, bars et boîtes de nuit.	(Brook et al., 2018; Daras et al., 2019a; Fortune et al., 2020; Giles-Corti et al., 2014; Green et al., 2018; Pineo et al., 2018; Quistberg et al., 2019; Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019; R. Zhang et al., 2021)
Activité physique	• L'accessibilité aux transports en commun • La part modale (% de passagers utilisant les modes de transport) et les habitudes de déplacement des ménages	(Fortune et al., 2020; Giles-Corti et al., 2014; Mueller et al., 2017b; Quistberg et al., 2019; R. Zhang et al., 2021)
Comportement de soins	• Taux de participation au bilan de santé général • Taux de participation au bilan de santé du cancer de l'estomac • Taux de participation au bilan de santé du cancer du poumon • Taux de participation au bilan de santé du cancer du col de l'utérus • Nombre d'hôpitaux, de cliniques, de cliniques dentaires, de pharmaciens par population • Nombre d'infirmières en santé publique par population • Nombre de bénévoles du bien-être communautaire par population	(Takano & Nakamura, 2001; Thomson et al., 2019)

Partie 3 : Approches politiques pour la réduction des disparités environnementales et sociales de santé : quelles stratégies sont mises en place ?

En 1999, l'OMS a lancé l'Évaluation d'Impact sur la Santé (EIS), un outil d'aide à la décision de santé publique qui comprend une estimation préalable de l'impact potentiel sur la santé d'une politique, d'un programme ou d'un projet (Jabot, 2021). Il s'agit d'une approche intersectorielle et volontaire fondée sur l'engagement de tous les acteurs impliqués dans des projets de développement susceptibles d'accroître la vulnérabilité ou d'aggraver la situation des groupes socio-économiquement défavorisés. Les collectivités territoriales françaises se sont appropriées cet outil, notamment dans la promotion d'une planification urbaine favorable à la santé (Deguen & Kihal-Talantikite, 2022).

Sur le plan politique, une volonté croissante se manifeste pour prendre en compte la santé dans toutes les décisions politiques et reconnaître les liens étroits entre la santé humaine, la santé animale et l'environnement à travers plusieurs approches, notamment l'approche de « la santé dans toutes les politiques » (*Health in All Policies ; HiAP*) et l'approche du « *One Health* ». L'HiAP est proposée pour la première fois en 2006 par l'Union Européenne, puis formalisée par l'OMS en 2014 (Guigner, 2016), et l'approche « *One Health* », apparue plus récemment, depuis le début des années 2000 (Zinsstag et al., 2020), démontrent l'importance des approches interdisciplinaires qui visent à promouvoir la santé et le bien-être des individus, des communautés et de l'environnement dans leur ensemble.

L'approche HiAP reconnaît que les déterminants de la santé sont multiples et dépassent largement le domaine de la santé traditionnelle (Guigner, 2016). Elle promeut la collaboration entre différents secteurs gouvernementaux, tels que la santé, l'environnement, l'agriculture, l'éducation, le logement, les transports, etc. afin de prendre en compte les impacts potentiels des politiques publiques sur la santé. L'objectif est d'intégrer des considérations de santé dans toutes les décisions politiques, de façon à promouvoir la santé de manière transversale et à réduire les inégalités sociales en matière de santé (Lawless et al., 2012).

Quant au concept de « *One Health* », ce dernier met l'accent sur l'interconnexion étroite entre la santé humaine, la santé animale et la santé environnementale (Angot, 2020). Selon ce concept, la santé humaine est étroitement liée à la santé des animaux et à l'intégrité de l'écosystème dans lequel nous vivons. L'approche « *One Health* » encourage la collaboration entre les professionnels de la santé humaine, de la santé animale, de l'environnement et d'autres disciplines connexes pour faire face aux défis de santé complexes tels que les maladies émergentes, la sécurité alimentaire, la résistance aux antimicrobiens et les problèmes environnementaux (Zinsstag et al., 2020). Ces approches convergent vers la nécessité d'une approche intégrée de la santé, qui repose sur le développement d'outils de diagnostic et de prospective multidimensionnels pour identifier les situations locales favorables (en référence à la résilience) ou défavorables (en référence à la vulnérabilité) à la santé.

Afin de lutter contre les inégalités environnementales et sociales de santé, à tous les niveaux de gouvernance, des mesures concrètes ont été prises. Le programme 2030 des Nations unies vise à éliminer la pauvreté et à créer un avenir durable pour tous d'ici 2030 et au-delà. Il s'agit d'un engagement mondial qui met l'accent sur le bien-être de l'humanité et la préservation de la planète (Roch, 2021).

A l'échelle européenne, l'Union européenne déploie des stratégies environnementales visant à favoriser une transition vers une économie durable, où le bien-être des individus est pris en compte tout en respectant les limites planétaires. Ces stratégies comprennent la protection des habitats naturels, la préservation de la qualité de l'air et de l'eau, la promotion d'une gestion adéquate des déchets et l'amélioration de la compréhension des produits chimiques toxiques. Parmi ces mesures figurent le nouveau plan d'action pour une économie circulaire adopté en 2020, la stratégie en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 (Bastiège, 2020), la stratégie « De la ferme à la table » (Cera, 2020) ainsi que le plan d'action pour une pollution zéro (Pro, 2021).

Plus récemment, la loi européenne sur le climat adoptée en 2021 inscrit l'objectif énoncé dans le Pacte vert pour l'Europe, qui vise à rendre l'économie et la société européennes neutres sur le plan carbone d'ici 2050. Cette loi fixe également un objectif intermédiaire consistant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030, par rapport aux niveaux de 1990 (Timmermans, 2021). L'Union européenne vise également d'intégrer les préoccupations liées au climat dans d'autres domaines politiques tels que le transport et l'énergie, tout en encourageant l'adoption de technologies à faible émission de carbone et de mesures d'adaptation (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2021).

En France, plusieurs politiques et stratégies contribuent à réduire les inégalités environnementales et sociales de santé. A titre d'exemple, la mise en place d'un Plan national Santé Environnement (PNSE) en 2004 qui en est actuellement à sa quatrième version (PNSE 4, 2019-2024). Ce plan vise à réduire les impacts sanitaires de l'environnement en France, en réduisant les risques liés à la qualité de l'air, de l'eau, de l'alimentation et aux produits chimiques (Lévi, 2020). La Stratégie Nationale de Transition Ecologique vers un Développement Durable (SNTEDD) vise à faire de la transition écologique un levier de développement économique et social, en prenant en compte les enjeux de justice environnementale. Elle s'appuie notamment sur la mise en place d'une économie circulaire, la promotion des énergies renouvelables, l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, la lutte contre les déchets et la préservation de la biodiversité (Catellani et al., 2019).

Nous pouvons citer également, les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA), définis dans l'article L222-5 du code de l'environnement, ces plans ont pour objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques dans les zones les plus touchées par la pollution de l'air en France. Ils prévoient des mesures spécifiques pour réduire les émissions de particules fines, d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre, etc.

La loi de Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) de 2000 représente un moment clé dans l'évolution de la planification urbaine, car elle a permis de créer une cohérence entre les politiques d'urbanisme et de déplacement, dans le cadre d'une politique plus large de développement durable. Cette loi a ainsi inauguré un premier tournant dans la manière de concevoir et de gérer les villes (Harpet, 2014; Subra, 2006). Le volet « urbanisme » de la loi SRU de 2000 a introduit des changements majeurs dans la réglementation de l'aménagement du territoire. Ainsi, le schéma directeur a été remplacé par un schéma de cohérence territoriale, et le plan d'occupation des sols a été remplacé par un plan local d'urbanisme encadré par le SCOT. Plus récemment, la loi climat-énergie votée en 2019 et la loi climat-résilience du 22 août 2021 ont marqué des étapes significatives dans les efforts législatifs de la France pour lutter contre les effets du changement climatique et renforcer la résilience territoriale face à ses conséquences.

Depuis l'année 2000, la limitation de l'étalement urbain est devenue un objectif prioritaire en matière d'aménagement du territoire (Rousseaux, 2009). Cette stratégie implique un renouvellement urbain axé sur la densification des centres-villes, afin de répondre à la nécessité de préserver les milieux et les ressources (Simard, 2014). Cette approche a pour but de limiter l'expansion des villes en encourageant une utilisation plus efficace des terres déjà urbanisées, et en évitant la consommation excessive de terres agricoles ou naturelles. L'objectif est d'offrir des villes plus durables et plus agréables à vivre pour leurs habitants, tout en préservant l'environnement et les ressources naturelles. A ce stade, la santé apparaît sous l'angle des risques sanitaires imputables à l'habitat insalubre (présence d'amiante, de plomb...) (Harpet, 2014).

Les lois Grenelle 1 et Grenelle 2 ont instauré l'obligation pour tous les documents d'urbanisme réglementaires de présenter une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers au cours des dix dernières années, ainsi que la définition d'objectifs chiffrés visant à limiter cette consommation. Cette mesure vise à préserver les milieux naturels et agricoles en limitant l'expansion des zones urbaines, et à encourager une utilisation plus responsable des terres (Mesnard, 2010).

Certaines villes en France intègrent désormais la question de la gestion des inégalités environnementales et sociales de santé dans leurs documents d'urbanisme et de planification locaux. Ces initiatives visent à promouvoir une approche plus équitable et durable de l'aménagement urbain, en prenant en compte les impacts sur la santé des populations. A titre d'exemple, Le 6 juin 2023, le Conseil de Paris a adopté son nouveau Plan local d'Urbanisme (PLU) qui présente une caractéristique novatrice : il est désormais bioclimatique, il s'agit d'une déclinaison de l'approche bioclimatique de la performance énergétique des bâtiments issue de la réglementation environnementale (RE2020). Son objectif principal est de définir les orientations de la capitale pour les quinze prochaines années, en prenant en compte à la fois l'urgence climatique et l'amélioration du cadre de vie des habitants de Paris (APUR, 2023).

Nantes a également développé un Plan Local d'Urbanisme métropolitain (PLUm) qui intègre pleinement les enjeux de santé environnementale et d'équité sociale. Le PLUm de Nantes prévoit la création d'un vaste réseau d'espaces verts et de coulées vertes à travers la ville, offrant ainsi un cadre de vie agréable et favorisant la qualité de l'air, la biodiversité et la pratique d'activités physiques. En outre, la ville a mis en place des mesures pour développer les transports en commun et les modes de déplacement doux, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre et promouvant une mobilité plus équitable.

Les inégalités environnementales et sociales de santé sont un sujet de préoccupation croissante dans les milieux scientifiques et de l'action publique. Pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents de ces inégalités, les chercheurs ont développé plusieurs cadres méthodologiques d'analyse qui tiennent compte des contextes territoriaux et des facteurs environnementaux et sociaux.

Discussion

L'émergence des maladies chroniques met en lumière la question de la santé et soulève des interrogations sur l'environnement et sa dégradation. Cela remet en question la responsabilité et l'objectif de l'urbanisme. En 2018, le nombre estimé de nouveaux cas de cancer est de 382 000 personnes (Institut National du Cancer, 2022), dont les causes environnementales représentent les deux tiers. Selon l'OMS, environ 23% de la mortalité mondiale est attribuable à des facteurs environnementaux, ce qui équivaut à 12,6 millions de décès liés à l'environnement. Parmi ces décès, on estime que 8,2 millions sont dus à des cancers ou à des maladies non transmissibles, principalement de nature cardiovasculaire, respiratoire, diarrhéique et traumatique.

Au fil du temps, la prise en compte de la santé dans l'urbanisme a évolué pour inclure une gamme plus large de facteurs, notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, le bruit, les émissions de gaz à effet de serre et l'accès à des modes de transport durables (Gallez et al., 2013). Les initiatives visant à promouvoir la santé dans l'urbanisme ont également pris une perspective plus holistique, en reconnaissant l'importance de la santé mentale et du bien-être (Blanc, 2014). Cependant, malgré ces avancées, la prise en compte de la santé dans l'urbanisme reste limitée (Carmichael et al., 2019). Les populations les plus vulnérables, telles que les personnes à faible revenu, sont souvent les plus touchées par les conditions environnementales malsaines dans les villes (Evans & Kantrowitz, 2002).

Face aux défis de santé actuels telles que les maladies chroniques, les pandémies, les maladies infectieuses et les inégalités en matière de santé (Watts et al., 2018), ne devrait-on pas envisager un renouveau de l'urbanisme davantage axé sur la santé environnementale?

La dimension sanitaire peut être encore mieux intégrée dans les projets pour créer des villes qui soutiennent véritablement la santé et le bien-être de tous les habitants. Il est essentiel de prendre une approche plus globale de la santé dans l'urbanisme, en intégrant la santé dans toutes les décisions d'urbanisme et en adoptant des politiques qui favorisent un environnement urbain sain pour tous les habitants. Il est crucial de réaffirmer le principe de précaution et de réorienter notre attention vers la prévention, en examinant de près les facteurs urbains et environnementaux et en remettant en question la forme et le fonctionnement de nos villes dans le contexte des enjeux de santé actuels. Ces enjeux sont également liés aux crises écologique et climatique auxquelles nous sommes confrontés, et dans lesquelles la ville et l'urbanisme jouent un rôle important. Il est donc essentiel de rechercher une nouvelle alliance entre l'urbanisme et la santé, en mobilisant les connaissances développées par les sciences sociales, écologiques, médicales et urbaines afin de mieux répondre aux défis de santé actuels et à venir.

Il est essentiel de sensibiliser et de former les acteurs locaux, tels que les urbanistes, les architectes, les décideurs municipaux et les professionnels de la santé, sur l'importance de prendre en compte la santé dans l'urbanisme. Cela suppose un engagement politique fort,

ainsi qu'une collaboration entre les professionnels de l'urbanisme, les scientifiques, les professionnels de la santé publique et la communauté dans son ensemble, ainsi que le développement d'outils de diagnostic multidimensionnel pour permettre une compréhension plus complète des enjeux de santé et leur impact sur les politiques d'urbanisme. Les outils de diagnostic doivent prendre en compte les diverses dimensions de la santé, telles que la santé physique, la santé mentale et la santé sociale, ainsi que les inégalités sociales et environnementales en matière de santé. Les données recueillies à l'aide de ces outils permettront aux urbanistes de comprendre les facteurs qui ont un impact sur la santé et de développer des politiques d'urbanisme plus efficaces pour promouvoir des villes favorables à la santé.

Dans la littérature, les indices composites sont principalement mobilisés à l'échelle nationale, régionale et communale mais restent moins développés à l'échelle infra-communale. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il peut être plus difficile de collecter des données à très fine échelle, en raison de la diversité des contextes locaux et des ressources limitées disponibles pour la collecte de données. De plus, l'application de ces indices à l'échelle locale peut nécessiter des ajustements et des adaptations pour prendre en compte les spécificités locales. Dans la littérature, les analyses à fine échelle sont réalisées soit à l'échelle des Ilots Regroupés pour l'Information Statistique (IRIS), qui est le découpage le plus fin du territoire national géré par l'Institut National de la Statistique et Etudes Economiques (INSEE), comme c'est le cas pour l'étude de (Rufat, 2007), soit à l'échelle des carreaux de population (200 m x 200 m) comme l'indicateur de fragilité de la Ville de Paris (Ville de Paris, 2020), soit des découpages spécifiques selon les thématiques étudiées comme pour les études de Shrestha et al (2016), de Renard & Chapon (2010) et de Thiault et al. (2018). Les contextes locaux peuvent varier considérablement en termes de conditions économiques, sociales, environnementales et institutionnelles, ce qui peut avoir un impact significatif sur la vulnérabilité et la résilience des territoires. L'utilisation d'indices composites à l'échelle locale peut fournir des informations précieuses pour la prise de décisions et la planification des interventions locales en matière de réduction de la vulnérabilité et de renforcement de la résilience.

La différenciation de la caractérisation des inégalités de santé en milieu urbain, périurbain et rural est très peu discutée dans la littérature. Fortune et al (2020) dans leur étude portant sur les associations entre les caractéristiques de l'environnement bâti et la prévalence des handicaps en Australie soulignent le manque de données relatives aux indicateurs de l'environnement bâti dans les zones rurales, notamment les caractéristiques physiques et fonctionnelles des bâtiments, les systèmes d'approvisionnement en eau, les systèmes d'élimination des déchets, les systèmes d'énergie et les infrastructures de transport, ce qui pourrait notamment impacter la lecture des associations entre la prévalence des handicaps et les caractéristiques de l'environnement bâti. La différence entre les territoires urbains et ruraux a été également soulignée dans l'étude de Green et al (2018) et Daras et al (2019), les auteurs soulignent des inégalités urbaines-rurales distinctes, les régions rurales éloignées et les centres-villes étant identifiés comme des environnements présentant des

caractéristiques sanitaires médiocres (Green et al., 2018). Daras et al (2019) concluent que les zones rurales les plus éloignées sont identifiées comme étant malsaines. Alors qu'elles obtiennent généralement de bons résultats dans les dimensions de l'environnement physique, elles obtiennent de mauvais résultats en matière d'accessibilité aux services de santé en raison de leur éloignement et de leur faible densité de population. Les noyaux urbains de villes obtiennent également des résultats contrastés : ils disposent d'un grand nombre de services de santé, mais sont également très vulnérables aux risques sanitaires liés aux niveaux élevés de pollution atmosphérique. Les zones qui ont été identifiées comme les plus favorables à la santé sont les petites villes et les zones suburbaines à la périphérie des villes. En effet, ces zones sont généralement situées à proximité de services de santé et d'espaces verts, mais plus loin d'environnements pollués ou de services de vente au détail potentiellement dangereux pour la santé.

Les études comparatives sur un large périmètre comportant des territoires présentant des caractéristiques hétérogènes (urbain et rural) peuvent être entravées par des différences significatives en termes de populations, de caractéristiques socio-économiques, de modes de vie et de besoins spécifiques. Les contextes urbains et ruraux sont souvent uniques et complexes, ce qui rend difficile la généralisation des résultats d'une étude à une autre. Bien que la dichotomie entre les zones urbaines et rurales puisse présenter des défis pour les études comparatives, il est possible de mener des recherches en adoptant des approches adaptées. Une compréhension approfondie des spécificités de chaque milieu et une considération des contextes locaux sont essentielles pour mener des études comparatives significatives. Une attention particulière doit être portée sur la méthode de calcul des indices afin de mieux prendre en compte les caractéristiques spécifiques aux territoires urbains et ruraux. Le recours aux indices composites comme outils d'aide à la décision est d'autant plus important dans la mesure où les décideurs souhaitent mesurer le rôle des caractéristiques territoriales sur la santé et opter pour des politiques de gestion intégrée des inégalités de santé.

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

CHAPITRE II : matériels et méthodes

Dans le présent chapitre, nous allons commencer par présenter le territoire d'étude, en mettant en lumière les caractéristiques géographiques et socio-économiques pertinentes pour notre recherche. Ensuite, nous détaillerons la méthodologie que nous avons déployée pour calculer les indices composites de vulnérabilité et de résilience, qui constituent un élément clé de notre analyse. Nous allons également expliquer en détail la méthodologie que nous avons utilisée pour analyser les profils des inégalités environnementales et sociales de santé au sein des quatre catégories de territoires, à la fois dans l'agglomération centrale et dans la couronne métropolitaine (terminologie issue du SCoT de Lille Métropole). Ensuite, nous aborderons la méthode employée pour la sélection des projets d'aménagement que nous avons étudiés, ainsi que le processus d'analyse suivi pour évaluer les facteurs de vulnérabilité et de résilience à l'échelle de chaque projet.

II.1. Approche territoriale

II.1.1. Territoire d'étude

Le territoire d'étude de cette thèse est le périmètre du SCoT de Lille Métropole, qui comprend deux intercommunalités : la Métropole Européenne de Lille et la Communauté de Communes Pévèle Carembault. Le SCoT est d'une superficie de 98 800 ha et regroupe 1,26 million d'habitants. Il couvre 133 communes divisées en 559 IRIS. Nous avons exclu 31 IRIS en raison d'une densité de population extrêmement faible (champs, parcs, zones portuaires, zones d'activités, zones industrielles, etc.) et avons donc inclus 528 IRIS dans notre analyse finale.

Notre approche, concerne dans un premier temps l'ensemble du territoire du SCoT représenté dans figure 3a, nous avons ensuite focalisé notre travail sur 2 sous-ensembles d'IRIS homogènes : l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine (figure 3b). L'agglomération centrale comprend 391 IRIS urbains caractérisés par une forte densité de population (moyenne $\pm$ SD : $71,4 \pm 47,1$ habitants/ha) et une diversité des équipements. La couronne métropolitaine est composée de 137 IRIS périurbains et ruraux, caractérisés par une faible densité de population (moyenne $\pm$ SD : $10,8 \pm 16,5$ habitants/ha) et la présence d'espaces agricoles et naturels.

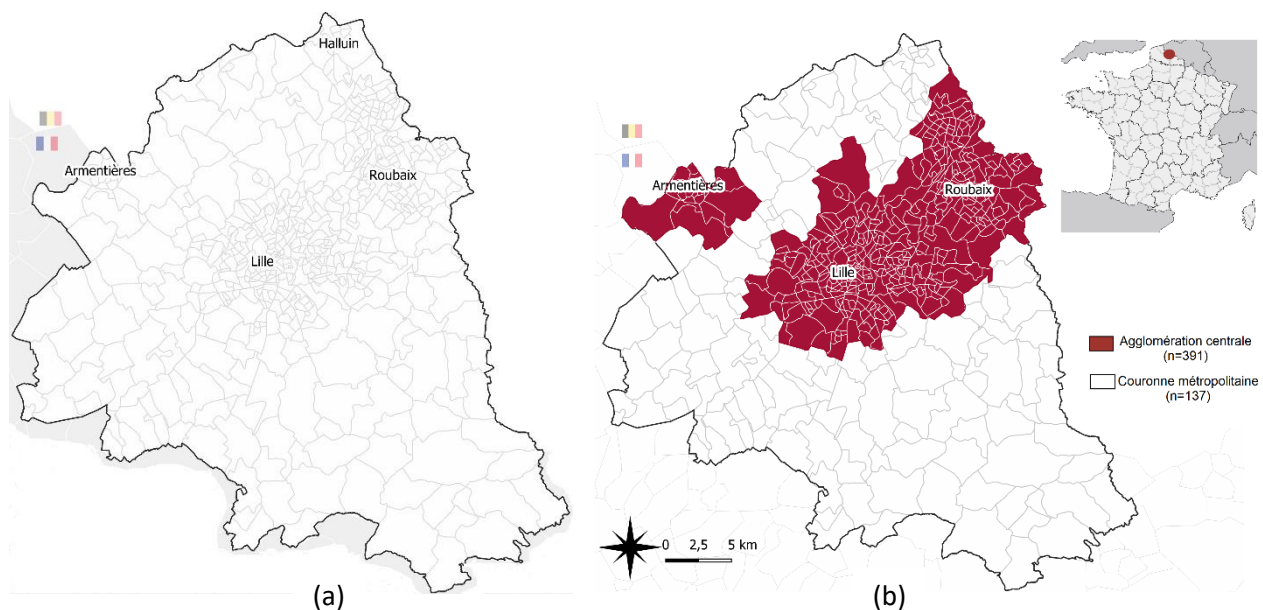


Figure 3: territoire d'étude. (a) périmètre du SCoT de Lille Métropole, (b) agglomération centrale et couronne métropolitaine du SCoT de Lille Métropole

La classification des IRIS en agglomération centrale et en couronne métropolitaine relève de l'armature urbaine du SCoT développée depuis 2015 par l'Agence de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole. La distinction entre les deux territoires se base principalement sur l'organisation des entités territoriales de nature différentes et les modes de vie qui en découlent. L'agglomération centrale se caractérise par un tissu urbain continu où les limites entre les communes s'estompent, formant ainsi un ensemble urbain homogène. La couronne métropolitaine quant à elle regroupe les communes périurbaines où les tissus urbains sont plus circonscrits, clairement délimités par des espaces naturels, agricoles ou forestiers. L'annexe 1 présente la répartition des communes du SCoT par rapport aux deux catégories de l'armature urbaine. Dans ses objectifs, l'armature urbaine recherche un équilibre entre le développement de la ville et la préservation de la campagne. Avec trois principaux objectifs : réduire l'étalement urbain, contrôler l'expansion de la ville et optimiser l'utilisation des terres, tout en favorisant le développement de la métropole et la préservation des paysages et de l'activité agricole. Trois leviers principaux sont mis en œuvre pour atteindre ces objectifs. Tout d'abord, il s'agit de privilégier le renouvellement des tissus urbains existants pour le développement urbain, en utilisant des outils réglementaires adaptés tels que la division parcellaire, la surélévation ou le comblement. Ensuite, les extensions urbaines doivent être réalisées de manière à limiter la consommation de foncier et à respecter les contextes urbains et paysagers. Enfin, l'optimisation de l'utilisation du foncier mobilisé, qu'il s'agisse de renouvellement ou d'extension, est également un objectif essentiel. Il est recommandé d'identifier les espaces urbains et industriels vacants et de lever les obstacles à leur reconversion. L'utilisation temporaire de ces espaces, tels que des boisements ou des mises à disposition pour des associations ou des artisans, peut contribuer à leur transformation urbaine. En l'absence de reconversion durable possible, ces espaces peuvent être réaffectés à des fins de renaturation (ADULM, 2017).

II.1.2. Analyse des inégalités environnementales et sociales de santé à l'échelle infra communale sur le territoire du SCoT de Lille Métropole : d'une approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT à une approche différenciée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine

La méthodologie suivie pour l'analyse et la cartographie des inégalités environnementales et sociales de santé sur le territoire du SCoT de Lille Métropole repose sur la construction d'indices composites spatialisés de vulnérabilité et de résilience, ainsi que sur l'élaboration d'un modèle d'analyse des enjeux de santé. La construction des indices composites suit quatre étapes majeures, présentées dans la figure 4 : l'identification des facteurs d'influence de l'environnement sur la santé, l'organisation d'ateliers thématiques avec des experts territoriaux, la collecte des données et enfin le traitement statistique permettant de calculer les deux indices.

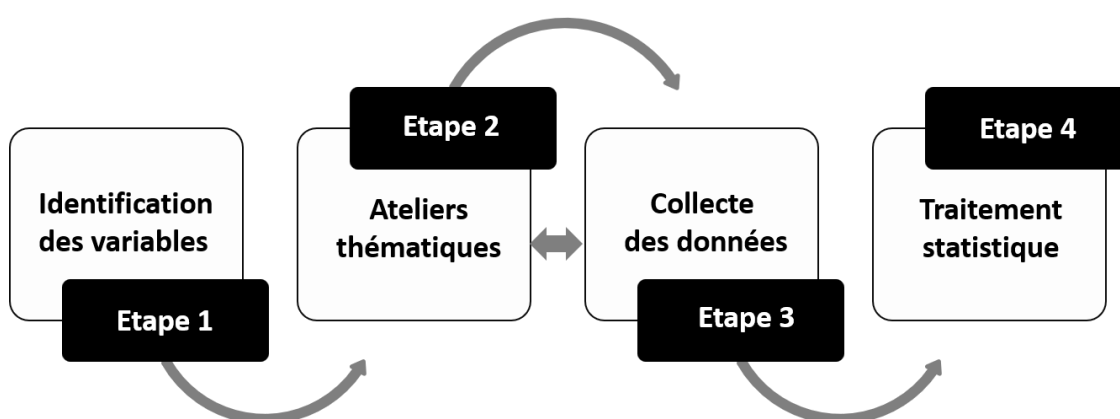


Figure 4 : processus de construction des indices composites de vulnérabilité et de résilience

Etape 1 : identification des variables

À l'aide de la littérature, nous avons identifié et vérifié l'existence de liens entre les différentes composantes du territoire de vie et la santé. Nous nous sommes également appuyés sur plusieurs documents stratégiques et de planification, tels que le Plan Climat Air-Energie Territorial (PCAET), le SCoT, le Plan Local d'Urbanisme de la Métropole Européenne de Lille, le troisième Plan Régional Santé Environnement (PRSE3), ainsi que les différentes études produites par l'ADULM et la MEL, afin d'identifier les variables à intégrer dans les deux indices. Cette démarche vise à apporter, à terme, des éléments de réflexion pour la rédaction des différents documents.

À cette étape, les critères d'inclusion concernent les variables :

- En lien avec les problématiques de santé environnementale, ayant un impact positif ou négatif direct ou indirect sur la santé,
- Répondant aux principaux enjeux de notre territoire d'étude,
- Dont les données sont disponibles, mesurables à l'IRIS et couvrant tout le territoire du SCoT,
- Dont les données sont récentes et régulièrement mises à jour.

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Les variables liées aux comportements individuels tels que les habitudes alimentaires ou l'activité sportive.

Le tableau A de l'annexe 2 présente les 83 variables identifiées à cette première étape, avec leur définition, la date de production des données, leurs sources et leur unité correspondante.

Etape 2 : ateliers thématiques réunissant des experts de différents domaines

L'étude a été réalisée en étroite collaboration avec des experts locaux et régionaux tels que l'ADULM, la MEL, l'ARS Hauts de France, le SPF, etc. Cette collaboration a impliqué des professionnels de divers domaines tels que l'observation sociale, les statistiques, la mobilité, la qualité de l'air, les sols, le bruit, etc. Au total environ 30 experts ont été consultés dans le cadre de ces ateliers au cours desquels nous avons analysé en détail chaque variable et évalué son impact sur la santé de la population, en tenant compte du contexte territorial spécifique. Ces ateliers ont joué un rôle essentiel pour confirmer la concordance entre les variables identifiées dans la littérature scientifique, les données disponibles et les particularités propres au territoire du SCoT de Lille Métropole. Cette méthodologie nous a permis de profiter pleinement de l'expérience des professionnels de terrain concernant les différentes variables.

Ces ateliers ont également permis de recenser les besoins et les attentes des experts des différentes thématiques concernant notre recherche. Suite à ces ateliers thématiques, d'autres variables ont été ajoutées à la liste des variables identifiées dans la littérature. Par exemple, la variable concernant la densité des cavités souterraines a été incluse, de même que la variable relative au retrait et au gonflement des argiles. De plus, les seuils de référence intégrés dans le calcul de certaines variables ont été approuvés par les experts afin d'assurer que notre méthodologie puisse être utilisée dans les études en cours et à venir menées par la MEL ou l'ADULM. Lors de l'atelier portant sur la thématique des « espaces verts », la distance de 300 mètres a été validée comme étant la limite pour identifier la portion de la population résidant à proximité d'un espace vert public, avec une taille minimale de 0,5 hectare. De même, en ce qui concerne le calcul du NDVI, les experts ont conclu que le mois de juillet est la période optimale pour réaliser ce calcul, car elle correspond à la phase d'activité chlorophylle maximale.

Sur toute la durée de la démarche, un groupe de travail composé d'experts de la MEL, de la Ville de Lille, de la Ville de Paris, de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Hauts-de-France, de l'ARS, de Santé Publique France et d'Atmo Hauts de France a été constitué. Cinq réunions ont été organisées avec ces membres aux dates suivantes : novembre 2020, février 2021, juin 2021, octobre 2021 et juin 2022. L'objectif de ces réunions était d'obtenir un retour critique sur la démarche et de valider les étapes clés. Nous avons rencontré à plusieurs reprises deux élus de la MEL (la vice-présidente en charge du Climat, de la Transition Écologique et de l'Énergie, ainsi que le vice-président responsable de l'Aménagement du Territoire et de la Stratégie d'Urbanisme), dans le but de leur présenter l'avancement et les résultats de la démarche.

Etape 3 : collecte des données

La réalisation de ce travail a nécessité l'utilisation de plusieurs sources de données afin d'obtenir des informations précises et fiables. Tout d'abord, nous avons commencé par collecter les données disponibles en libre accès. Les sources de données identifiées sont les suivantes :

L'Open Data MEL fournit des informations sur divers aspects urbains et socio-économiques de la métropole européenne de Lille. L'Open Data de l'Agence Nationale des FRéquences (ANFR) offre des données sur les antennes relais et la couverture réseau. L'Atlas Santé fournit des données de santé et d'autres données socio-économiques. La Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services (BASIAS) et la Base de données des sites et SOLs pollués (BASOL) sont des bases de données sur les sites industriels et les sols pollués. Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) fournit des informations géologiques et géotechniques. Corine Land Cover offre des données sur l'occupation des sols. Open Data.Gouv est une source générale de données ouvertes. Géo2 France offre des données géographiques détaillées. Géorisques fournit des informations sur les risques naturels et technologiques. L'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) fournit des données géographiques de référence. OpenStreetMap est une base de données collaborative de cartographie, il fournit des informations détaillées et géospatiales, couvrant des éléments tels que les routes, les bâtiments, les cours d'eau, les lieux d'intérêt etc. L'Insee fournit des données démographiques et socio-économiques. L'Observatoire National de la Précarité Énergétique (ONPE) offre des données sur la précarité énergétique logement. L'OpenData Région Hauts-de-France fournit des informations spécifiques à la région Hauts-de-France notamment des données le réseau viaire, les équipements etc. L'Open Data Réseaux Énergies (ODRE) publie des données autour des thématiques de « Production », de « Consommation » multi-énergies (gaz et électricité), de « Stockage », de « Mobilité », des « Territoires et Régions », des « Infrastructures », des « Marchés » et de « Météorologie ». OpenData Soft propose divers ensembles de données ouvertes (équipements, données socio-économiques, routes etc.). L'OSO Theia est une base de données sur l'occupation des sols. Le Référentiel de l'Occupation du Sol en 2 dimensions (OCS^{2D}) Hauts-de-France fournit des données la cartographie et la géologie de la région Hauts-de-France en deux dimensions. Enfin, l'Urban Atlas fournit également des informations sur l'occupation des sols. Ces sources de données ont été consultées pour collecter des données détaillées à l'échelle infra-communale. Par la suite, nous avons cherché à enrichir notre base avec des données provenant d'organismes tels que l'ADULM, la MEL, Atmo Hauts de France, ainsi que du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Au total, 98 bases de données distinctes ont été identifiées, qui pouvaient potentiellement être utilisées utilité pour notre étude.

Dans un second temps, nous avons procédé à une sélection rigoureuse des bases de données, en nous appuyant sur plusieurs critères. Tout d'abord, les bases de données présentant la même variable ont été écartées afin d'éviter les redondances et de garantir la cohérence des

données consultées. De plus, les bases de données qui ne couvrent pas l'intégralité du territoire d'étude ont été exclues, car il est essentiel d'avoir une couverture complète pour une analyse exhaustive. Les bases de données dont l'échelle de la donnée n'est pas infra-communale ont également été écartées. Certaines bases de données ont été exclues car elles n'étaient pas autorisées pour l'exploitation, par exemple les données sur la criminalité et le vandalisme, qui sont disponibles à l'Agence d'urbanisme mais pour une autre étude spécifique sur le trafic de stupéfiants. Enfin, les bases de données contenant des données peu fiables ont été éliminées.

Les bases de données retenues ont été sélectionnées en fonction des principaux enjeux du territoire du SCoT. Cela signifie que les données devaient être directement liées aux problématiques et aux défis auxquels le territoire fait face. Ensuite, une donnée était considérée comme éligible si elle était disponible et mesurable à l'échelle de l'IRIS sur l'ensemble du SCoT. De plus, il était essentiel que la donnée soit récente et évolutive afin de refléter au mieux la réalité actuelle du territoire. Cela permet de prendre en compte les évolutions et les changements qui se produisent dans le temps.

Cette étape de sélection nous a permis de retenir 15 sources de données pour notre travail. Celles-ci sont représentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 6).

Tableau 6: liste des sources de données mobilisées

SOURCE	GESTIONNAIRE	THEMATIQUES	ACCESSIBILITE AUX DONNEES
ATMO HDF, LCSQA	ATMO HDF	Pollution de l'air	Conventionnées
COPERNICUS	UE et ESA	Espaces verts	https://land.copernicus.eu/pan-european
OCS ^{2D}	PPIGE	Occupation des sols	https://www.geo2france.fr
AEE	AEE	Bruit	https://www.eea.europa.eu/
BASIAS/BASOL	Gouvernement	Sites et sols pollués	https://www.georisques.gouv.fr/
GEORISQUES	Gouvernement	Risques naturels	https://www.georisques.gouv.fr/
ODRÉ (OPEN DATA RESEAUX ÉNERGIES)	GRTgaz, RTE et Teréga	Risques technologiques	https://opendata.reseaux-energies.fr/
ANFR OPEN DATA	ANFR	Risques technologiques	https://data.anfr.fr/
INSEE	INSEE	Données socio-économiques et équipements	https://statistiques-locales.insee.fr/
GEODIP	ONPE	Précarité énergétique et aides à la rénovation des logements	https://onpe.org/

DATA.GOUV	Etalab	Inventaire de données en accès libre à l'échelle de la France	https://www.data.gouv.fr/fr/
OPEN DATA HDF	Région HDF	Inventaire de données en accès libre à l'échelle de la région HDF	https://opendata.hautsdefrance.fr/
OPEN DATA MEL	MEL	Inventaire de données en accès libre à l'échelle de la MEL	https://opendata.lillemetropole.fr/
ADULM	Pôle statistiques -cartographies	Trame brune, îlots de chaleur urbains, logements	Données internes

Parmi les nombreuses sources de données exploitées pour notre travail, les données Atmo Hauts-de-France et du LCSQA ont été utilisées pour évaluer la concentration des polluants atmosphériques dont les particules fines dites « *Particulate matter* » PM₁₀ et les PM_{2.5}, le dioxyde d'azote (NO₂) et l'Ozone (O₃), ainsi que pour déterminer la part de la population exposée à ces polluants par IRIS. En utilisant Copernicus, nous avons accédé à des images satellitaires nous permettant de calculer l'indice de végétation NDVI. L'OCS^{2D} a été une ressource précieuse pour identifier et quantifier la superficie des espaces verts, des services écosystémiques et des terrains vacants. Nous avons également consulté l'*European Environment Agency* (EEA) pour obtenir des données sur le bruit dans la partie sud du territoire du SCoT, ainsi que les bases de données BASIAS et BASOL pour les informations sur les sites et sols pollués. Géorisques nous a fourni des données sur les inondations, les cavités souterraines, ainsi que le retrait et le gonflement des argiles. L'Open Data Réseaux Énergies (ODRÉ) nous a fourni des données sur les canalisations de gaz et les lignes à haute tension, tandis que l'ANFR Open Data nous a fourni des informations sur les antennes relais. Les données socio-économiques, ainsi que des données sur le logement et les modes de déplacement des actifs, ont été obtenues à partir du site de l'INSEE. GéoDIP nous a fourni des données sur la précarité énergétique du logement et sur les ménages éligibles aux aides à la rénovation des logements, telles que la prime Rénov et la prime sérénité de l'Anah. Géo2France a été une ressource mobilisée pour les données relatives aux ménages bénéficiaires de la prime AREL. Les données sur les accidents de la route ont été récupérées à partir de data.gouv. Les transports en commun, les vélos et les pistes cyclables ont été étudiés grâce à l'OpenData Hauts-de-France. L'OpenData de la MEL a fourni des informations sur les transports en commun, les stations de vélos, ainsi que des données sur le bruit (non disponibles en libre accès). Enfin, nous avons également utilisé des données produites par l'ADULM, notamment sur la trame brune, les jardins familiaux et les îlots de chaleur urbains.

Étape 4 : traitement statistique et calcul des deux indices

Pour le calcul de l'indice de vulnérabilité, les variables sélectionnées sont celles qui représentent des facteurs de risque pour la santé ou des conditions socio-économiques défavorables à la santé, tels que la pollution de l'air ou encore la précarité économique. Ces variables sont agrégées pour former un indice global qui mesure le niveau de vulnérabilité des territoires à l'échelle de chaque IRIS du SCoT de Lille métropole.

En revanche, pour le calcul de l'indice de résilience, les variables retenues sont celles qui reflètent les capacités des territoires à faire face aux risques environnementaux et sanitaires, comme la disponibilité de services de santé de proximité, l'accessibilité aux espaces verts ou encore le niveau d'éducation de la population. Ces variables sont agrégées pour former un indice global qui mesure le niveau de résilience des territoires à l'échelle de chaque IRIS du SCoT de Lille Métropole.

Le processus de construction de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience est représenté dans le schéma ci-dessus (Figure 5).

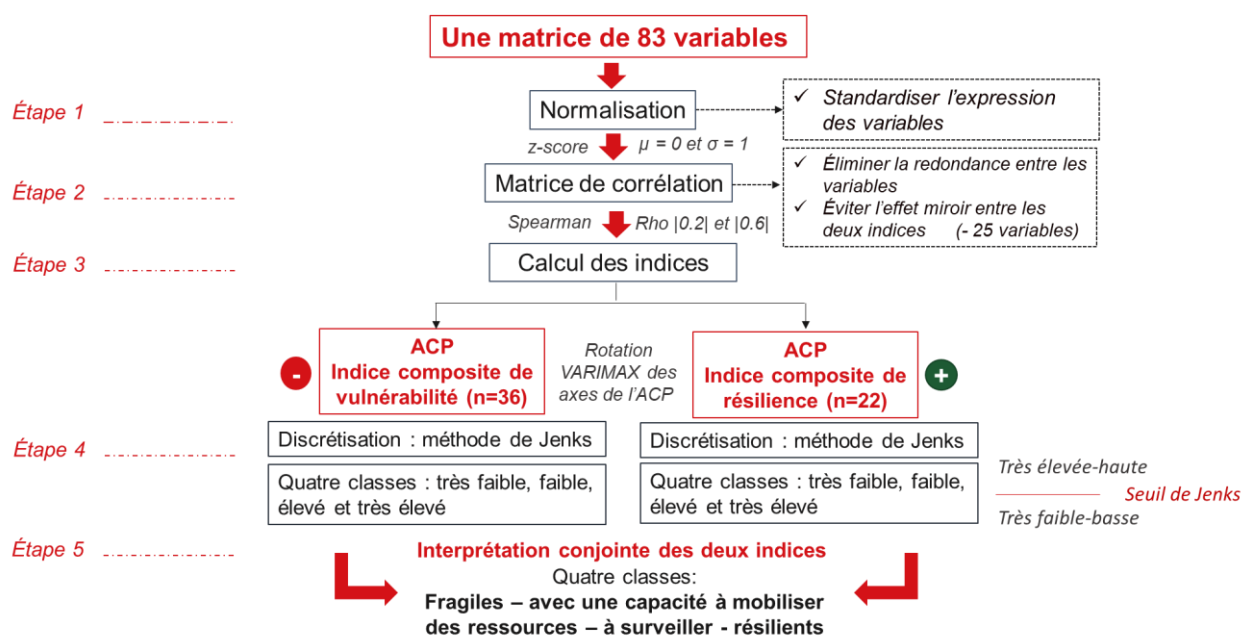


Figure 5: processus de construction de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience (d'après Brousmiche et al, 2020)

Sur les 83 variables identifiées, 6 ont été intégrées directement, et 77 ont fait l'objet d'un calcul. Le calcul a été réalisé à l'aide de XLStat, et les résultats ont ensuite été cartographiés en utilisant le logiciel QGIS.

Concentrations des polluants PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ et O₃ dans l'air et exposition de la population

Les concentrations moyennes des polluants PM₁₀, PM_{2.5} et NO₂ ont été calculées à partir des fichiers raster des années 2018, 2019 et 2020. Le traitement a été appliqué individuellement pour chaque polluant. En utilisant l'outil « *Extract values to points* » dans QGIS, les valeurs de concentration des polluants pour chaque année ont été extraites des fichiers raster et associées aux polygones des IRIS en fonction de leur intersection spatiale avec les pixels du raster. Une fois les valeurs de concentration des polluants extraites pour chaque année, l'outil « *Aggregate* » de QGIS a été utilisé pour calculer la moyenne des concentrations des polluants sur les trois années pour chaque IRIS.

Les données fournies par Atmo Hauts-de-France sur l'ozone concernent le nombre de jours dans l'année où la moyenne glissante sur 8 heures consécutives de l'ozone dépasse strictement 120 µg/m³. Pour obtenir le nombre de jours moyen sur une période de trois années (2018, 2019 et 2020), les statistiques de zone ont été calculées à partir des fichiers raster dans QGIS.

L'exposition de la population aux différents polluants a été calculée pour l'année 2020 en utilisant la population de 2017 comme base. Les données relatives à la répartition de la population par immeuble d'habitation ont été utilisées pour estimer la proportion de la population exposée par IRIS. Ces données ont été fournies par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air. La méthode utilisée repose sur les statistiques de zone des fichiers raster dans QGIS.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

L'indice de végétation normalisé a été calculé pour la période de juillet 2021. Pour cela, un traitement d'images a été effectué en utilisant les données provenant du satellite Sentinel-2, qui offre une résolution spatiale de 10 mètres. Ce traitement a été réalisé à l'aide du logiciel QGIS.

Le processus de calcul de l'indice NDVI sur QGIS implique plusieurs étapes. Tout d'abord, les images Sentinel-2 correspondantes à la période de juillet 2021 ont été sélectionnées. Ensuite, le calcul du NDVI a été réalisé en utilisant la formule standard :

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NIR représente la réflectance dans le proche infrarouge et Red représente la réflectance dans le rouge. Cette formule permet de quantifier la quantité et la densité de la végétation présente dans une zone donnée. Une fois les valeurs du NDVI attribuées à chaque pixel, elles ont été agrégées à l'échelle des IRIS. Cela signifie que pour chaque IRIS, une valeur de NDVI moyenne a été calculée à partir des pixels correspondants à cette zone. Le résultat de ce traitement est une carte de l'indice de végétation normalisé à l'échelle des IRIS, qui indique la densité de la végétation dans chaque zone géographique spécifique.

Population ayant accès à un espace vert d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 mètres

Les données utilisées pour estimer la part de la population ayant accès à un espace vert d'au moins 0,5 hectare dans un rayon de 300 mètres sont basées sur les recommandations de l'OMS formulées en 2016. L'OMS propose un indicateur lié aux bénéfices sanitaires des espaces verts, qui consiste à évaluer la proportion de la population résidant à moins de 300 mètres d'une surface verte d'au moins 0,5 hectare (OMS, 2016).

Dans le cadre de cette thèse, la norme des 300 mètres a été utilisée pour estimer la part de la population ayant accès à un espace vert d'au moins 0,5 hectare. Les données de population spatialisée par immeuble d'habitation ont été utilisées, tandis que les données sur les espaces verts sont issues de l'OCS^{2D} de 2015. Les espaces verts retenus sont les espaces verts publics, les espaces boisés et les forêts.

La formule de calcul appliquée est la suivante :

$$x = \frac{a * 100}{b}$$

x : la part de la population ayant accès à un espace verts d'au moins 0,5 ha

a : le nombre d'habitants dans un rayon de 300 mètres autour d'un espace verts d'au moins 0,5 ha

b : le total des habitants par IRIS

Montant des services écosystémiques rapportés à la population

Cette variable a été calculée suivant la méthode déployée dans CISTERRES inspirée de la méthode de Estoque et Murayama (2014). A partir de l'OCS^{2d}, les superficies des zones « urbaines », « terres cultivées et/ou arables », des « prairies » et des « forêts » ont été calculées en hectares à l'aide de Qgis. Ensuite, les valeurs monétaires pour les services écosystémiques fournis par ces quatre catégories ont été identifiées dans la base de données d'évaluation de l'économie des écosystèmes et de la biodiversité « *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) » (Méral, 2016).

Les valeurs monétaires retenues sont les suivantes :

- Urbain : 6 111 USD/ha/an,
- Prairies : 2 789 USD/ha/an,
- Forêts : 3 789 USD/ha/an,
- Terres cultivées et/ou arables : 2 140 USD/ha/an.

La variable a été calculée comme suit :

$$x = \frac{\Sigma (\text{superficie de chaque catégorie} * \text{la valeur monétaire de la catégorie})}{\text{population totale}}$$

Part de la population exposée aux effets des îlots de chaleur urbains

À partir d'une modélisation des îlots de chaleur urbains réalisée par l'ADULM, la zone climatique chaude (aléa ICU) a été identifiée. Ensuite, la proportion de la population résidant dans cette zone a été calculée à partir des données du fichier de distribution de la population par immeuble d'habitation.

La formule appliquée est la suivante :

$$x = \frac{a * 100}{b}$$

a : nombre d'habitants dans la zone climatique chaude

b : total d'habitants par IRIS

Population résidant à proximité des canalisations de transport de matières dangereuses (gaz)

Cette variable vise à estimer la proportion de la population résidant à proximité des canalisations de transport de matières dangereuses, en particulier celles liées au gaz. On mesure cette proportion en déterminant le nombre de résidents vivant dans un rayon de 720 mètres autour de ces canalisations, puis en multipliant ce nombre par 100 et en le divisant par le nombre total d'habitants de chaque IRIS.

Cette mesure est importante pour évaluer le risque d'explosion potentiel en cas de fuite des canalisations de gaz. Le rayon d'exposition de 720 mètres a été établi selon les normes de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris, 2016), qui ont déterminé que cette distance représente une zone à risque significatif.

Population résidant à proximité des lignes à haute tension

La variable calculée représente le pourcentage de résidents vivant dans un rayon de 200 mètres autour des lignes à haute tension par rapport au nombre total de résidents de chaque IRIS. Pour calculer ce pourcentage, nous avons utilisé le logiciel QGIS pour créer des buffers de 200 mètres autour des tracés des lignes à haute tension. Ensuite, le nombre de résidents situés à l'intérieur de ces buffers a été calculé pour chaque IRIS. Cette valeur a été rapportée au total des habitants par IRIS et exprimée en pourcentage. La distance de 200 mètres a été choisie en se basant sur les conclusions de plusieurs études, dont celle menée par Draper et al. (2005). Dans cette étude, l'indicateur d'exposition utilisé était la distance à la ligne la plus proche de la maison de l'enfant au moment de sa naissance, sans prendre en compte les

éventuels déménagements ultérieurs. Les résultats de cette étude ont montré un risque accru de leucémie, à une distance de 200 mètres d'une ligne à haute tension (Draper et al., 2005).

Population exposée aux champs électromagnétiques des antennes relais

Ce calcul permet d'évaluer la proportion de la population vivant à proximité des antennes relais qui est potentiellement exposée à des champs magnétiques. En se référant aux seuils d'exposition maximale établis dans une étude réalisée par Viel et al. en 2009, qui indique une exposition maximale de 280 m en milieu urbain et 1 km en milieu rural (Viel et al., 2009), des zones tampons ont été créées autour des antennes relais à l'aide de QGIS. Ensuite, le nombre de résidents se trouvant à l'intérieur de ces zones a été calculé pour chaque IRIS, et exprimé en pourcentage par rapport au total de la population résidant dans chaque IRIS.

Densité d'équipements et services pour 1000 habitants

La densité des équipements et services tous types confondus (commerce, enseignement, sport, loisir, culture, santé, services aux particuliers) a été calculée à partir des données de la Base Permanente des Equipements (BPE) de l'Insee. La formule utilisée pour ce calcul est la suivante :

$$x = \frac{a * 1000}{b}$$

a : Nombre d'équipements et services

b : totale de la population par IRIS

Éloignement aux équipements et services

Pour le calcul de deux variables de la dimension caractéristique urbaine, à savoir l'éloignement aux équipements et services et l'éloignement aux équipements sportifs, ainsi que la variable de la dimension santé sur l'éloignement aux établissements de soins, les calculs ont été effectués en utilisant le distancier METRIC. Le distancier METRIC nous a permis d'obtenir l'éloignement en mètres ainsi qu'en minutes du point le plus proche de chaque équipement par la route.

Les variables socio-économiques

Les variables appartenant à la dimension sociale et économique sont principalement des données provenant de l'Insee, qui ont été exprimées en pourcentage.

A ce stade, toutes les variables sont exprimées par des unités différentes, ce qui rend difficile de les intégrer au sein d'un seul indice composite. Pour résoudre ce problème, une normalisation des données a été effectuée. Chacune des variables a été normalisée à l'aide de la méthodologie du score z. Ainsi, chaque unité spatiale a une valeur avec une moyenne de 0 et un écart-type de 1.

Ensuite, une matrice de corrélation a été établie sur l'ensemble des variables standardisées. Cela a permis d'identifier les variables qui étaient fortement corrélées entre elles en référence au coefficient de corrélation de Spearman compris entre $[|0,2|; |0,6|]$. Ces variables ont été

supprimées pour éviter la redondance de l'information et pour éviter que l'indice de vulnérabilité et l'indice de résilience ne soient influencés par des variables qui mesurent essentiellement la même chose.

Pour l'indice composite de vulnérabilité, 36 variables ont été prises en compte, telles que la concentration annuelle moyenne des différents polluants ($PM_{2.5}$, NO_2), l'exposition au bruit, la précarité énergétique logement, la part de la population vulnérable (personnes âgées, enfants de moins de 5 ans, étrangers, etc.). Pour l'indice de résilience, 22 variables ont été utilisées, y compris des indicateurs tels que la densité et la diversité des équipements, l'accessibilité aux espaces verts publics, la participation communautaire, etc. La liste des variables composants les deux indices est représentée dans le tableau B dans l'annexe 2.

Pour calculer ces indices, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été utilisée. L'ACP est une méthode statistique qui permet de réduire le nombre de variables en les regroupant en composantes qui représentent les tendances principales des données. Dans ce cas, l'ACP a été utilisée pour combiner les 36 variables pour l'indice de vulnérabilité et les 22 variables pour l'indice de résilience en un nombre plus restreint de composantes. Une fois les composantes définies, une rotation VARIMAX des axes de l'ACP a été réalisée pour améliorer la lisibilité et l'interprétation des résultats.

Une fois que les indices de vulnérabilité et de résilience ont été calculés, il est nécessaire de les représenter sous forme de cartes pour une visualisation claire des résultats. Pour cela, la méthode de discrétisation de Jenks a été utilisée. La discrétisation est le processus de classification des données continues en catégories discrètes ou classes. La méthode de discrétisation de Jenks est une technique utilisée pour discrétiser ou regrouper des données numériques en classes ou en catégories distinctes. Elle vise à minimiser les différences à l'intérieur des classes et à maximiser les différences entre les classes. Elle permet de créer des classes homogènes en termes de vulnérabilité ou de résilience, en fonction des valeurs des indices.

Pour appliquer cette méthode, les valeurs de chaque indice ont été triées par ordre croissant, puis divisées en quatre classes distinctes : très faible, faible, élevé et très élevé. La méthode de Jenks a permis de définir statistiquement les seuils optimaux pour chaque classe, en minimisant la variance intra classe et en maximisant la variance interclasse. Une fois que les seuils ont été déterminés, chaque IRIS a été assigné à une classe de vulnérabilité ou de résilience en fonction de la valeur de son indice. Les IRIS présentant les valeurs les plus élevées de l'indice sont classées dans les catégories les plus élevées de vulnérabilité ou de résilience, tandis que les zones présentant les valeurs les plus faibles sont classées dans les catégories les plus faibles. Les seuils intermédiaires séparant les classes supérieures (très élevé et élevé) et les deux classe inférieures (faible et très faible) ont permis de constituer deux classes pour chaque indice « très élevée haute » et « très faible basse » afin de permettre l'interprétation conjointe des deux indices.

L'interprétation conjointe des deux indices permet d'aboutir à une caractérisation des territoires en fonction de leur vulnérabilité et de leur résilience en distinguant 4 catégories de territoires, à savoir :

- **Territoires fragiles** : cette catégorie correspond aux territoires vulnérables qui ne possèdent pas de potentiel ou de ressources à mobiliser face aux IESS.
- **Territoires fragiles avec capacité à mobiliser des ressources** : cette catégorie correspond à des territoires vulnérables, mais qui, dans le même temps, possèdent des ressources à mobiliser pour faire face aux IESS.
- **Territoires à surveiller** : cette catégorie correspond aux territoires non vulnérables mais qui ne possèdent pas de potentiel ou bien des ressources à mobiliser face à d'éventuelles perturbations.
- **Territoires résilients** : ces territoires sont peu vulnérables et ont un fort potentiel résilient. Ils peuvent sous certains aspects être considérés comme des démonstrateurs à partir desquels de bonnes pratiques pourraient être reprises (Lanier et al., 2019).

L'indice de Moran a été calculé pour mesurer l'autocorrélation spatiale, cet indice évalue si les valeurs similaires sont regroupées spatialement. L'indice de Moran est borné par -1 et 1. Si l'indice est positif et proche de 1, cela indique une forte autocorrélation spatiale positive. Cela signifie que les valeurs similaires ont tendance à être regroupées ensemble. Si l'indice est positif et proche de 0, cela indique une faible autocorrélation spatiale positive. Cela implique que les valeurs similaires sont légèrement regroupées, mais le regroupement n'est pas très prononcé. Si l'indice est négatif et proche de -1, cela indique une forte autocorrélation spatiale négative. Cela signifie que les valeurs similaires sont réparties de manière dispersée dans l'espace, formant des motifs de dispersion. Cela peut suggérer l'existence de zones contrastées avec des valeurs élevées entourées de valeurs basses et vice versa.

Si l'indice est négatif et proche de 0, cela indique une faible autocorrélation spatiale négative. Cela implique que les valeurs similaires sont légèrement dispersées, mais le niveau de dispersion n'est pas très marqué (Oliveau, 2010).

II.1.3. Modèle d'analyse des profils des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine

Dans la continuité de la phase de classification des IRIS en fonction de leur indice de vulnérabilité et de leur capacité de résilience en quatre classes (fragiles, fragiles avec capacité à mobiliser des ressources, à surveiller et résilients), un modèle des enjeux de santé du territoire a été élaboré dans le but de mieux décrire le profil des IRIS appartenant à chaque classe.

Ce modèle est un outil essentiel pour comprendre et analyser les inégalités environnementales et sociales en matière de santé. Il permet d'adapter les politiques publiques aux problématiques spécifiques identifiées. Son objectif principal est de pousser plus loin l'analyse territoriale et de mieux comprendre les facteurs de vulnérabilité et de résilience qui prédominent dans chacune des quatre catégories. Sa méthodologie repose sur la comparaison des quatre classes de territoires (fragiles, fragiles avec capacité à mobiliser des ressources, à surveiller et résilients) pour l'identification des facteurs prédominants dans chaque catégorie.

Le travail a été mené sur l'agglomération centrale (n= 391 IRIS) et la couronne métropolitaine (n= 137 IRIS) du SCoT de Lille Métropole séparément. La distribution des IRIS des deux périmètres d'étude au sein des classes est représentée dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7: nombre d'IRIS par périmètre

Classes	IRIS Agglomération centrale	IRIS Couronne métropolitaine
Fragiles	118	52
Fragiles avec capacité	114	14
A surveiller	116	13
Résilients	43	58

Chaque périmètre (l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine) est composé de quatre échantillons indépendants, le calcul a été réalisé sur les données brutes des 58 variables composant les deux indices (36 variables de l'indice de vulnérabilité et 22 variables de l'indice de résilience). Le calcul a été réalisé sur XLSTAT version 2022.

Le schéma ci-dessous (Figure 6) montre les différentes étapes suivies pour la réalisation de ce travail.

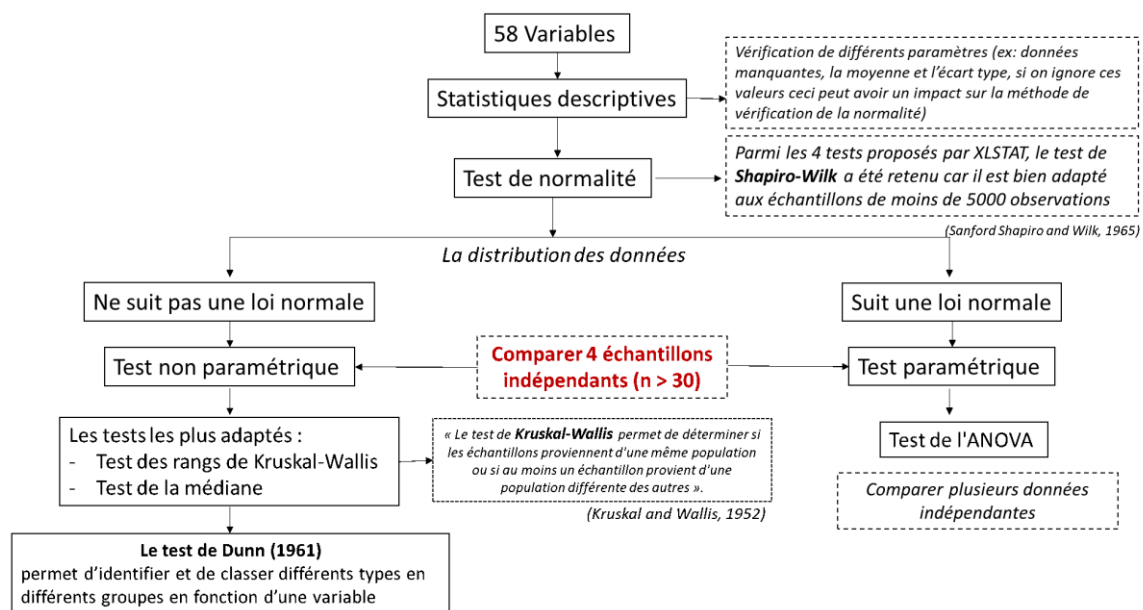


Figure 6 : processus d'élaboration du modèle d'analyse des profils des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine

Etape 1 : statistiques descriptives

La première étape de l'analyse de données a consisté à réaliser des statistiques descriptives, sur les 58 variables utilisées pour calculer l'indice de vulnérabilité et l'indice de résilience. Cette étape a permis de vérifier différents paramètres, tels la moyenne et l'écart type de chaque variable. La vérification des données manquantes est importante car elle permet de garantir la qualité des données et d'éviter des erreurs dans l'analyse. La moyenne et l'écart type permettent de mieux comprendre la distribution des données et de déterminer s'il existe des valeurs aberrantes qui pourraient fausser l'analyse. Cette première étape est donc essentielle pour garantir la validité et la fiabilité des résultats de l'analyse. Le tableau ci-dessous (Tableau 8) présente les résultats des statistiques descriptives établies sur les 58 variables pour l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine. Les mesures statistiques incluses sont la moyenne, l'écart type, la médiane, le premier quartile (Q1) et le troisième quartile (Q3) ainsi que la p-value du test de Shapiro-Wilk.

Etape 2 : test de normalité

La deuxième étape de l'analyse des données consiste à appliquer un test de normalité pour vérifier si les données suivent une loi normale, c'est-à-dire si elles sont symétriques et centrées autour de la moyenne, ou non, ce qui permettra de choisir les méthodes statistiques appropriées pour l'analyse. Dans le cas présent, le test de Shapiro-Wilk a été utilisé pour vérifier la normalité des données. Ce test a été retenu car il est mieux adapté à l'échantillon étudié, qui comporte moins de 5000 observations et dont l'écart type et la moyenne des différentes variables sont connus (Sanford Shapiro & Wilk, 1965). Dans le cas où les résultats du test démontrent que les données suivent une loi normale ($p < 0,05$), cela signifie que les méthodes statistiques basées sur la loi normale (test paramétriques) peuvent être utilisées pour l'analyse. En revanche, si les données ne suivent pas une loi normale ($p > 0,05$), d'autres méthodes statistiques doivent être utilisées pour analyser les données (test non paramétriques).

L'application d'un test de normalité est une étape importante dans l'analyse des données car elle permet de choisir les méthodes statistiques appropriées pour l'analyse. Après avoir vérifié la normalité des données, il a été constaté que seule une variable suit une loi normale dans le cas de l'agglomération centrale, à savoir la part des enfants de moins de 5 ans. En revanche, 57 autres variables ne suivent pas une loi normale. Concernant la couronne métropolitaine, quatre variables ne suivent pas la loi normale, à savoir la part des familles monoparentales, la part des personnes peu/non diplômées, la part des résidences construites entre 1991 et 2005 et la part des actifs se déplaçant en voiture.

Tableau 8: statistiques descriptives établies sur les 58 variables pour l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine

Variables	Agglomération centrale				Couronne métropolitaine			
	Moyenne	Ecart-type (n-1)	Médiane – [Q1 ; Q3]	p-value	Moyenne	Ecart-type (n-1)	Médiane – [Q1 ; Q3]	p-value
Part des personnes âgées de 65 ans et plus	14,4	6,0	13,4 - [10,1 ; 18,0]	<0,0001	16,9	3,5	16,9 - [15,0 ; 19,0]	<0,0001
Part des étrangers	9,0	8,9	6,2 - [3,5 ; 11,0]	<0,0001	2,0	1,9	1,3 - [0,9 ; 2,2]	<0,0001
Part des familles monoparentales	20,9	8,2	19,8 - [14,5 ; 25,8]	<0,0001	12,9	5,2	12,4 - [9,2 ; 15,5]	<0,0001
Part des enfants de moins de 5 ans	8,3	2,7	8,1 - [6,5 ; 10,1]	0,639	7,2	1,4	7,0 - [6,2 ; 7,9]	<0,0001
Part des personnes veuves	5,2	2,3	4,8 - [3,4 ; 6,4]	<0,0001	5,3	1,5	5,1 - [4,4 ; 5,9]	<0,0001
Part des personnes divorcées	5,3	1,7	5,0 - [4,2 ; 6,3]	<0,0001	4,2	1,2	4,0 - [3,4 ; 4,8]	<0,0001
Part des familles nombreuses	9,8	6,1	8,9 - [6,9 ; 11,9]	<0,0001	8,2	2,4	8,3 - [6,7 ; 9,6]	0,288
Part des ménages d'une seule personne	37,0	12,6	35,1 - [28,5 ; 42,7]	<0,0001	24,3	5,8	23,2 - [20,1 ; 27,4]	<0,0001
Part des personnes peu/non diplômées	42,8	15,6	44,0 - [34,02 ; 55,5]	<0,0001	41,8	9,1	41,0 - [35,6 ; 47,8]	0,761
Part des inactifs	29,8	8,7	27,6 - [24,2 ; 33,3]	<0,0001	24,8	3,1	24,5 - [22,8 ; 26,2]	<0,0001
Part des ouvriers	20,9	11,1	19,5 - [11,5 ; 29,5]	<0,0001	17,4	8,0	15,9 - [12,1 ; 21,7]	<0,0001
Part des résidences construites avant 1919	5,4	5,4	4,2 - [1,6 ; 7,6]	<0,0001	8,6	5,9	7,7 - [3,8 ; 12,5]	<0,0001
Part des résidences construites entre 1919-1945	25,0	17,7	22,8 - [10,7 ; 36,3]	<0,0001	16,0	9,1	14,1 - [9,6 ; 19,9]	<0,0001
Part des résidences construites entre 1946-1990	50,7	21,9	48,5 - [35,1 ; 67,0]	<0,0001	45,8	13,2	43,4 - [36,9 ; 51,5]	<0,0001
Part des résidences construites entre 1991-2005	9,5	8,4	7,0 - [3,1 ; 13,0]	<0,0001	15,7	5,9	15,9 - [12,2 ; 19,8]	0,285
Part des ménages en précarité énergétique	14,1	5,9	13,6 - [10,3 ; 17,3]	<0,0001	11,6	3,8	11,0 - [8,8 ; 13,6]	<0,0001
Eloignement à l'équipement le plus proche (tous types confondus) par la route	0,7	0,3	0,7 - [0,5 ; 0,9]	<0,0001	6,7	64,1	1,0 - [0,9 ; 1,1]	<0,0001

Eloignement en mètre à l'équipement sportif le plus proche par la route	467,4	244,0	400 - [300 ; 555]	<0,0001	7316,7	48183,3	934,0 - [679,0 ; 1263,0]	<0,0001
Densité d'accidents de la route	0,6	1,0	0 - [0 ; 0,9]	<0,0001	0,2	0,4	0,1 - [0,0 ; 0,3]	<0,0001
Part des actifs occupés se déplaçant en voiture	64,8	15,7	67,2 - [54,3 ; 76,7]	<0,0001	83,2	5,1	83,8 - [79,6 ; 86,4]	0,144
Concentration moyenne du NO ₂	18,9	3,4	18,6 - [16,9 ; 20,4]	<0,0001	12,5	2,7	11,7 - [10,8 ; 13,8]	<0,0001
Concentration moyenne du PM _{2,5}	14,0	0,5	13,9 - [13,7 ; 14,1]	<0,0001	12,9	0,4	12,8 - [12,6 ; 13,2]	<0,0001
Nombre de jours dans l'année comportant au moins une moyenne glissante sur 8 heures consécutives strictement supérieure à 120 µg/m3 de l'Ozone (O ₃)	15,0	1,1	15 - [14 ; 16]	<0,0001	16,4	1,6	16,0 - [15,0 ; 18,0]	<0,0001
Densité sites et sols pollués	7,1	5,9	6,0 - [3,2 ; 9,8]	<0,0001	3,4	3,6	2,1 - [1,4 ; 3,4]	<0,0001
Densité des cavités souterraines	1,2	4,7	0 - [0 ; 0]	<0,0001	0,1	0,6	0,0 - [0,0 ; 0,0]	<0,0001
Densité ICPE	1,0	4,1	0 - [0 ; 0,6]	<0,0001	0,4	0,8	0,1 - [0,0 ; 0,5]	<0,0001
Surface foncier vacant	12201,7	26169,5	2072,7 - [0 ; 10471,2]	<0,0001	14199,4	21707,3	5411,6 - [1526,0 ; 17353,5]	<0,0001
Population exposée au risque des canalisations de transport de matières dangereuses (gaz)	11,6	27,8	0 - [0 ; 0]	<0,0001	17,2	28,3	0,0 - [0,0 ; 27,2]	<0,0001
Population exposée au bruit	81,5	20,9	88,5 - [66,3 ; 100]	<0,0001	43,8	32,2	43,1 - [17,3 ; 70,1]	<0,0001
Risque lignes haute tension	3,5	10,7	0 - [0 ; 0]	<0,0001	3,4	7,1	0,5 - [0,0 ; 4,0]	<0,0001
Zones retrait gonflement des argiles	78,0	40,1	100 - [94,5 ; 100]	<0,0001	69,7	36,6	97,5 - [35,0 ; 100,0]	<0,0001
Population exposée aux PM ₁₀	97,3	8,4	99,9 - [99,9 ; 100]	<0,0001	99,8	0,7	100,0 - [100,0 ; 100,0]	<0,0001
Population exposée aux effets des îlots de chaleur urbains	79,6	21,2	87,4 - [69,6 ; 100]	<0,0001	79,3	23,2	87,5 - [69,7 ; 100,0]	<0,0001
Population exposée au risque des ondes électromagnétique issus des antennes relais	57,0	28,9	59,6 - [37,6 ; 79,5]	<0,0001	19,3	21,9	12,1 - [0,9 ; 31,3]	<0,0001
Part des zones inondables	51,2	44,8	55,2 - [0 ; 100]	<0,0001	51,7	36,9	59,0 - [5,7 ; 85,7]	<0,0001
Éloignement à l'établissement de soins le plus proche par la route (km)	1,3	0,5	1,2 - [1,0 ; 1,6]	<0,0001	4,3	28,2	1,6 - [1,3 ; 1,9]	<0,0001

Part des participants aux élections municipales	38,4	21,3	37,3 - [23,4 ; 50,9]	<0,0001	56,2	20,7	59,8 - [42,8 ; 72,2]	<0,0001
Nombre des jardins familiaux	0,5	1,0	0 - [0 ; 1]	<0,0001	0,7	1,0	0,0 - [0,0 ; 1,0]	<0,0001
Revenus	19052,5	7084,3	18930 - [14055 ; 23535]	<0,0001	21865,7	3541,8	21700 - [19600 ; 32200]	<0,0001
Part des logements sociaux	49,4	34,0	42,1 - [18,9 ; 87,6]	<0,0001	25,7	24,0	17,8 - [6,1 ; 38,5]	<0,0001
Part des résidences occupées à titre gratuit	1,2	1,1	0,9 - [0,5 ; 1,5]	<0,0001	1,3	0,9	1,1 - [0,7 ; 1,6]	<0,0001
Part des résidences construites entre 2006-2014	7,5	7,5	4,8 - [1,6 ; 10,8]	<0,0001	11,3	7,0	9,7 - [6,2 ; 16,6]	<0,0001
Densité des équipements et services	31,5	22,9	25,9 - [18,9 ; 37,1]	<0,0001	27,6	12,3	25,8 - [19,4 ; 33,4]	<0,0001
Diversité des équipements et services	29,6	12,5	28 - [21 ; 37]	<0,0001	31,1	14,4	29,0 - [21,0 ; 42,0]	<0,0001
Densité des stations de transport en commun	7,1	5,9	6,0 - [3,2 ; 9,8]	<0,0001	3,4	3,6	2,1 - [1,4 ; 3,4]	<0,0001
Densité des stations de vélos	0,2	0,3	0 - [0,007 ; 0,2]	<0,0001	0,3	0,9	0,0 - [0,0 ; 0,3]	<0,0001
Part des voies cyclables	29,3	26,1	22,4 - [9,8 ; 41,1]	<0,0001	8,1	10,3	4,7 - [1,1 ; 10,0]	<0,0001
Part des zones 30	34,4	24,9	27,6 - [15,4 ; 50,1]	<0,0001	13,3	14,0	10,0 - [0,7 ; 20,8]	<0,0001
Part des actifs occupés se déplaçant à pied	6,9	4,7	5,9 - [3,7 ; 8,5]	<0,0001	3,2	2,4	2,7 - [1,5 ; 4,5]	<0,0001
Part des actifs occupés se déplaçant en vélo	3,2	2,4	2,6 - [1,4 ; 4,3]	<0,0001	1,3	1,1	1,2 - [0,5 ; 1,9]	<0,0001
Part des actifs occupés travaillant dans leur commune de résidence	31,4	16,1	27,9 - [17,6 ; 44,0]	<0,0001	16,5	5,8	15,9 - [12,3 ; 20,0]	<0,0001
Prime sérénité ANAH	16,4	9,3	16,2 - [8,8 ; 23,5]	<0,0001	22,0	5,8	21,2 - [18,5 ; 24,5]	<0,0001
Prime AREL	0,1	0,1	0 - [0 ; 0,1]	<0,0001	0,1	0,1	0,0 - [0,0 ; 0,1]	<0,0001
NDVI	0,4	0,1	0,4 - [0,3 ; 0,5]	<0,0001	0,6	0,1	0,6 - [0,5 ; 0,6]	<0,0001
Part de la population accessible à un espace vert public d'au moins 0,5 ha	25,8	28,3	16,1 - [0,1 ; 43,0]	<0,0001	24,0	19,1	19,5 - [7,5 ; 36,4]	<0,0001
Monétarisation des services écosystémiques	219,6	508,1	138,1 - [94,0 ; 229,3]	<0,0001	606,4	621,9	491,1 - [272,6 ; 735,0]	<0,0001
Densité des établissements de soins	7,3	8,2	5,5 - [2,4 ; 10,1]	<0,0001	6,0	4,6	5,5 - [3,2 ; 8,5]	<0,0001
Diversité des établissements de soins	5,5	3,8	5 - [3 ; 8]	<0,0001	5,3	3,6	5,0 - [3,0 ; 7,0]	<0,0001

Etape 3 : choix du test statistique

La troisième étape de l'analyse des données consiste à appliquer des tests statistiques appropriés sur les variables afin de déterminer si les quatre échantillons correspondants aux quatre classes de territoires sont significativement différents les uns des autres. Pour la variable qui suit une loi normale une ANOVA a été appliquée. Ce test permet de déterminer si les moyennes de plusieurs groupes sont statistiquement différentes les uns des autres.

En revanche, pour les 57 variables qui ne suivent pas une loi normale, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) a été appliqué. Ce test permet de déterminer si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente des autres. La p-value du test de Kruskal-Wallis nous indique la probabilité de rejeter ou non l'hypothèse nulle d'absence de différence significative entre les classes par rapport à une variable X. Dans le cas où la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 (les échantillons proviennent de la même population), et retenir l'hypothèse alternative H_a (les échantillons proviennent de populations différentes).

Enfin, pour identifier des groupes de comparaison homogènes, le test de Dunn a été appliqué. Ce test permet d'identifier des groupes qui ont des moyennes similaires et qui ne diffèrent pas significativement les uns des autres.

II.2. Approche projets : quartier Cul-de-Four à Roubaix et quartier Montebello à Lille-Wazemmes

II.2.1. Sélection des projets d'aménagement

Dans le but de vérifier la pertinence des indices composites dans l'accompagnement de la prise en compte de la santé dans les opérations d'aménagement urbain, nous avons mené une expérimentation sur deux projets d'aménagement situés dans des quartiers présentant des typologies variées et complémentaires. L'objectif était de comprendre les facteurs de vulnérabilité et de résilience propres à chaque quartier, afin d'établir un scénario permettant de mieux prendre en compte les enjeux identifiés dans la proposition d'aménagements.

Cette démarche garantit une approche globale et intégrée des enjeux de santé dans l'aménagement urbain. L'objectif principal était d'analyser deux projets présentant des caractéristiques différentes. Les critères de sélection des projets sont liés à plusieurs aspects. Tout d'abord, les IRIS des deux projets doivent appartenir à la catégorie des territoires fragiles et/ou des territoires fragiles avec la capacité à mobiliser des ressources, garantissant ainsi la présence des enjeux de vulnérabilité et de résilience dans ces quartiers. Deuxièmement, les projets doivent être à l'étape de conception pour s'assurer que les conclusions découlant de ce travail puissent être intégrées en phase réalisation. Troisièmement, la motivation du chef de projet ainsi que la disponibilité des acteurs à s'impliquer constituent également des critères importants pour la sélection des projets. Ces éléments assurent l'implication et l'engagement des parties prenantes dans la démarche.

Au final, deux projets ont été retenus pour l'expérimentation : le projet d'aménagement de Montebello dans le quartier de Wazemmes, situé dans un IRIS appartenant à la catégorie des territoires fragiles, et le projet Cul-de-Four à Roubaix, un quartier figurant dans la catégorie des territoires fragiles avec une capacité à mobiliser des ressources. Cette sélection de projets nous a permis de travailler sur des typologies variées et complémentaires, afin de mieux appréhender les enjeux de santé liés à l'aménagement du territoire.

II.2.2. Le projet Montebello

A. Contexte historique du quartier de Wazemmes

Situé dans la ville de Lille, le quartier de Wazemmes accueille 26 000 habitants. Il occupe la troisième place en termes de population, juste derrière les quartiers de Lille-Centre et de Lomme. Autrefois connu sous le nom de Faubourg Notre Dame, Wazemmes a connu un développement progressif qui a débuté au XIXe siècle. À cette époque, le quartier a été témoin d'une industrialisation spectaculaire, attirant de nombreuses brasseries et filatures. Ces industries ont contribué à l'essor économique du quartier, créant de l'emploi et attirant une population locale en quête de travail et d'opportunités. Mais c'est en 1858, avec son intégration au territoire de Lille, que Wazemmes a réellement connu une transformation majeure. Cette intégration a ouvert de nouvelles perspectives pour le quartier, favorisant sa croissance démographique et son développement urbain. Wazemmes s'est progressivement transformé en un quartier ouvrier, accueillant des travailleurs venant de divers horizons pour participer à l'essor industriel de la région¹.

Quartier multiculturel, il se caractérise aujourd'hui par une mixité sociale et un dynamisme associatif (le Biplan, la Malterie, la Verrière...) qui se manifeste au travers d'événements comme la Fête de la Soupe chaque 1^{er} mai ou son festival de l'accordéon. Il est aussi réputé pour son marché qui accueille chaque dimanche plusieurs visiteurs² (Figure 7). Wazemmes est également connue par la présence de nombreux étudiants et le dynamisme commercial de ses rues. Plusieurs équipements sportifs et culturels sont présents, avec notamment le complexe sportif Jacqueline Oriol et la maison Folie qui accueille tout au long de l'année des spectacles, des expositions, des manifestations diverses.



Figure 7: les halles de Wazemmes 1934 - 2023 (source photo de 1934 : lilledantan)

¹ http://www.lilledantan.com/wazemmes_chapitre.htm

² <https://www.lille.fr/>

B. Composition de l'IRIS Montebello

Montebello est situé au cœur de Wazemmes. En 2017, l'IRIS comptait environ 2 170 résidents, selon les données de l'Insee. Occupant une superficie de 20,80 hectares (la moyenne des IRIS de Lille est de 30,8 hectares). Montebello présente une densité de population de 104,2 habitants par hectare, la moyenne des IRIS de Lille est légèrement supérieure, avec 107,2 habitants par hectare.

Montebello est confronté à divers défis socioéconomiques. L'un de ces défis réside dans la proportion élevée de ménages vivant sous le seuil de pauvreté, qui atteint 31,5% dans l'IRIS. Cette valeur est supérieure à la moyenne des IRIS de Lille, qui est de 28%. Cette donnée met en évidence les inégalités sociales et économiques auxquelles une partie de la population de Montebello est confrontée. L'indice de désavantage social, nommé « FDep » a été évalué à 0,9, la moyenne nationale est de 0,29 et la moyenne régionale est de 0,67 (valeurs de 2009). Cet indice a été créé pour fournir un indicateur géographique du désavantage social spécifiquement adapté aux études de santé sur la population Française, en prenant en compte les variables suivantes : le taux de chômage dans la population active de 15 à 64 ans, le taux d'ouvriers dans la population active de 15 à 64 ans, le taux de bacheliers dans la population non scolarisée des plus de 15 ans et le revenu médian déclaré par Unité de Consommation.

Montebello présente une organisation spatiale avec différentes zones dédiées à des fins spécifiques. Il est composé d'une zone d'habitat, qui occupe une superficie de 9 hectares. Cette zone est principalement résidentielle et abrite une partie importante de la population du quartier. On y trouve divers types de logements, tels que des appartements, des maisons individuelles ou des immeubles collectifs (Figure 8).

Une autre partie du quartier est dédiée aux services et usages collectifs, couvrant une superficie de 9 hectares. Cette zone comprend des équipements et des infrastructures destinés à répondre aux besoins de la population, tels des équipements sportifs et culturels, ainsi que des commerces de proximité.

Une zone plus petite, d'environ 0,6 hectare, est dédiée aux activités économiques secondaires et tertiaires. Cela peut inclure des commerces, des bureaux, des services professionnels etc.

Il convient également de mentionner que le reste de la superficie de l'IRIS est occupé par les réseaux de transport. Ces infrastructures comprennent des routes, des voies de circulation, des arrêts de transport en commun et d'autres éléments essentiels pour assurer la mobilité des résidents et des visiteurs.

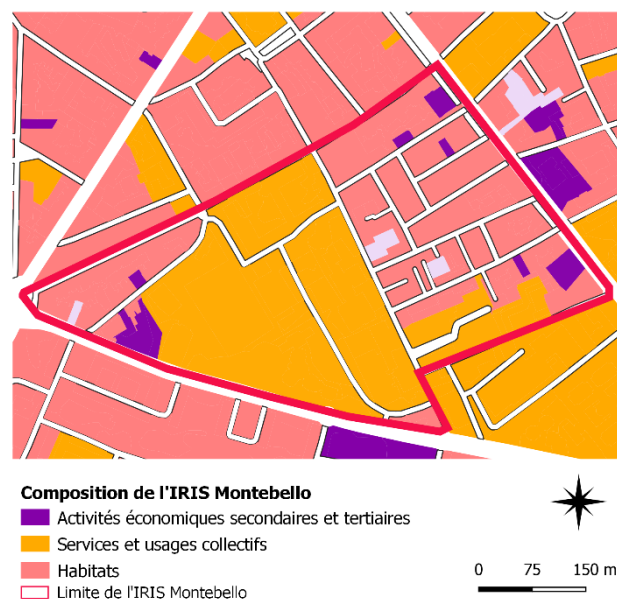


Figure 8 : composition de l'IRIS Montebello

II.2.3. Le projet Cul-de-Four

A. Contexte historique du quartier Cul-de-Four

Le quartier Cul-de-Four, situé dans le nord de Roubaix, a connu une histoire marquée par des projets de rénovation et de transformation urbaine. Bordé par le canal au nord, la rue de Tourcoing à l'ouest et la rue Daubenton à l'est, ce quartier a été le champ de plusieurs initiatives visant à améliorer les conditions de vie de ses habitants.

Le quartier du Cul de four s'est développé progressivement au XIXe siècle. Une première voie, qui deviendra plus tard les rues Saint Joseph, Turgot et Cadeau, était empruntée pour se rendre à Tourcoing. En 1835-1836, la rue de Tourcoing a été ouverte, favorisant l'industrialisation du quartier le long de son tracé, comme en témoignent les noms des rues Duflot et Jacquard. La construction du Couvent Saint Joseph et de l'église Saint François d'Assise a débuté en 1857 et s'est achevée en 1860. Le quartier de Saint Joseph s'est construit autour de ces nouveaux édifices. De nouvelles rues ont été ouvertes, dont la rue de Flandre et la rue St Joseph en 1857, et la rue Daubenton en plusieurs étapes entre 1860 et 1875. La réalisation du nouveau tracé du canal dans les années 1870 a renforcé l'activité du quartier (Figure 9). Au début du XXe siècle, le quartier a pris sa configuration actuelle. De nouvelles rues sont apparues dans les années 1880, telles que Léna, Wagram, Marengo et Meyerbeer, accueillant diverses activités. La jonction entre la rue de Tourcoing et le boulevard de Metz s'est faite dans les années 1890 à 1900 avec les rues Voltaire et Rollin. La place du Progrès a été créée en 1896, marquant la fin de la structuration du quartier, comprenant l'appropriation de l'ancien fort Bayart en rue et la création des rues Grétry et Labruyère en 1891 (PWARET, 2013).



Figure 9: le canal de Roubaix Quais d'Anvers et de Gand Photo Nord Eclair

B. Composition de l'IRIS Cul-de-four

La densité de la population dans le quartier du Cul-de-Four est de 51,6 habitants par hectare (la moyenne des IRIS de Roubaix est de 95,5 habitants par hectare). Le FDep a été évalué à 0,42 pour cette IRIS (valeur de 2009), cela indique la présence d'une population confrontée à des conditions socioéconomiques très défavorables.

Le quartier Cul-de-Four est caractérisé par une répartition des espaces en fonction de différents usages et activités (Figure 10). Il comprend une zone d'habitat (environ 16 hectares). La zone dédiée aux services et usages collectifs (environ 12 hectares) comprend des équipements et des installations tels que des écoles, des centres de santé, des équipements sportifs, des parcs et des espaces publics. La surface consacrée aux activités économiques secondaires et tertiaires (environ 14 hectares) regroupe des boutiques, des bureaux, des ateliers, des entrepôts et d'autres infrastructures économiques. Une surface moins importante, d'environ 4 hectares, est réservée aux usages temporaires dans le quartier Cul-de-Four. Il s'agit d'espaces destinés à des événements temporaires tels que des marchés, des foires ou des festivals, ainsi que des zones de transition en attente de nouveaux projets de développement. Enfin, une partie de la superficie du quartier est occupée par les réseaux de transport, comprenant les voies routières, les transports en commun et les infrastructures de circulation.

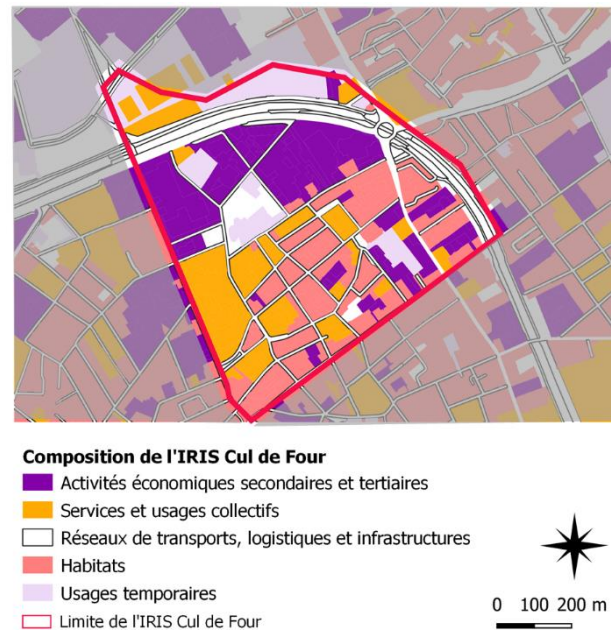


Figure 10 : composition de l'IRIS Cul-de-Four

II.2.4. Analyse des territoires de projets : diagnostic et terrain

L'étape suivante du processus consiste à effectuer un diagnostic approfondi des deux quartiers de projet en s'appuyant sur les résultats de l'approche territoriale. Le diagnostic a retracé l'histoire de chaque quartier, sa composition, l'usage et l'occupation des sols. Ensuite, le taux de variation des différentes variables dans les quartiers a été calculé par rapport à la moyenne de l'ensemble du territoire, puis par rapport à l'environnement voisin des deux quartiers. Pour définir l'environnement voisin, un rayon de 15 minutes de marche à partir du centroïde du quartier a été considéré en référence au concept de la ville du quart d'heure (Paquot, 2021).

Cette analyse permet de comprendre et d'évaluer les différences et les similitudes entre l'IRIS du projet et les IRIS voisins. L'objectif est d'obtenir une image précise des disparités existantes

entre les IRIS. Cette connaissance est essentielle pour identifier les besoins spécifiques de l'IRIS du projet et concevoir des politiques et des initiatives adaptées à ses particularités.

En se basant sur le principe de la proximité piétonne à 15 minutes de marche à partir du centroïde de l'IRIS du projet, le diagnostic permet de délimiter précisément le périmètre d'étude. Cela facilite l'analyse et la comparaison des différentes caractéristiques entre les IRIS voisins, en prenant en compte les distances physiques et les déplacements possibles à pied. Cette approche géographique permet de mieux appréhender les dynamiques locales et de proposer des solutions adaptées aux spécificités de chaque IRIS.

Dans le cas de comparaison avec la moyenne de l'agglomération centrale, la formule appliquée est la suivante :

$$\text{Taux de variation} = \frac{(a - b)}{b} * 100$$

a : valeurs des variables de l'IRIS du projet

b : la moyenne des valeurs des variables de l'agglomération centrale

Dans le cas de comparaison avec la moyenne des IRIS voisins, la formule appliquée est la suivante :

$$\text{Taux de variation} = \frac{(a - b')}{b'} * 100$$

a : valeurs des variables de l'IRIS du projet

b' : la moyenne des valeurs des variables des IRIS voisins à l'IRIS du projet

Cette étape a permis d'identifier les facteurs de vulnérabilité surreprésentés dans le projet, c'est-à-dire dont les valeurs des variables sont supérieures à la moyenne de l'agglomération centrale (ou des IRIS voisins). Les facteurs de résilience sous-représentés dans le projet, c'est-à-dire dont les valeurs des variables sont inférieures à la moyenne de l'agglomération centrale (ou des IRIS voisins), ont également été mis en évidence. Cette analyse fine a permis d'identifier les caractéristiques socio-économiques, environnementales et sanitaires des deux quartiers.

Pour réaliser les observations de terrain à Cul-de-Four et à Montebello, une grille d'observation composée d'un tableau contenant les éléments à observer a été utilisée. Cette approche a permis de recueillir des données spécifiques sur divers aspects de l'environnement urbain dans ces quartiers (annexe 3). Les éléments étudiés comprenaient le bâti, c'est-à-dire l'architecture et l'état des bâtiments présents, ainsi que les voiries, les pistes cyclables et les stations de vélos, permettant d'évaluer l'accessibilité et l'état des infrastructures de transport. Les espaces verts tels que les parcs, les jardins et les plans d'eau ont également été pris en compte, tout comme les jardins familiaux et la présence d'arbres. Les arrêts de bus/métro, les équipements et services tels que les commerces, les établissements publics et les friches foncières ont été observés. De plus, les ilots, les mobiliers urbains tels que les lampadaires, les

bancs et les poubelles, ainsi que les installations à risque ont été documentés. Enfin, d'autres facteurs influençant l'environnement, tels que la perception, le bruit ou les odeurs, ont été pris en considération. Grâce à cette grille d'observation, des données objectives sur les caractéristiques physiques, sociales et environnementales des quartiers de Cul-de-Four et de Montebello ont été collectés, facilitant ainsi une analyse approfondie et systématique.

En observant *in situ* les lieux et en interagissant avec les acteurs locaux, il a été possible de comprendre l'histoire de ces quartiers, leur évolution, ainsi que les pratiques et les besoins de leurs habitants. Ce travail a également permis d'avoir un regard sur d'autres facteurs tels que la dynamique du quartier, l'esthétique, la propreté, l'insécurité, qui ne sont pas toujours pris en compte dans les données statistiques.

II.2.5. Analyse de la proposition d'aménagement : estimation de la variation des indices de vulnérabilité et de résilience en intégrant les actions d'aménagement prévues à Cul-de-Four et à Montebello

Après avoir effectué une analyse approfondie des deux IRIS de projet (Cul-de-Four et Montebello) pour identifier les facteurs de vulnérabilité et de résilience à leur échelle, trois ateliers ont été organisés avec l'équipe projet des deux secteurs. L'objectif principal de ces ateliers était d'analyser les propositions d'aménagement prévues pour les quartiers et d'estimer la variation des indices de vulnérabilité et de résilience en intégrant les actions d'aménagement envisagées à Cul-de-Four et à Montebello.

La participation active des équipes projet a permis de garantir la transversalité de la démarche, en prenant en compte les besoins et les attentes des acteurs locaux. Cette démarche participative est importante pour assurer la durabilité et l'appropriation de l'outil par les acteurs locaux et ainsi favoriser une mise en œuvre efficace des propositions d'aménagement.

Dans cette démarche, l'identification et la quantification des actions d'aménagement dans les secteurs ont permis de disposer d'informations précises sur les interventions envisagées dans les quartiers Montebello et Cul-de-Four. Les valeurs quantitatives associées à ces actions ont ensuite été intégrées dans la base de données initiale, permettant le calcul d'un nouvel indice de vulnérabilité et d'un nouvel indice de résilience. Cette étape a permis de mieux appréhender l'impact potentiel des aménagements proposés sur la vulnérabilité et la résilience des quartiers.

En comparant ces nouveaux scores aux seuils de référence (seuils de Jenks), il a été possible de déterminer si les IRIS des deux projets changeaient de catégorie de vulnérabilité et de résilience. Cette analyse permet d'évaluer l'efficacité supposée des actions proposées pour renforcer la résilience et réduire la vulnérabilité des quartiers. Elle est essentielle pour orienter les projets d'aménagement vers des choix pertinents et cohérents avec les enjeux de santé et environnementaux identifiés.

CHAPITRE III : Résultats

CHAPITRE III : Résultats

Partie 1 : Approche territoriale

Cette partie fait l'objet d'une publication actuellement soumise à la revue « Environmental Science & Policy »

III.1.1. Approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT

A. Analyse des indices de vulnérabilité (IV) et des indices de résilience (IR) sur l'ensemble du périmètre du SCoT

Les figures 11a et 11b montrent la distribution spatiale des IV et des IR. Cent soixante-douze IRIS (32 %) appartiennent à la classe « forte vulnérabilité », 141 (27 %) à la classe « faible vulnérabilité », 124 (24 %) à la classe « très forte vulnérabilité » et 91 (17 %) à la classe « très faible vulnérabilité ». La médiane [IQR] des IV est de 0,54 [0,36-0,69].

Cent quatre-vingt-huit IRIS (36 %) appartiennent à la classe « forte résilience », 153 (29 %) à la classe « faible résilience », 115 (22 %) à la classe « très forte résilience » et 72 (13 %) à la classe « très faible résilience ». La médiane [IQR] des IR est de 0,50 [0,35-0,65]. Le coefficient de corrélation de Spearman entre l'IR et l'IV est de 0,41 ($p < 0,001$), ce qui correspond à une faible corrélation.

L'indice de Moran pour les IV montre une autocorrélation spatiale positive ($I = 0,316$, $p < 0,001$). Cela signifie que les IRIS adjacents tendent à présenter des indices de vulnérabilité similaires. Les IRIS les plus vulnérables sont principalement regroupés au centre et au nord-est de notre zone d'étude, principalement Roubaix et Tourcoing ; il s'agit de quartiers fortement peuplés avec un tissu urbain très dense. À l'inverse, les IRIS à faible indice de vulnérabilité sont situés au sud de la zone d'étude ; il s'agit de quartiers moins peuplés et plus ruraux. Les IR montrent une tendance spatiale similaire, avec les quartiers les plus résilients allant du centre au nord-est de la zone d'étude ($I = 0,206$, $p < 0,001$).

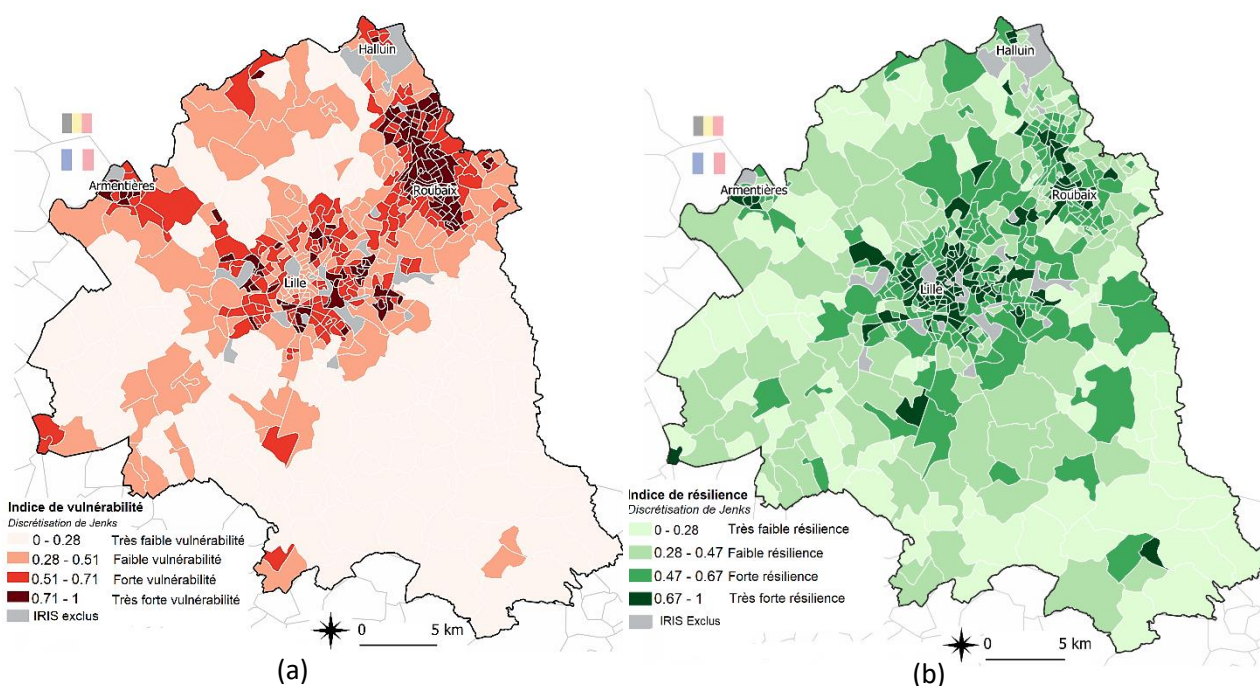


Figure 11 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité sur le territoire du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,28, 0,51 et 0,71) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,28, 0,47, 0,67) à l'aide de la même méthode de discrétisation, donnant ainsi quatre classes de résilience.

B. Analyse conjointe des IV et des IR sur l'ensemble du SCoT de Lille Métropole

Suite à l'analyse conjointe des IV et des IR, les IRIS ont été classés en quatre catégories (Figure 12a et 12b). La plupart des IRIS appartiennent à la classe « avec ressources » ($n=214$, 40%) et sont situés au nord-est et au centre de la zone d'étude (principalement vers Roubaix et Tourcoing). Les IRIS appartenant à la classe « à surveiller » ($n=143$, 27%) sont situés aux alentours de la zone urbaine du SCoT ; ils forment un bloc homogène de quartiers moins peuplés et plus ruraux. Les IRIS résilients ($n=89$, 17%) sont principalement situés dans des zones urbaines, notamment le centre de Lille et la couronne périurbaine. Enfin, les quartiers fragiles, moins nombreux ($n=82$, 16%), sont principalement situés au nord-est de la zone d'étude, vers Roubaix et Tourcoing.

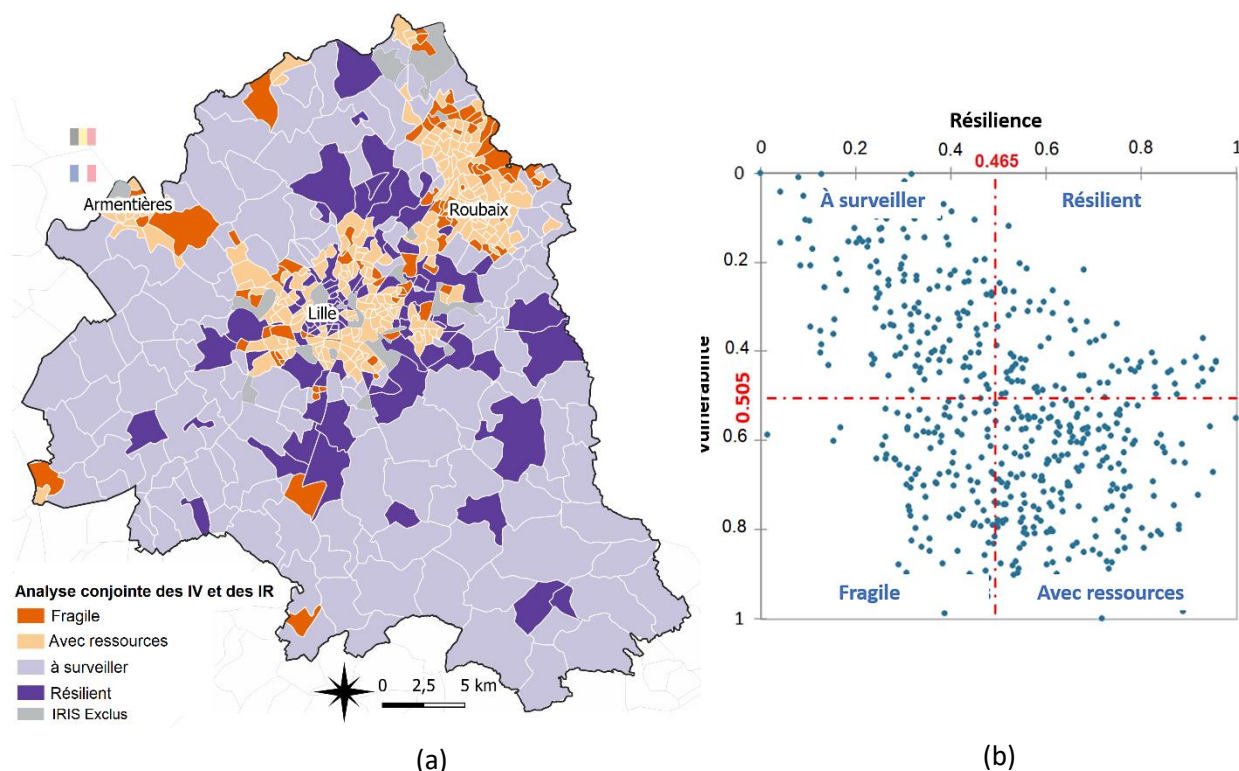


Figure 12 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de résilience et des indices de vulnérabilité pour les 528 IRIS du territoire du SCoT de Lille. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).

Le résultat sur l'ensemble du territoire du SCoT offre aux élus et aux décideurs locaux une vision globale de la répartition des inégalités environnementales et sociales de santé sur le territoire du SCoT. Cette analyse pourrait orienter les politiques d'aménagement globales sur le territoire du SCoT en mettant en exergue les zones prioritaires à l'action. Néanmoins, ce résultat est insuffisant pour mieux cerner la répartition des IESS au sein de territoires homogènes, qui par ailleurs dépendent de politiques de développement spécifiques. Dès lors, la question qui se pose est bien celle de la cohérence des résultats obtenus avec la problématique principale de la thèse, au regard de l'hétérogénéité spatiale des territoires composant le SCoT : un centre urbain très dense avec des activités très diverses et une couronne métropolitaine, qui est sous l'influence fonctionnelle du centre urbain. Les indicateurs composites ne doivent-ils pas intégrer cette dimension pour une meilleure connaissance des enjeux ? Comment adapter l'outil aux ambitions politiques définies dans l'armature urbaine SCoT ?

La littérature indique que les structures spatiales peuvent être différentes d'un territoire à l'autre, et elles peuvent présenter des différences majeures à l'intérieur d'un même territoire (Houillon & Thomsin, 2001; Najib, 2017). En effet, les territoires reflètent la matérialisation des rapports socio-spatiaux (Simard, 2012; Toubanc & Moquay, 2021). Par conséquent, ces derniers, par leur configuration spatiale, leur histoire, leur organisation économique et institutionnelle, peuvent présenter des inégalités socio-spatiales plus ou moins marquées

(Najib, 2017). Dans le cadre de cette thèse et au regard de la sensibilité des indicateurs composites à la dimension spatiale qu'ils caractérisent, une seconde analyse a été donc réalisée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine séparément.

III.1.2. Approche différenciée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine

A. Résultats des IV et des IR sur l'agglomération centrale

Les figures 13a et 13b montrent la distribution spatiale des IV et des IR. Cent vingt-six IRIS (32%) appartiennent à la classe « forte vulnérabilité », 106 (28%) à la classe « très forte vulnérabilité », 103 (26%) à la classe « faible vulnérabilité » et 56 (14%) à la classe « très faible vulnérabilité ». La médiane [IQR] des IV est de 0,63 [0,47-0,76].

Cent cinquante quartiers (38 %) appartiennent à la classe « faible résilience », 112 (29 %) à la classe « forte résilience », 84 (21 %) à la classe « très faible résilience » et 45 (12 %) à la classe « très forte résilience ». La médiane [IQR] des IR est de 0,43 [0,31-0,59]. Le coefficient de corrélation de Spearman entre les IV et les IR est de 0,30 ($p < 0,001$), Ce qui correspond à une corrélation positive faible.

Les valeurs des IV sont très élevées dans les centres-villes densément peuplés d'Armentières, Lille, Roubaix et Tourcoing et diminuent vers la périphérie de ces villes ($I = 0,165$, $p < 0,001$). Les quartiers du centre-ville de Lille ont également des IR élevés. Les résultats de l'indice de Moran, en ce qui concerne l'indice de résilience, révèlent une forte autocorrélation spatiale positive ($I = 0,650$, $p < 0,001$).

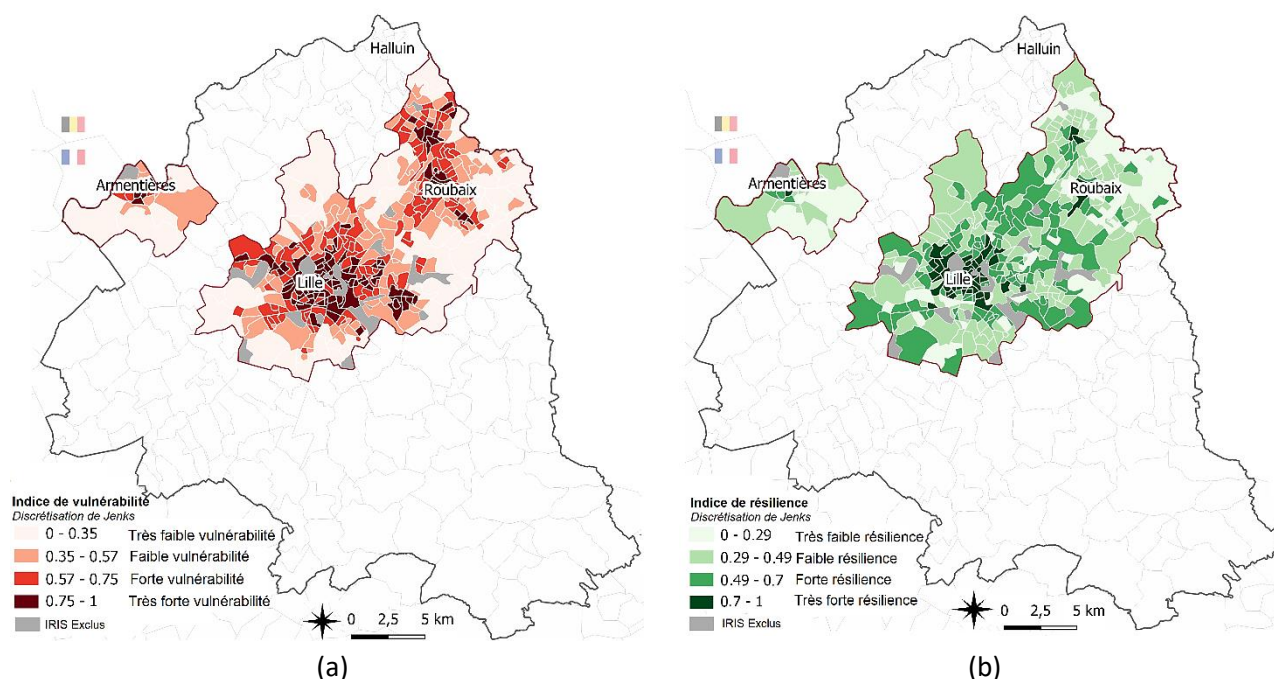


Figure 13 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité dans l'agglomération centrale du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,35, 0,57 et 0,75) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,29, 0,49, 0,70) à l'aide de la même méthode de discrétisation donnant ainsi quatre classes de résilience.

B. Analyse conjointe des IV et des IR sur l'agglomération centrale

Comme le montrent les figures 14a et 14b, les IRIS fragiles (n=118, 30%) sont situés au nord-est de la zone d'étude principalement à Roubaix et à Tourcoing. Les IRIS de la classe « à surveiller » (n=116, 30%) sont situés à proximité des zones centrales denses. Ceux de la classe « avec capacité à mobiliser des ressources » (n=114, 29%) sont situés dans le centre-ville de Lille et enfin, les IRIS résilients (n=43, 11%) sont situés à proximité des zones centrales denses.

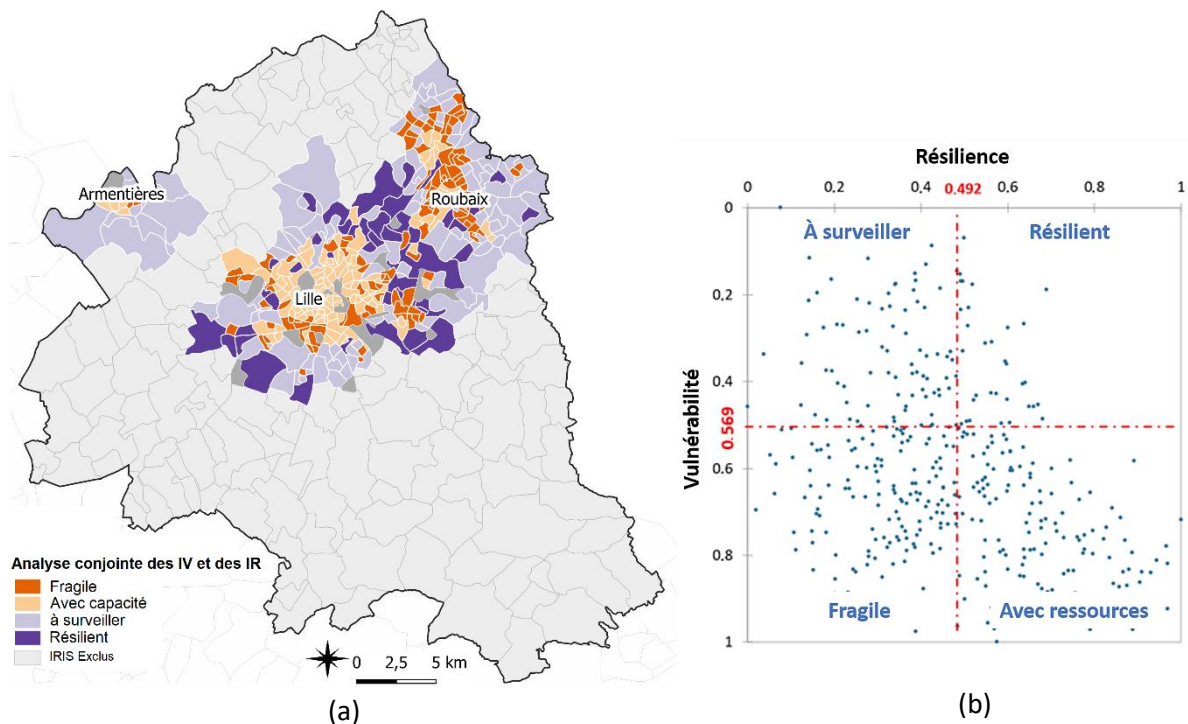


Figure 14 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de résilience et des indices de vulnérabilité pour les 391 IRIS de l'agglomération centrale. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).

C. Analyse des résultats des IV et des IR sur la couronne métropolitaine

La figure 15 montre la distribution spatiale des IV (Figure 15a) et des IR (Figure 15b) dans la couronne métropolitaine. Quarante-trois IRIS (31%) appartiennent à la classe « forte vulnérabilité », 39 (29%) à la classe « très faible vulnérabilité », 32 (23%) à la classe « faible vulnérabilité » et 23 (17%) à la classe « très forte vulnérabilité ». La médiane [IQR] des IV est de 0,43 [0,25-0,59]. Quarante-trois IRIS (32%) appartiennent à la classe « forte résilience », 40 (29%) à la classe « faible résilience », 29 (21%) à la classe « très forte résilience » et 25 (18%) à la classe « très faible résilience ». La médiane [IQR] des IR dans la zone d'étude est de 0,55 [0,41-0,70].

Les IRIS ayant les indices de vulnérabilité les plus élevés sont principalement situés au centre et au nord de la zone d'étude. L'indice de Moran ($I = 0,230$, $p < 0,001$) indique une corrélation spatiale positive des indices de vulnérabilité au sein de la zone d'étude. La valeur positive de l'indice de Moran suggère que les IRIS ayant des indices de vulnérabilité similaires ont tendance à se regrouper spatialement, ce qui signifie que les zones géographiques proches présentent des niveaux de vulnérabilité similaires.

Les IRIS ayant les IR les plus élevés sont situés au sud et à l'ouest de la zone d'étude. Les IRIS ayant les valeurs de l'indice de vulnérabilité les plus faibles sont situés au sud et à l'ouest de la zone d'étude. Enfin, les IRIS ayant les IR les plus faibles semblent plus dispersés que les IRIS aux IR moyens ou élevés. L'indice de Moran ($I = 0,759$, $p < 0,001$) indique une corrélation spatiale positive significative des indices de résilience au sein de la zone d'étude.

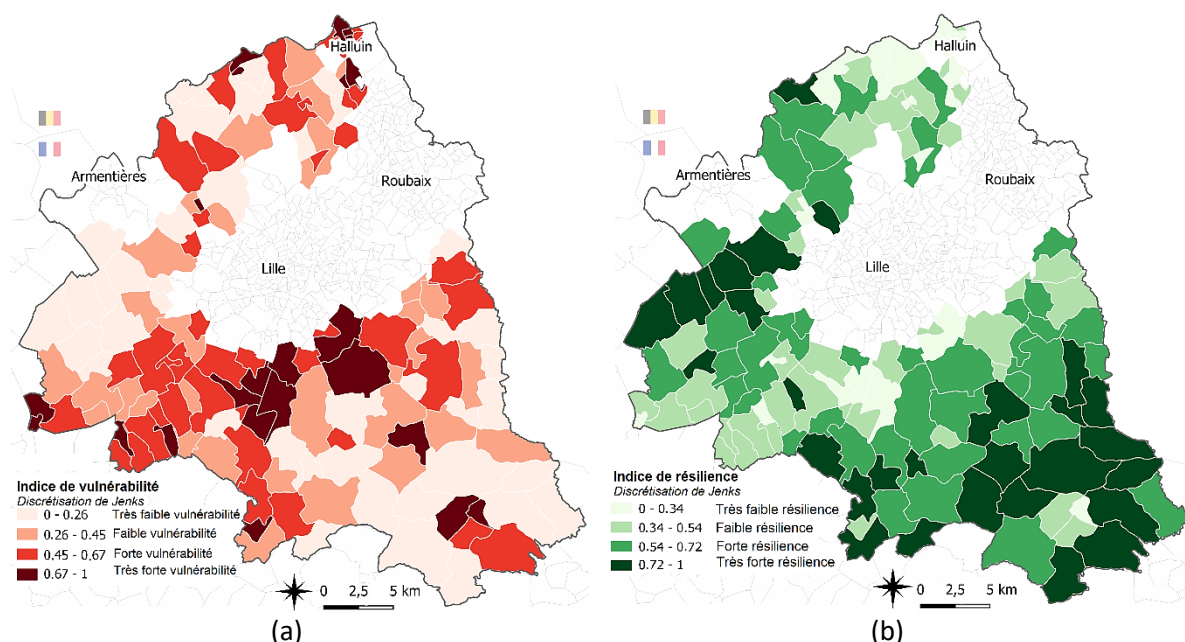


Figure 15 : (a) distribution spatiale des indices de vulnérabilité dans la couronne métropolitaine du SCoT de Lille Métropole. Trois seuils ont été calculés (0,26, 0,45 et 0,67) à l'aide de la méthode de discrétisation de Jenks, donnant ainsi quatre classes de vulnérabilité. (b) distribution spatiale des indices de résilience. Trois seuils ont été calculés (0,34, 0,54, 0,72) à l'aide de la même méthode de discrétisation, donnant ainsi quatre classes de résilience.

D. Analyse conjointe des IV et des IR sur la couronne métropolitaine

Selon les figures 16a et 16b, les IRIS résilients ($n=58$, 43%) sont principalement situés dans les parties sud et ouest de la couronne métropolitaine, les IRIS fragiles ($n=52$, 38%) sont principalement situés au centre et au nord de la couronne métropolitaine, tandis que les IRIS de la classe « avec ressources » ($n=14$, 10%) sont dispersés dans les parties centrale et sud de la zone d'étude, et les IRIS « à surveiller » ($n=13$, 9%) sont dispersés dans la partie nord.

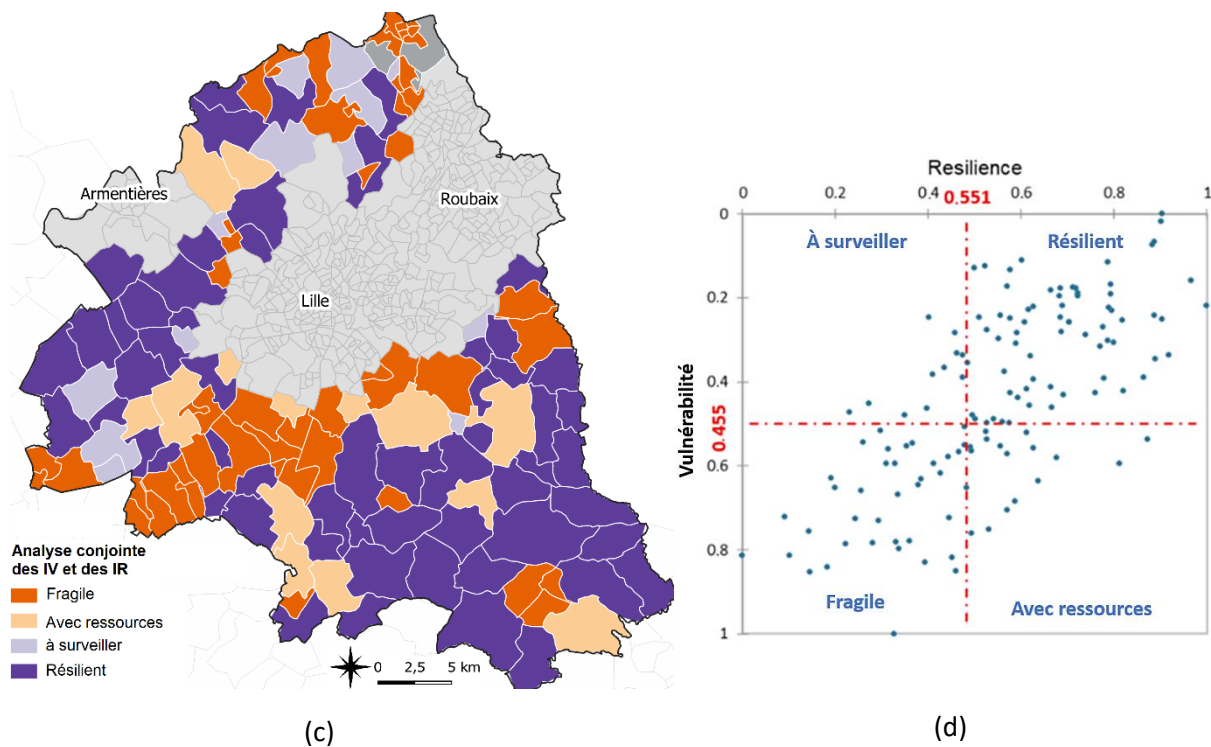


Figure 16 : (a) cartographie des résultats de l'analyse conjointe des indices de vulnérabilité et des indices de résilience pour les 137 IRIS de couronne métropolitaine. (b) nuage de points présentant la répartition des IRIS au sein des quatre classes, après le croisement des deux indices (IV et IR).

III.1.3. Caractérisation de la modification due au changement d'approche

La figure 17 montre les changements dans la classification des IRIS entre l'approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT et l'approche différenciée sur l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine. Le changement d'échelle de la comparaison a modifié le nombre et la répartition des différents types d'IRIS. L'approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT met en évidence des tendances pour l'ensemble du territoire mais ne permet pas de tirer des conclusions pertinentes au niveau des IRIS. Ainsi, à l'échelle du territoire du SCoT dans son ensemble, il y avait un nombre important d'IRIS « avec ressources » (n=214, 41%) et « à surveiller » (n=143, 27%) et relativement peu d'IRIS « résilients » (n=89, 17%) et d'IRIS « fragiles » (n=82, 15%). La distinction spécifique de la couronne et de l'agglomération centrale a permis d'affiner la caractérisation des IRIS. Après calcul des indices au sein de ces territoires homogènes, nous constatons dans l'agglomération centrale un équilibre entre les trois catégories (fragile, avec ressources et à surveiller), chacune représentant environ 30% du total et moins d'IRIS résilients présents (avec une perte de 26 IRIS).

De même, au sein de la couronne métropolitaine, un plus grand nombre de quartiers résilients et vulnérables (respectivement, n=58, 43% et n=52, 38%) est mis en évidence par rapport à l'approche sur l'ensemble du périmètre du SCoT et un nombre proportionnellement plus faible d'IRIS « à surveiller » et d'IRIS « avec ressources ». La figure 17b montre que la proportion d'IRIS ayant subi un changement de classe positif ou négatif est plus élevée dans la couronne métropolitaine (115 sur 137, 84%) que dans l'agglomération centrale (210 sur 391, 54%). Les changements négatifs les très importants sont observés à la limite entre

l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine, les changements importants sont principalement observés au centre du SCoT. Les changements positifs moins importants sont observés dans la couronne métropolitaine, tandis que les changements positifs importants sont observés dans l'agglomération centrale (principalement dans la banlieue de Roubaix). Les changements positifs faibles sont observés au niveau de la couronne métropolitaine. Il convient également de noter que la majorité des IRIS dont la classification n'a pas changé (181 sur 391, 46 %) sont situés dans le centre du territoire du SCoT (Villeneuve d'Ascq et Marcq en Baroeul).

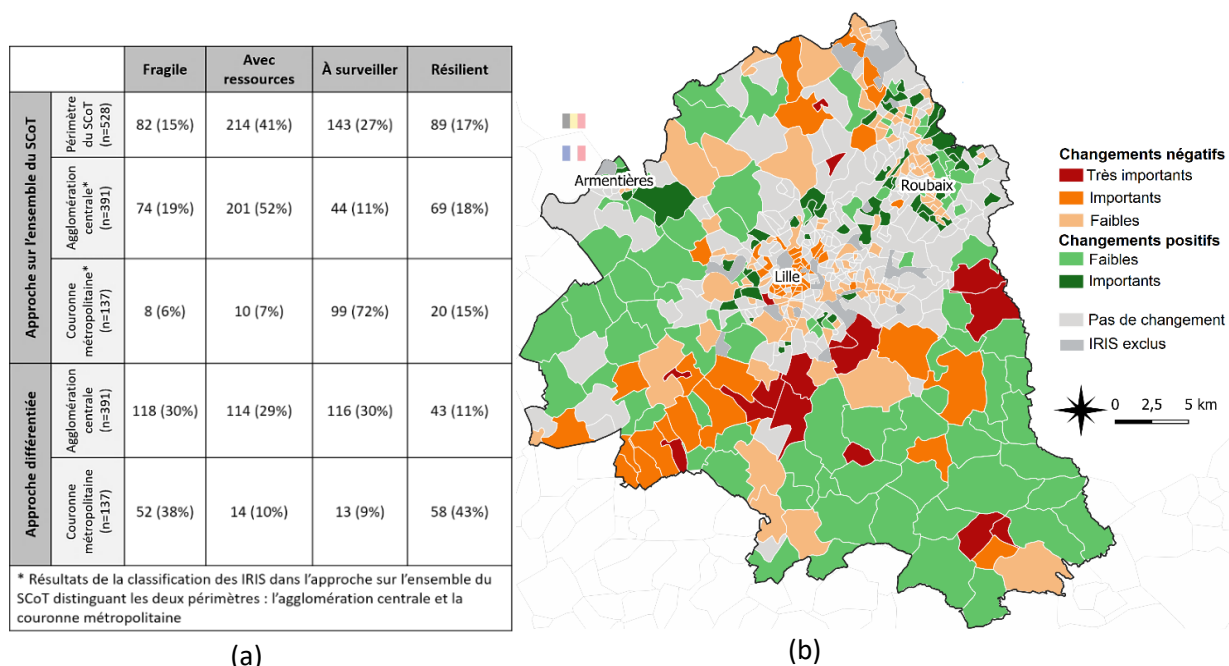


Figure 17 : (a) Nombre et pourcentage d'IRIS dans les quatre classes, dans l'analyse sur l'ensemble du SCoT et l'analyse différenciée.

(b) Cartographie du changement de classification des IRIS entre dans l'analyse sur l'ensemble du SCoT et l'analyse différenciée.

Un changement négatif très important : de « résilient » à « fragile ».

Un changement négatif important : de « résilient » à « avec ressources » ou de « à surveiller » à « fragile ».

Un changement négatif faible : de « résilient » à « à surveiller », de « à surveiller » à « avec ressources », ou de « avec ressources » à « fragile ».

Un changement positif important : de « fragile » à « à surveiller » ou de « avec ressources » à « résilient ».

Un changement positif faible : de « fragile » à « avec ressources », de « avec ressources » à « à surveiller », ou de « à surveiller » à « résilient ».

III.1.4. Corrélation des variables avec les IV et les IR dans les trois périmètres d'étude

Les IV sont généralement corrélés avec les mêmes variables, quel que soit le périmètre, tandis que les IR ne sont pas toujours corrélés avec les mêmes variables. D'après la matrice de corrélation (tableau 9a), les IV calculés pour l'ensemble du territoire du SCoT, pour l'agglomération centrale et pour la couronne métropolitaine sont corrélés avec les mêmes variables. Parmi celles-ci, les variables socio-économiques (par exemple la proportion de familles monoparentales et la proportion d'étrangers) étaient fortement et positivement corrélées avec l'IV. Les IR calculés pour l'ensemble du territoire du SCoT et pour l'agglomération centrale sont corrélés avec les mêmes variables (tableau 9b).

En revanche, les IR calculés pour l'ensemble du territoire du SCoT et ceux calculés pour la couronne métropolitaine ont des profils différents. Dans l'ensemble du territoire du SCoT, les IR sont positivement corrélés aux variables de mobilité et de santé. Dans la couronne métropolitaine, les IR sont positivement corrélés aux variables socio-économiques et environnementales.

Tableau 9 : Corrélations entre les variables d'une part et l'IV (a) et l'RI d'autre part (b), dans l'ensemble du territoire du SCoT (T1), son agglomération centrale (T2), et sa couronne (T3). Les couleurs chaudes indiquent des corrélations positives et les couleurs froides correspondent à des corrélations négatives. Les corrélations statistiquement significatives ($p < 0,05$) sont indiquées en caractères gras.

a. L'indice de vulnérabilité				b. L'indice de résilience			
Variables	T1	T2	T3	Variables	T1	T2	T3
Part des familles monoparentales	0.830	0.622	0.681	Part des actifs se déplaçant à pied	0.658	0.300	-0.679
Part des étrangers	0.803	0.627	0.269	Densité des équipements et services	0.641	0.724	-0.129
Part des ouvriers	0.663	0.074	0.529	Part des voies cyclables	0.625	0.432	-0.527
Part des résidents à proximité des antennes relais	0.612	0.567	0.481	Diversité des équipements et services	0.613	0.732	-0.372
Concentration moyenne des PM _{2.5}	0.601	0.293	0.358	Diversité des établissements de soins	0.610	0.776	-0.309
Part et non et peu diplômés	0.597	-0.041	0.655	Densité des stations de vélo	0.588	0.581	-0.119
Part des enfants de moins de 5 ans	0.577	0.133	0.059	Part des personnes travaillant dans leur commune de résidence	0.587	0.233	-0.517
Part des personnes divorcées	0.532	0.395	0.803	Densité des établissements de soins	0.561	0.701	-0.143
Part des ménages en précarité énergétique	0.532	0.315	0.580	Part des actifs se déplaçant à vélo	0.520	0.578	-0.469
Concentration moyenne du NO ₂	0.527	0.591	0.704	Densité des stations de transport en commun	0.480	0.117	-0.532
Densité des sites et sols pollués	0.470	0.330	0.463	Part des zones 30	0.422	0.341	-0.563
Part des inactifs	0.447	0.349	0.220	Part des résidence occupées à titre gratuit	0.249	0.580	0.380
Part des ménages d'une seule personne	0.434	0.670	0.823	Part des logements sociaux	0.206	-0.405	-0.761
Part des familles nombreuses	0.430	0.041	0.021	Part des ménages éligible à la prime Sérénité	0.121	-0.195	-0.405
Part de la population exposée au bruit (>60 dB)	0.421	0.237	0.465	Nombre des jardin familiaux	-0.052	-0.236	-0.195
Part des résidence construites entre 1919 et 1945	0.323	-0.044	0.288	Part des résidence construites entre 2006 et 2014	-0.069	0.170	0.085
Zones à risque du retrait et gonflement des argiles	0.315	-0.037	-0.036	Part des résidents à 300 m à proximité d'un espace verts d'au moins 0,5 ha	-0.148	-0.063	0.180
Densité d'accidents de la route	0.153	0.264	0.368	Les revenus	-0.153	0.398	0.201
Part des résidence construites entre 1946 et 1990	0.122	0.073	0.208	Part des bénéficiaires de la prime AREL	-0.357	-0.204	0.182
Part des personnes veuves	0.020	-0.285	0.680	Part des services écosystémiques	-0.463	-0.112	0.638

Densité des cavités souterraines	-0.047	-0.051	0.368
ICPE	-0.060	-0.175	0.378
Population exposée aux effets des ICU	-0.124	0.213	-0.081
Eloignement aux établissements de soins	-0.190	-0.382	-0.381
Part des résidents à proximité des canalisations de transport de Gaz	-0.206	-0.230	0.149
Superficie du foncier vacant	-0.212	-0.457	0.473
Zones à risque inondation	-0.260	0.233	-0.067
Jours de dépassement de la concentration de l'Ozone (O ₃) dans l'air	-0.288	-0.321	-0.044
Part de la population exposée aux PM ₁₀	-0.307	-0.060	-0.164
Part des personnes âgées de 65 ans et plus	-0.330	-0.427	0.059
Eloignement aux équipements et services	-0.384	-0.442	-0.318
Part des résidences construites avant 1919	-0.389	-0.044	-0.269
Part des résidents à proximité des lignes à haute tension	-0.432	-0.462	-0.211
Part des actifs se déplaçant en voiture	-0.577	-0.818	-0.621
Part des résidences construites entre 1991 et 2005	-0.611	0.020	-0.255
Eloignement aux équipements sportifs	-0.633	-0.608	-0.489

Participation aux élections	-0.506	-0.106	0.582
NDVI	-0.697	-0.343	0.641

Cette étape de l'analyse des inégalités environnementales et sociales de santé nous a permis d'obtenir une première compréhension de la répartition des inégalités sur le territoire du SCoT de Lille Métropole, en tenant compte des spécificités des territoires composants le SCoT. Cela offre aux décideurs locaux l'opportunité de prioriser les actions publiques en faveur des territoires les plus défavorisés ainsi que de cibler les facteurs à renforcer ou à diminuer selon les territoires.

Cependant, il apparaît nécessaire d'approfondir l'analyse en examinant de manière plus détaillée le profil de chaque classe identifiée grâce à l'analyse conjointe des IV et des IR. Cette approche plus approfondie permettra de mieux décrire les vulnérabilités et la capacité de résilience des différents types de territoires. Cette analyse détaillée permettra aux décideurs de mieux cibler leurs interventions et de mettre en place des politiques adaptées pour favoriser la réduction des inégalités environnementales et sociales de santé.

III.1.5. Profil des inégalités environnementales et sociales de santé des quatre classes de territoires dans le périmètre de l'agglomération centrale et de la couronne métropolitaine

III.1.5.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience dans le périmètre de l'agglomération centrale

A. Analyse des facteurs de vulnérabilité

Le tableau 10 présente les résultats des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Dunn pour l'ensemble des variables de l'indice de vulnérabilité, ce test statistique permet de regrouper les observations en différents groupes en fonction des similarités et des différences statistiques entre elles. Chaque groupe est désigné par une couleur afin de faciliter la lecture du tableau. La lettre « A » désigne la classe (ou les classes) qui est associée de manière significative aux valeurs les plus élevées pour chaque variable, par rapport aux autres classes. Les lignes du tableau en gris désignent l'absence de différence significative entre les quatre classes. Le code couleurs de la première colonne du tableau est associé aux 6 dimensions composant les deux indices.

Tableau 10 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de vulnérabilité dans le périmètre de l'agglomération centrale

« A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn.

Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé ».

Variables	Fragiles	Avec capacité	à surveiller	Résilients
Part des étrangers	A	B	C	C
Part des familles monoparentales	A	B	C	C
Part des enfants de moins de 5 ans	A	C	B	BC
Part des personnes divorcées	A	A	B	B
Part des familles nombreuses	A	C	B	BC
Part des non/peu diplômées	A	C	B	C
Part des inactifs	A	B	BC	C
Part des ouvriers	A	C	B	C
Part des résidences construites entre 1946 et 1990	A	B	AB	AB
Part des ménages en précarité énergétique	A	B	B	B
Concentration moyenne des PM2.5	A	A	B	AB
Densité des sites et sols pollués	A	A	B	AB
Densité des ICPE	A	B	A	A
Population exposée au bruit	A	A	B	AB
Population exposée aux onde électromagnétiques (AR)	A	A	B	B
Zone à risque inondation	A	A	B	B
Part des personnes veuves	AB	B	A	A
Densité d'accidents	AB	A	B	AB
l'Ozone (O3)	AB	C	A	B
Part des personnes de 65 ans et plus	B	B	A	A
Part des ménages d'une seule personne	B	A	C	BC
Eloignement aux équipements sportifs	B	B	A	A
Part des actifs se déplaçant en voiture	B	C	A	A
Eloignement en km aux établissements de soins	B	C	A	B
Concentration moyenne du NO2	B	A	C	B
Population au risque de lignes hautes tension	B	B	A	A
îlots de chaleur urbains	B	A	B	B
Surface du foncier vacant	B	B	A	A
Population exposée au risque de canalisation de gaz	BC	C	AB	A
Part des résidences construites avant 1919	C	A	BC	AB
Part des résidences construites entre 1991 et 2005	C	A	BC	AB
Eloignement aux équipements et services	C	B	A	AB
Part des résidences construites entre 1919 et 1945				
Densité des cavités souterraines				
Retrait et gonflement des argiles				
Part de la population exposée au PM10				

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles »

La classe des territoires fragiles se caractérise par un nombre plus élevé de facteurs de défaveur socio-économique comparé aux autres classes. Cela inclut notamment la proportion plus élevée d'étrangers, de familles monoparentales, d'enfants de moins de 5 ans, de familles nombreuses, de personnes divorcées et de personnes peu ou non diplômées. De plus, cette classe présente une proportion élevée d'inactifs et d'ouvriers. Toutes ces variables soulignent l'existence de difficultés socio-économiques qui pourraient avoir un impact sur la santé des résidents de ces territoires.

A ces conditions socio-économiques dégradées, s'ajoute la présence de nuisances environnementales. Parmi ces nuisances, on retrouve la concentration des PM_{2.5}, la présence de sites et sols pollués, la densité des ICPE, l'exposition au bruit et aux ondes électromagnétiques provenant des antennes relais, ainsi que le risque d'inondation.

De plus, ces territoires fragiles présentent des vulnérabilités liées aux caractéristiques urbaines, en particulier en ce qui concerne la proportion de résidences construites entre 1946 et 1990. Ces logements, érigés durant une période de croissance démographique et d'urbanisation intense, peuvent souffrir de problèmes d'isolation, de vétusté et de confort, incluant notamment l'utilisation de plomb et d'amiante dans les habitations anciennes, ce qui pourrait avoir un impact sur la santé des résidents (Faye, 2018).

Enfin, la part des ménages en situation de précarité énergétique est importante dans cette classe. Cette situation peut entraîner des difficultés pour assurer les besoins énergétiques de base, avec des conséquences néfastes telles que l'exposition au froid et un risque accru de problèmes respiratoires (Jusot & Lacroix, 2016).

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles avec capacité à mobiliser des ressources »

La classe des territoires fragiles avec capacité à mobiliser des ressources se distingue par une présence des facteurs de vulnérabilité de la dimension environnementale, en particulier la moyenne annuelle de concentration des PM_{2.5}, la densité des sites et sols pollués, la part de la population exposée au bruit et aux ondes électromagnétiques provenant des antennes relais, la part de la zone à risque d'inondation et la part de la population exposée aux effets des îlots de chaleur urbains.

De plus, cette classe est caractérisée par trois facteurs de vulnérabilité de la dimension caractéristiques urbaines : la part des résidences construites avant 1919, entre 1991 et 2005, ainsi qu'une densité élevée d'accidents de la route. Sur le plan social, les territoires de cette classe se distinguent par une proportion importante de personnes divorcées et de ménages composés d'une seule personne.

Caractérisation de la classe des territoires « à surveiller »

Sur le plan environnemental, la classe des territoires « à surveiller » est caractérisée par la densité des ICPE, la proportion de la population résidant à proximité des lignes à haute tension, la surface du foncier vacante et le nombre de jours où la concentration d'ozone atmosphérique dépasse les seuils recommandés. La dimension « caractéristiques urbaines » joue également un rôle dans la définition de cette classe. Trois variables liées à cette dimension sont prépondérantes dans cette classe : la distance aux équipements sportifs et aux services ainsi que la part des actifs se déplaçant en voiture. Cela signifie que ces territoires sont éloignés des équipements sportifs et des services essentiels favorisant ainsi le recours à la voiture.

Sur le plan social, cette classe se caractérise par un nombre plus important de personnes veuves et de personnes âgées de 65 ans et plus. Cela implique également que ces territoires peuvent nécessiter des services et des soins spécifiques adaptés.

Caractérisation de la classe des territoires « résilients »

La classe des territoires « résilients » est très proche de celle des territoires « à surveiller ».

Sur le plan environnemental, la densité des ICPE, la population résidant à proximité des lignes à haute tension, le réseau de canalisation de gaz et la surface des terrains vacants sont les variables significatives. Du point de vue social, les personnes veuves et des personnes âgées de 65 ans et plus sont également importantes dans cette classe.

En ce qui concerne la dimension « caractéristiques urbaines », deux éléments se démarquent dans cette classe. D'abord, on observe un éloignement des équipements sportifs, ce qui peut limiter l'accès à des activités physiques et récréatives pour les résidents. Ensuite, la part des actifs utilisant la voiture comme moyen de déplacement est élevée. Cela peut avoir des implications en termes de congestion du trafic, d'émissions de polluants, de nuisances sonores et de dépendance aux combustibles fossiles

B. Analyse des facteurs de résilience

Le tableau 11 présente les résultats des comparaisons multiples par paires selon la procédure de Dunn pour l'ensemble des variables composant l'indice de résilience. La lettre « A » désigne la classe (ou les classes) qui est associée de manière significative aux valeurs les plus élevées pour chaque variable, comparativement aux autres classes.

Tableau 11 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de résilience dans le périmètre de l'agglomération centrale. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé ».

Variables	Fragiles	Avec capacité	à surveiller	Résilients
Jardins familiaux	A	B	A	A
Bénéficiaires prime AREL	A	B	A	AB
Part des logements sociaux	A	AB	B	C
Densité des stations de transport en commun	A	A	B	AB
Densité des stations de vélos	A	A	B	A
Part actifs travaillant dans leur commune de résidence	A	A	B	B
Part actifs se déplaçant en vélo	AB	A	C	B
Participation aux élections	B	B	A	A
Bénéficiaires prime Sérénité	B	B	A	A
Part des résidences occupées à titre gratuit	B	A	B	A
Densité des équipements et services	B	A	B	A
Diversité des équipements et services	B	A	B	A
Part voies cyclables	B	A	B	AB
Part zones 30	B	A	B	B
Part actifs se déplaçant à pied	B	A	C	C
Densité des établissements de soins	B	A	B	A
Diversité des établissements de soins	B	A	B	A
NDVI	B	B	A	A
Services écosystémiques	B	B	A	A
Revenus	C	B	B	A
Part des résidences construites entre 2005 et 2014				
Accessibilité aux espaces verts				

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles »

Certains facteurs de résilience sont importants dans cette classe comparant à d'autres classes, à savoir le nombre de jardins familiaux, la part des bénéficiaires de la prime d'Aide à la Rénovation Énergétique des Logements privés (AREL), la part des logements sociaux, la densité des stations de transport en commun et des stations de vélos, ainsi que la part des actifs travaillant dans leur commune de résidence.

Cependant, plusieurs facteurs de résilience sont moins importants dans cette classe, à savoir les revenus moyens par unité de consommation, le taux de participation électorale, la densité d'équipements et de services essentiels, la part de voies cyclables et de zones 30, la part d'actifs se déplaçant à pied, la densité des établissements de soins et les services écosystémiques.

Ces aspects compromettent la capacité de ces territoires à faire face aux problématiques, qu'elles soient d'ordre politique, économique, social ou environnemental. La promotion de la participation démocratique, l'amélioration de l'accès aux services de santé, la création d'un logement abordable et sûr, le développement d'infrastructures et d'espaces verts, ainsi que la réduction des inégalités socio-économiques sont autant de mesures nécessaires pour améliorer la résilience des territoires « fragiles » et favoriser leur développement durable.

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles avec une capacité à mobiliser des ressources »

Cette classe présente une capacité de résilience sur un nombre important de variables, principalement liées à la dimension « caractéristiques urbaines ». Ces variables comprennent la densité des stations de transport en commun et de vélos, la part des actifs travaillant dans leur commune de résidence, des actifs se déplaçant en vélo et à pied, des résidences occupées à titre gratuit, la densité et la diversité des équipements, ainsi que la part des voies cyclables.

Les facteurs de résilience tels que les jardins familiaux, la prime AREL, la participation aux élections, la prime Sérénité, l'indice NDVI, les services écosystémiques et les revenus sont moins importants dans cette classe.

Caractérisation de la classe des territoires « à surveiller » et « résilients »

La classe des territoires « à surveiller » présente une résilience limitée dans plusieurs dimensions. Les jardins familiaux sont moins présents dans ces territoires. De plus, la participation électorale est également faible, cette situation peut limiter la capacité de ces territoires à faire face aux défis locaux, la part des bénéficiaires des primes de rénovation de logement, telles que la prime AREL et la prime Sérénité, est également limitée dans ces territoires. De plus, ces territoires présentent un déficit en termes de couvert végétal et de services écosystémiques, ce qui compromet leur résilience environnementale et les rend plus sensibles aux risques environnementaux et aux impacts sur la santé et la qualité de l'air.

En revanche, la classe des territoires résilients affiche un potentiel de résilience élevé dans toutes les dimensions. Cependant, cette classe est également décrite par certaines variables moins importantes, telles que la part des bénéficiaires de la prime AREL, la densité des transports en commun, la part des voies cyclables et des zones 30, la part des actifs se déplaçant à vélo ou à pied, la part des actifs travaillant dans leur commune de résidence, ainsi que la part des logements sociaux. Ces aspects nécessitent une attention particulière pour renforcer la résilience globale de ces territoires.

III.1.5.2. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience des quatre classes dans le périmètre de la couronne métropolitaine

A. Analyse des facteurs de vulnérabilité

Contrairement à l'agglomération centrale, dans le cas de la couronne métropolitaine, 15 variables ne montrent pas de différence significative entre les différentes classes (indiquées en gris dans le tableau 12), d'après les résultats du test de Dunn. Cependant, il est important de souligner que la classe des territoires fragiles se distingue par un nombre important de facteurs de vulnérabilité. Ces résultats mettent en évidence des disparités importantes entre les différentes classes de la couronne métropolitaine, où la classe des territoires fragiles se caractérise par une concentration particulièrement élevée de facteurs de vulnérabilité.

Tableau 12 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de vulnérabilité dans le périmètre de la couronne métropolitaine. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé ».

Variables	Fragiles	Avec capacité	à surveiller	Résilients
Part des familles monoparentales	A	B	B	B
Part des personnes veuves	A	A	B	B
Part des personnes divorcées	A	AB	BC	C
Part des ménages d'une seule personne	A	A	B	B
Part des non/peu diplômées	A	AB	BC	C
Part des ouvriers	A	AB	AB	B
Densité d'accidents	A	AB	AB	B
Part des ménages en précarité énergétique	A	A	B	B
Concentration moyenne du NO2	A	AB	BC	C
Concentration moyenne des PM2.5	A	AB	AB	B
Densité des sites et sols pollués	A	AB	AB	B
Densité des ICPE	A	A	AB	B
Population exposée au bruit	A	A	AB	B
Population exposée aux ondes électromagnétiques (AR)	A	AB	AB	B
Surface du foncier vacant	A	A	B	B
l'Ozone (O3)	AB	A	B	A
Part des résidences construites avant 1919	B	AB	AB	A
Eloignement aux équipements sportifs	B	AB	AB	A
Eloignement aux équipements et services	B	AB	AB	A
Eloignement en km aux établissements de soins	B	AB	A	A
Part des actifs se déplaçant en voiture	C	BC	AB	A
Part des personnes de 65 ans et plus				
Part des étrangers				
Part des enfants de moins de 5 ans				
Part des familles nombreuses				
Part des inactifs				
Part des résidences construites entre 1919 et 1945				
Part des résidences construites entre 1946 et 1990				
Part des résidences construites entre 1991 et 2005				
Densité des cavités souterraines				
Population exposée au risque de canalisation de gaz				
Population au risque de lignes hautes tension				
Retrait et gonflement des argiles				
Îlots de chaleur urbains				
Part de la population exposée au PM10				
Zone à risque inondation				

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles »

L'analyse des facteurs de vulnérabilité dans les territoires « fragiles » de la couronne métropolitaine met en évidence une combinaison de problématiques socio-économiques et environnementales. Tout d'abord, les résultats soulignent la prévalence de certaines situations familiales défavorables. Ainsi, les familles monoparentales, les personnes veuves et les personnes divorcées sont plus nombreuses dans ces territoires. Par ailleurs, la part des ménages d'une seule personne est également la plus élevée dans les territoires fragiles.

Sur le plan éducatif, les territoires fragiles se caractérisent par une proportion plus élevée de personnes ayant un faible niveau de diplôme. Les facteurs professionnels sont également importants dans cette classe, notamment la part élevée des ouvriers, indiquant un accès limité à des emplois stables et bien rémunérés.

En ce qui concerne l'environnement, les territoires « fragiles » présentent plusieurs problématiques. Ils sont caractérisés par une densité d'accidents plus élevée, une concentration moyenne annuelle de polluants tels que le NO₂ et les PM_{2.5} élevée. Les territoires fragiles se distinguent également par une densité plus importante de sites et sols pollués ainsi que d'ICPE. De plus, la population de ces territoires est plus exposée au bruit et aux ondes électromagnétiques. Enfin, la présence d'une plus grande surface de foncier vacant dans ces territoires peut indiquer des problèmes de désinvestissement et d'abandon.

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles avec capacité à mobiliser des ressources »

La classe des territoires « fragiles avec capacité à mobiliser des ressources » est caractérisée par la présence d'une proportion élevée de personnes veuves. La part des ménages d'une seule personne ainsi que la part des ménages en précarité énergétique est également très importante dans cette classe. La densité des ICPE est également un facteur de vulnérabilité qui caractérise cette classe. Cette densité élevée d'installations potentiellement polluantes peut augmenter les risques pour la santé et l'environnement, nécessitant des mesures de protection et de surveillance spécifiques pour garantir la sécurité des résidents.

De plus, la part de la population exposée au bruit ainsi que la superficie du foncier vacant dans sont également des facteurs importants dans ces territoires. Enfin, la présence d'un niveau élevé d'ozone est un autre facteur de vulnérabilité. L'ozone est un polluant atmosphérique qui peut avoir des effets néfastes sur la santé respiratoire et cardiovasculaire.

Caractérisation de la classe des territoires « à surveiller » et « résilients »

Dans la couronne métropolitaine, l'éloignement aux établissements de soins apparaît comme l'une des problématiques dans la classe des territoires « à surveiller ». Cela signifie que ces territoires présentent une distance plus importante par rapport aux établissements de santé.

L'analyse des facteurs de vulnérabilité dans la classe des territoires résilients de la couronne métropolitaine met en évidence plusieurs éléments. Tout d'abord, la présence accrue d'ozone souligne la préoccupation relative à la pollution de l'air. De plus, la part élevée de résidences construites avant 1919 indique une concentration de logements anciens et potentiellement

dégradés. Enfin, l'éloignement aux établissements de soins et la part élevée d'actifs se déplaçant en voiture mettent en évidence les défis liés à l'accessibilité et à la disponibilité des services de santé, ainsi qu'à la dépendance à la voiture comme principal moyen de transport.

B. Analyse des facteurs de résilience

Comme présenté tableau 13, les résultats du test de Dunn révèlent que dans la couronne métropolitaine, 6 variables de l'indice de résilience ne présentent pas de différence significative entre les différentes classes.

Tableau 13 : résultats des comparaisons multiples par paires, selon la procédure de Dunn, portant sur les variables de l'indice de résilience dans le périmètre de la couronne métropolitaine. « A », « B », « C », « AB », « BC » correspondent aux groupes obtenus à partir de la procédure de Dunn. Le rouge représente les variables de la dimension « sociale », le jaune représente les variables de la dimension « économie », le vert représente les variables de la dimension « environnement », le gris représente les variables de la dimension « caractéristiques urbaines », et enfin le vert clair représente les variables de la dimension « santé ».

Couronne métropolitaine				
	Fragiles	Avec capacité	à surveiller	Résilients
Jardins familiaux	A	A	AB	B
Participation aux élections	B	AB	B	A
Bénéficiaires prime AREL	A	B	A	B
Part des logements sociaux	A	BC	AB	C
Part des résidences occupées à titre gratuit	AB	A	B	A
Densité des équipements et services	AB	A	B	AB
Diversité des équipements et services	A	A	B+	B
Densité des stations de transport en commun	A	AB	AB	B
Part voies cyclables	A	AB	A	B
Part zones 30	AB	BC	A	C
Part actifs se déplaçant à pied	A	AB	AB	B
Part actifs se déplaçant en vélo	A	AB	AB	B
Part actifs travaillant dans leur commune de résidence	A	B	AB	B
Diversité des établissements de soins	A	A	AB	B
NDVI	B	A	A	A
Services écosystémiques	C	AB	BC	A
Revenu				
Bénéficiaires prime Sérénité				
Accessibilité aux espaces verts				
Densité des établissements de soins				
Densité des stations de vélos				
Part des résidences construites entre 2005 et 2014				

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles »

Les territoires « fragiles » de la couronne métropolitaine se caractérisent par une moindre participation aux élections, un plus faible NDVI et des services écosystémiques moins importants. En revanche, plusieurs variables de résilience sont importantes dans cette classe comparant aux autres classes, à savoir le nombre de jardins familiaux, la part des bénéficiaires de la prime AREL, la part des logements sociaux, la densité des équipements et services et la diversité des établissements de soins, ainsi que la densité des stations de transport en commun, la part des voies cyclables, la part des actifs travaillant dans leur commune de résidence et la part des actifs se déplaçant en vélo ou à pied.

Caractérisation de la classe des territoires « fragiles avec capacité à mobiliser des ressources »

Cette classe est caractérisée par un nombre de bénéficiaires de la prime AREL et une part des actifs travaillant dans leur commune de résidence plus faibles. En revanche, le nombre des jardins familiaux, la part des résidences occupées à titre gratuit, la densité et la diversité des équipements et services ainsi que la diversité des établissements de soins et le NDVI sont importantes dans cette classe comparativement aux autres classes.

Caractérisation de la classe des territoires « à surveiller » et « résilients »

La classe des territoires « à surveiller » est caractérisée par une sous-représentation de la part des participants aux élections, la part des résidences occupées à titre gratuit est également réduite. De plus, la densité et la diversité des équipements et services sont moins importants.

Cette classe se distingue des autres classes par une importante part des logements sociaux, des voies cyclables, des zones 30 et du NDVI.

L'analyse des facteurs de résilience dans les territoires « résilients » de la couronne métropolitaine met en évidence une l'influence de plusieurs facteurs liés à la dimension caractéristiques urbaines. Parmi ces facteurs, nous observons les jardins familiaux, les bénéficiaires de la prime AREL, une faible part des logements sociaux ainsi qu'une faible diversité des équipements et services, limitant ainsi l'accès des résidents à des services essentiels tels que les écoles, les centres de santé, les commerces de proximité et les équipements récréatifs.

En ce qui concerne la mobilité, la densité des stations de transport en commun, des voies cyclables, des zones 30 et la part des actifs se déplaçant à pied ou à vélo sont également plus faibles. Enfin, la part moins importante d'actifs travaillant dans leur commune de résidence soulève des interrogations sur la proximité domicile-travail.

Discussion

L'approche analytique à l'échelle infra communale développée dans cette thèse vise à fournir une vue d'ensemble des déterminants multidimensionnels qui caractérisent les inégalités environnementales et sociales en matière de santé. Nous avons émis l'hypothèse que la division d'une zone très hétérogène en quartiers plus homogènes nous aiderait à mieux caractériser la dynamique de ces inégalités à une échelle fine. Nos résultats soulignent l'importance de prendre en compte non seulement les déterminants connus ou suspectés d'accroître les inégalités dans une zone donnée du point de vue de la vulnérabilité des territoires, mais aussi ceux qui pourraient avoir un impact positif. Notre cadre méthodologique a été conçu de manière à pouvoir être transposé à d'autres territoires, même si les données varient d'un territoire à l'autre et d'une échelle à l'autre.

Le choix d'utiliser l'échelle infra communale comme unité d'étude permet d'analyser une plus grande variabilité spatiale et d'obtenir une description précise des déterminants de la santé. Selon Pineo et al. (2020), les études à l'échelle du quartier sont plus facilement appropriables par les décideurs et les responsables de l'environnement bâti (Percival et al., 2018; Pineo et

al., 2020b). Notre stratégie multidimensionnelle s'est appuyée sur (i) l'extraction de données à partir de bases de données régulièrement mises à jour et (ii) des analyses d'experts connaissant les spécificités de leur territoire. Cette analyse a été menée en étroite collaboration avec des experts locaux et régionaux, qui ont apporté une valeur ajoutée à l'adéquation entre les variables identifiées dans la littérature scientifique, les données disponibles et les spécificités du territoire du SCoT de Lille Métropole. Suite à des ateliers thématiques, d'autres variables ont été intégrées à la liste initiale : il s'agit notamment du retrait et gonflement des argiles et de la présence de cavités souterraines, qui sont caractéristiques des risques naturels de cette zone. Les seuils de calcul des variables ont été choisis et validés par les experts, afin que notre méthodologie corresponde aux orientations politiques définies dans le SCoT.

La comparaison des IRIS hétérogènes (approche appliquée à l'ensemble du périmètre du SCoT) pourrait entraîner une sous-estimation de l'impact considérable de certaines vulnérabilités liées aux caractéristiques spécifiques des zones étudiées. Par exemple, la pollution de l'air (en particulier les particules fines le dioxyde d'azote) ainsi que le bruit routier exercent principalement leur influence sur les zones urbaines densément peuplées (Lee et al., 2022). La prise en compte de ces variables de manière similaire dans les zones urbaines et rurales augmente l'incohérence des résultats en faisant apparaître artificiellement que les zones rurales ne sont pas soumises à ces aléas. De même, le manque de données sur les zones rurales peut discriminer ces dernières par rapport aux zones urbaines. Par exemple, l'une des variables retenues pour les espaces verts est la part de la population résidant à moins de 300 m d'un espace vert public. Or, les zones plus rurales sont moins dotées en espaces verts publics, car la plupart des maisons de ces territoires ont un jardin privé et les données sur les jardins privés ne sont actuellement pas disponibles. Cela déforme artificiellement le résultat quant à la présence d'inégalités d'accès aux espaces verts dans la zone rurale. Par ailleurs, la répartition homogène des IV sur l'ensemble du quart sud-est de la zone d'étude n'a pas permis une analyse fine à une zone géographique plus large. Cela suggère que, selon le contexte, des facteurs plus spécifiques peuvent être importants pour la santé. Cela pourrait avoir des implications pour la mise en œuvre de politiques susceptibles d'exacerber les inégalités existantes et donc d'affecter la santé.

La distinction entre l'agglomération centrale et la couronne métropolitaine a permis de mieux prendre en compte les spécificités et les profils contrastés des zones étudiées et d'apporter des éléments complémentaires à l'armature urbaine du SCoT qui tient compte du caractère polycentrique de la métropole tout en recherchant un équilibre entre le développement de la ville et la préservation de la campagne, dans l'armature du SCoT des politiques de développement spécifiques ont été définies pour les zones urbaines et rurales.

Cette approche est fondamentale pour le développement d'un outil de diagnostic pertinent à appliquer en amont du processus de décision. Elle permet également d'évaluer les actions menées après la prise de décision. La deuxième partie de ce chapitre met en évidence l'importance d'approfondir l'étude des inégalités environnementales et sociales de santé en examinant de manière plus détaillée le profil des IRIS composant chaque classe identifiée grâce à l'analyse conjointe de l'IV et de IR. Ces informations plus détaillées permettront aux

décideurs locaux de mieux cibler leurs interventions et de mettre en place des politiques adaptées pour favoriser la réduction des inégalités environnementales et sociales de santé. Par exemple, ils pourront élaborer des programmes de formation et d'éducation visant à améliorer les niveaux de diplôme, ou mettre en œuvre des mesures de dépollution des sites contaminés.

Malgré les tendances générales observées, il est important de reconnaître que chaque IRIS a ses spécificités. Les caractéristiques socio-économiques, environnementales, politiques et sanitaires peuvent varier considérablement d'un IRIS à l'autre, et il est essentiel de prendre en compte ces spécificités pour mettre en place des interventions ciblées et pertinentes. En réalisant une étude détaillée de chaque IRIS, les décideurs locaux pourront mieux comprendre les facteurs qui contribuent aux inégalités environnementales et sociales de santé spécifiques à chaque territoire.

Partie 2 : Approche projets : le cas de Montebello à Wazemmes-Lille et de Cul-de-Four à Roubaix

III.2.1. Projet Montebello

III.2.1.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience à Montebello

A. Variation des facteurs de vulnérabilité à Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

L'histogramme de la figure 18 présente, pour chaque variable constituant l'indice de vulnérabilité, la différence exprimée en pourcentage entre la moyenne de cette variable pour les IRIS de l'agglomération centrale et la valeur correspondante pour l'IRIS Montebello.

Les taux positifs indiquent des valeurs élevées des facteurs de vulnérabilité dans l'IRIS Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale. En revanche, les taux négatifs indiquent des valeurs inférieures des facteurs de vulnérabilité dans l'IRIS Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale.

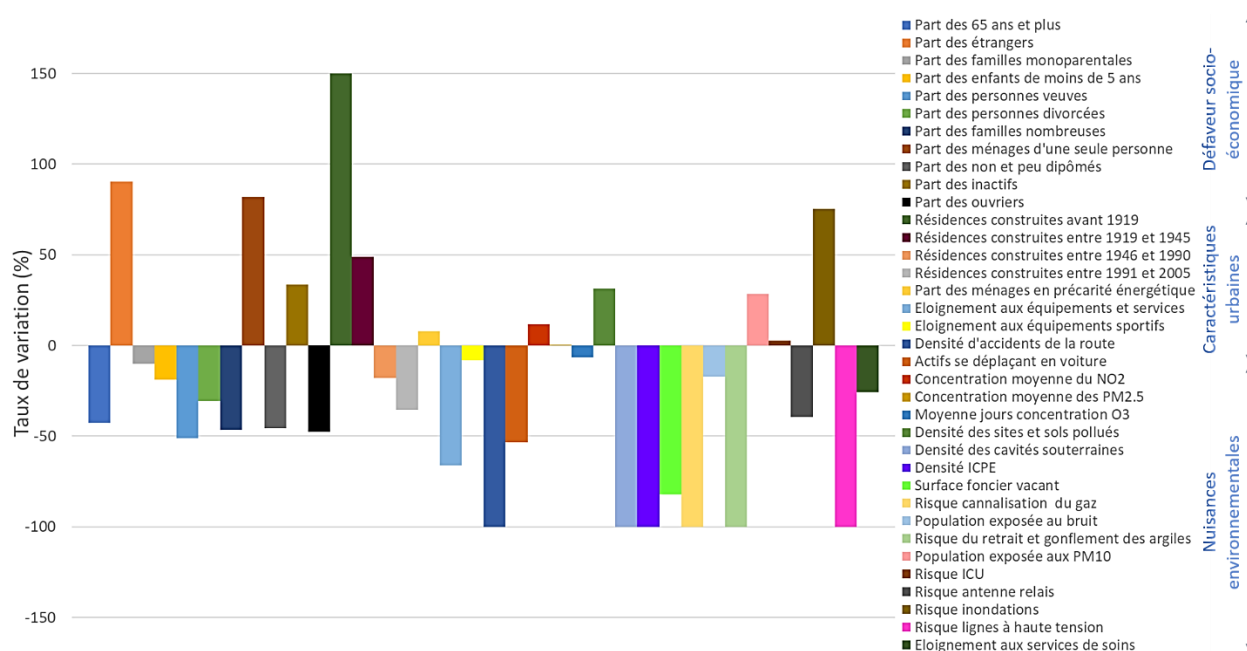


Figure 18 : Taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Montebello et la moyenne de l'agglomération centrale

Cette analyse met en évidence trois principales sources de vulnérabilité à Montebello par rapport à la moyenne de l'agglomération centrale : la présence de facteurs de défaveur socio-économique, un parc de logements ancien et dégradé, ainsi que des nuisances environnementales.

En ce qui concerne la défaveur sociale, la présence d'une population vulnérable à Montebello, notamment celle composée d'étrangers, pourrait indiquer l'existence de possibles difficultés sociales et économiques au sein de cette zone géographique. Cette population peut faire face à des obstacles tels que l'accès à l'emploi, au logement ainsi que la barrière linguistique ce qui contribue à leur situation de vulnérabilité (Fassin, 2000). De plus, la part élevée des inactifs dans cet IRIS indique un faible taux d'activité économique, ce qui peut être un indicateur de chômage ou de précarité professionnelle. En outre, la proportion élevée de ménages d'une seule personne peut également refléter une précarité économique et sociale, car ces ménages sont souvent plus susceptibles de connaître des difficultés financières et d'isolement social (Kaufmann, 1994).

Ensuite, le parc de logements ancien et dégradé constitue un autre facteur de vulnérabilité dans l'IRIS Montebello situé au-dessus de la moyenne de l'agglomération centrale. La présence de résidences construites avant 1919 et entre 1919 et 1945 indique un vieillissement des biens immobiliers, qui peuvent être sujettes à des problèmes de vétusté et de dégradation. De plus, la part élevée de ménages en précarité énergétique indique que de nombreux résidents de Montebello ont des difficultés à assurer le paiement de leurs factures d'énergie, ce qui peut entraîner des conséquences néfastes pour leur santé et leur bien-être.

Enfin, les nuisances environnementales sont également des facteurs de vulnérabilité importants dans l'IRIS Montebello. La densité élevée des sites et sols pollués dans cette zone indique une exposition potentielle à des substances toxiques, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la santé des résidents. De plus, la population est exposée à des niveaux élevés de PM₁₀, de PM_{2,5} et de NO₂. Ces polluants atmosphériques sont connus pour leurs effets nocifs notamment sur la santé respiratoire et cardiovasculaire. Enfin, le risque d'exposition aux effets des îlots de chaleur urbains est également présent à Montebello, cette situation est souvent exacerbée par des facteurs tels que la densité des bâtiments, la présence de surfaces imperméables minérales et sombres et l'absence d'espaces verts. Les populations résidant dans ces zones sont exposées à des températures élevées en période caniculaire, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur leur santé et leur bien-être.

À Montebello, de nombreux éléments interagissent et se renforcent mutuellement, créant ainsi un contexte de vulnérabilité sociale, économique et sanitaire dans le quartier. Il est essentiel de prendre en compte ces éléments lors de la mise en place de politiques et de mesures visant à réduire ces inégalités et à améliorer les conditions de vie des résidents de Montebello.

Il convient de noter que pour plusieurs variables (24 variables), la moyenne de l'agglomération centrale est supérieure aux valeurs des variables de l'IRIS Montebello. Par exemple, la densité des accidents de la route, la part des actifs se déplaçant en voiture ou encore la superficie du foncier vacant présentent des valeurs supérieures dans l'agglomération centrale par rapport à Montebello.

B. Variation des facteurs de résilience à Montebello par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

En ce qui concerne les facteurs de résilience (Figure 19), 15 variables sont inférieures à la moyenne de l'agglomération centrale à Montebello, tandis que 7 variables sont supérieures. Les facteurs de résilience sous-représentés à Montebello incluent les revenus, l'engagement citoyen, certains éléments de la dimension caractéristiques urbaines, les espaces verts, les services écosystémiques, ainsi que les aides à la rénovation des logements.

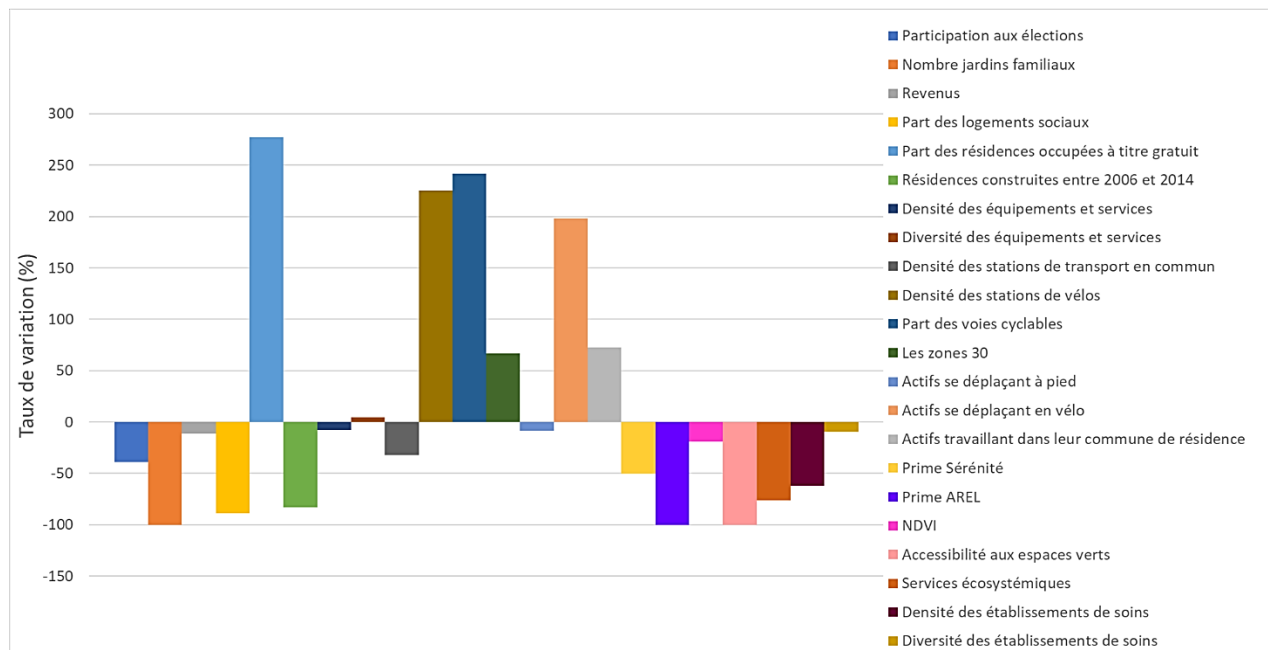


Figure 19: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

Tout d'abord, les revenus et l'engagement citoyen jouent un rôle essentiel dans la résilience d'une communauté (Lefebvre et al., 2013; Rousseau, 2007). Les résidents de Montebello ont des revenus inférieurs à la moyenne de l'agglomération centrale, ce qui peut limiter la capacité des résidents à faire face aux difficultés économiques. De plus, une faible participation aux élections peut témoigner d'un engagement citoyen limité, pouvant être attribué à diverses raisons. Par exemple, la présence prédominante d'une population étrangère dans ce quartier, n'ayant pas le droit de vote, ou encore simplement en raison de l'abstention (Muxel, 2007), cette situation peut affecter la prise de décision collective et la mobilisation de la communauté.

Ensuite, les caractéristiques urbaines de Montebello influencent également sa résilience. Un nombre limité de jardins familiaux peut réduire les liens sociaux au sein d'une communauté (Cérézuelle, 2003). De plus, une faible part de logements sociaux peut indiquer un accès limité à un logement abordable pour les résidents en situation de vulnérabilité. La diversité des établissements de soins et la densité des équipements et services sont également moins importants à Montebello.

À Montebello, le manque d'espaces verts et de zones arborées est une difficulté, comme l'indique la faible valeur du NDVI. Les espaces verts offrent de nombreux avantages, tels que l'amélioration de la qualité de l'air, la régulation thermique et la promotion du bien-être physique et mental (Zufferey, 2015). Leur absence ou leur accès limité peut réduire la capacité de ce quartier à faire face aux changements environnementaux, aux risques naturels et aux problèmes liés à la santé.

En ce qui concerne les aides, la part des bénéficiaires de la prime Sérénité et de la prime AREL est inférieure à la moyenne de l'agglomération centrale ; cela peut indiquer un accès limité à des soutiens financiers spécifiques pour les résidents de l'IRIS Montebello. Ces aides peuvent jouer un rôle crucial dans la résilience économique des ménages en situation de vulnérabilité.

Les taux supérieurs à la moyenne de l'agglomération centrale concernent la part des résidences occupées à titre gratuit, la densité des stations de vélos, la part des voies cyclables et des zones 30 ainsi que les actifs se déplaçant en vélo et ceux qui travaillent dans leur commune de résidence.

L'analyse des facteurs de résilience de l'IRIS Montebello met en évidence des éléments clés qui peuvent influencer la capacité de résilience de Montebello. En renforçant l'engagement citoyen, en améliorant les caractéristiques urbaines, en préservant et en développant les espaces verts et les services écosystémiques, ainsi qu'en soutenant les résidents grâce à des aides appropriées, il serait possible de renforcer la résilience de Montebello et de promouvoir son développement durable et équitable.

C. Focus sur les IRIS voisins de Montebello

Nous avons également réalisé une analyse des IRIS voisins de l'IRIS Montebello.

Le secteur étudié a été défini en se basant sur le principe de la proximité piétonne à 15 minutes de marche à partir du centroïde de l'IRIS du projet, comme indiqué dans la figure 20.

Les IRIS qui bordent Montebello, côté nord, appartiennent à la classe des territoires fragiles avec capacité à mobiliser des ressources, tandis que les IRIS qui le bordent au sud font partie de la catégorie des territoires fragiles.

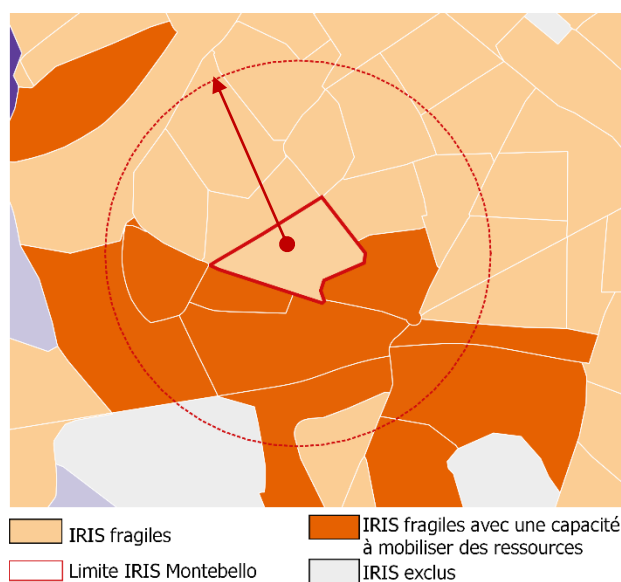


Figure 20: résultat de l'interprétation conjointe des indices de vulnérabilité et de résilience, avec un focus sur le secteur voisin de Montebello

Le graphique de la figure 21 présente le taux de variations des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Montebello et les IRIS voisins de ce dernier. En examinant de près les différents critères, nous pouvons constater les défis spécifiques auxquels l'IRIS Montebello est confronté et souligner l'importance de tenir compte des vulnérabilités spécifiques de cet IRIS.

Montebello se distingue de ses IRIS voisins par une combinaison de facteurs de vulnérabilité tels que des logements anciens, une proportion élevée de ménages d'une seule personne, un risque d'inondations plus élevé, une part importante de résidents étrangers, une concentration d'enfants en bas âge, une exposition aux PM₁₀ et une part élevée d'inactifs. Ces différences soulignent la nécessité de prendre en compte ces facteurs dans les politiques et les actions visant à réduire la vulnérabilité et à améliorer la qualité de vie dans cette zone spécifique.

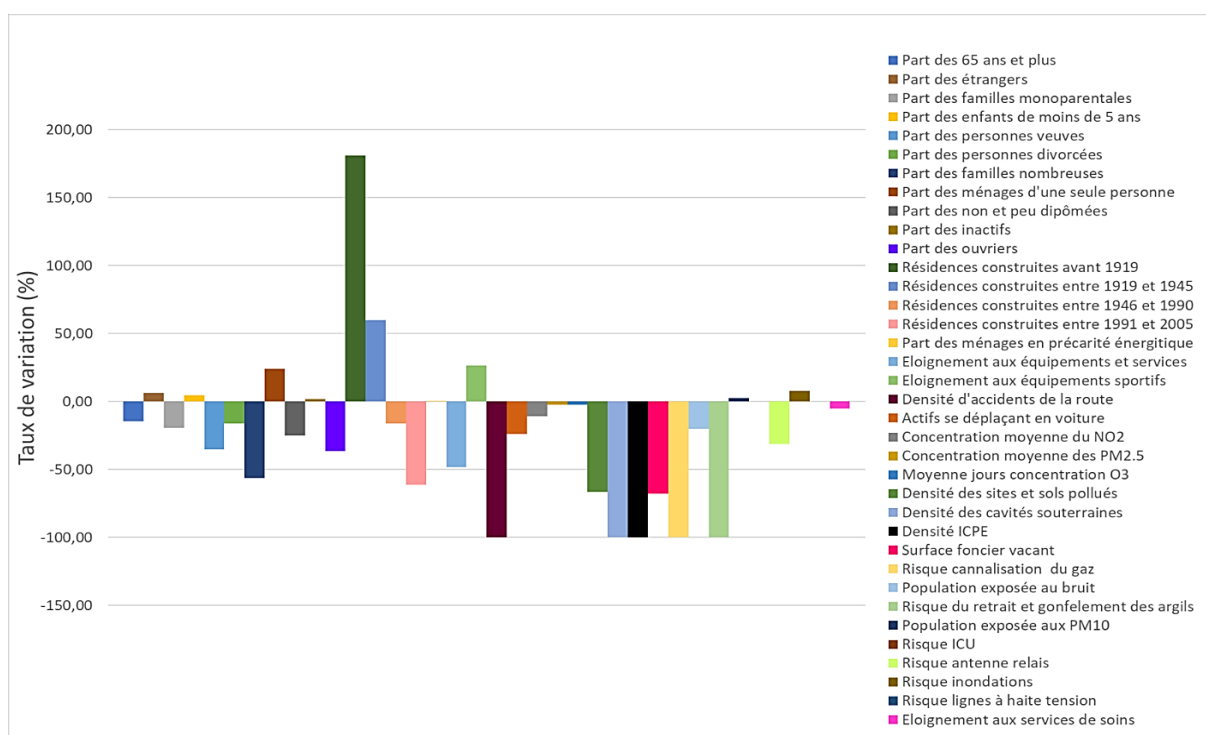


Figure 21: taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier

L'analyse comparative des facteurs de résilience entre l'IRIS Montebello et ses voisins (Figure 22) révèle des disparités, mettant en évidence l'intérêt de cette comparaison.

L'IRIS Montebello se distingue de ses voisins par un nombre réduit de jardins familiaux, une faible part des bénéficiaires de la prime AREL, une accessibilité réduite aux espaces verts, une proportion moindre de logements sociaux, un nombre limité de résidences récentes, une densité moindre d'établissements de soins, une disponibilité réduite des services écosystémiques, une densité moindre de stations de transport en commun, une proportion moins élevée d'actifs se déplaçant à pied, une densité moindre d'équipements et de services, une diversité moindre d'établissements de soins, un nombre limité de zones 30, une participation électorale moins élevée et une part moins élevée d'actifs travaillant localement.

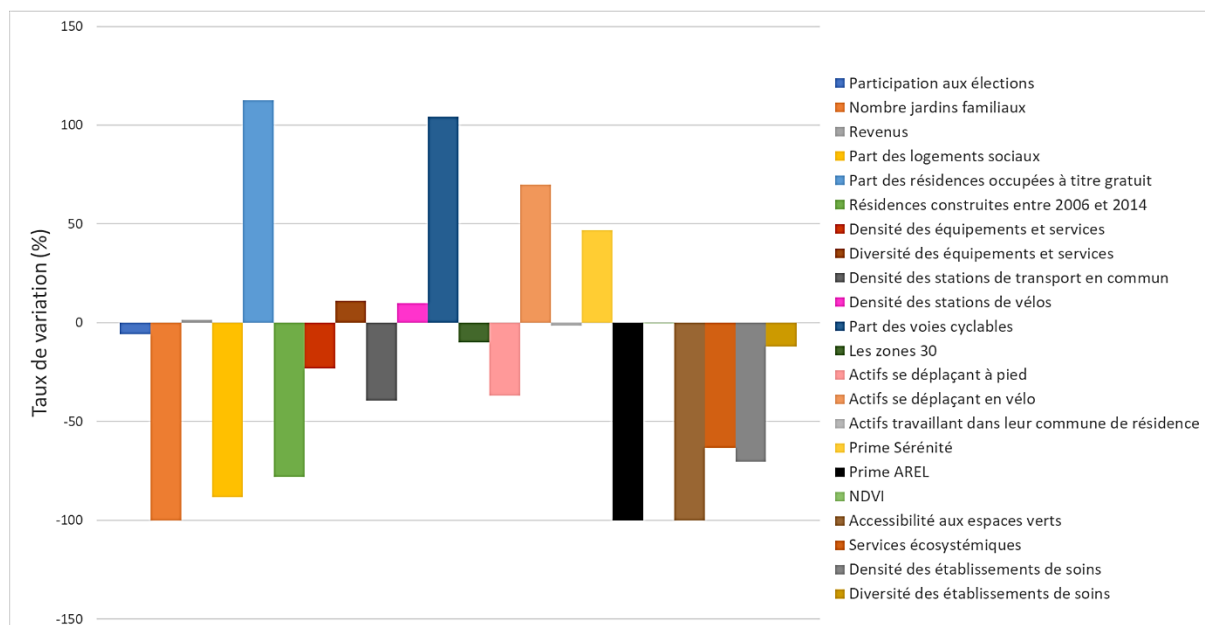


Figure 22: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Montebello et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier

La comparaison des facteurs de vulnérabilité et de résilience entre l'IRIS Montebello et ses IRIS voisins souligne l'intérêt de cette analyse approfondie. Les disparités identifiées mettent en évidence les défis spécifiques auxquels Montebello est confronté pour réduire ses vulnérabilités et renforcer sa résilience. Il est essentiel de prendre en compte ces éléments dans les politiques d'aménagement urbain et les stratégies de développement de cette zone.

III.2.1.2. Observations sur le terrain à Montebello

A. Habitat et voiries

La partie Est de l'IRIS est principalement occupée par des habitations fortement compactes, ce qui témoigne d'une densité élevée dans cette zone. Les logements individuels sont généralement de type R+1 à R+2 avec un comble. On trouve également des logements collectifs de R+2 (Villogia) à R+7. La figure 23 présente un état des lieux de la composition résidentielle du quartier.

Les logements situés au centre et à l'ouest de l'IRIS sont très dégradés. Selon l'ONPE, 24,7 % des ménages sont éligibles à « MaPrimeRénov » et 8 % des ménages sont éligibles à la prime Sérénité de l'ANAH, ce qui souligne la nécessité d'interventions et de soutien pour améliorer l'efficacité énergétique des logements et réduire la précarité énergétique.

Les rues intérieures du quartier Montebello sont étroites et ne permettent souvent qu'un seul sens de circulation. Cette configuration peut engendrer des problèmes de circulation et de stationnement, en particulier lorsqu'il s'agit de trouver des places de stationnement disponibles, ce qui peut avoir un impact sur la fluidité de la circulation piétonne et sur l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite ainsi que sur la qualité de l'air.

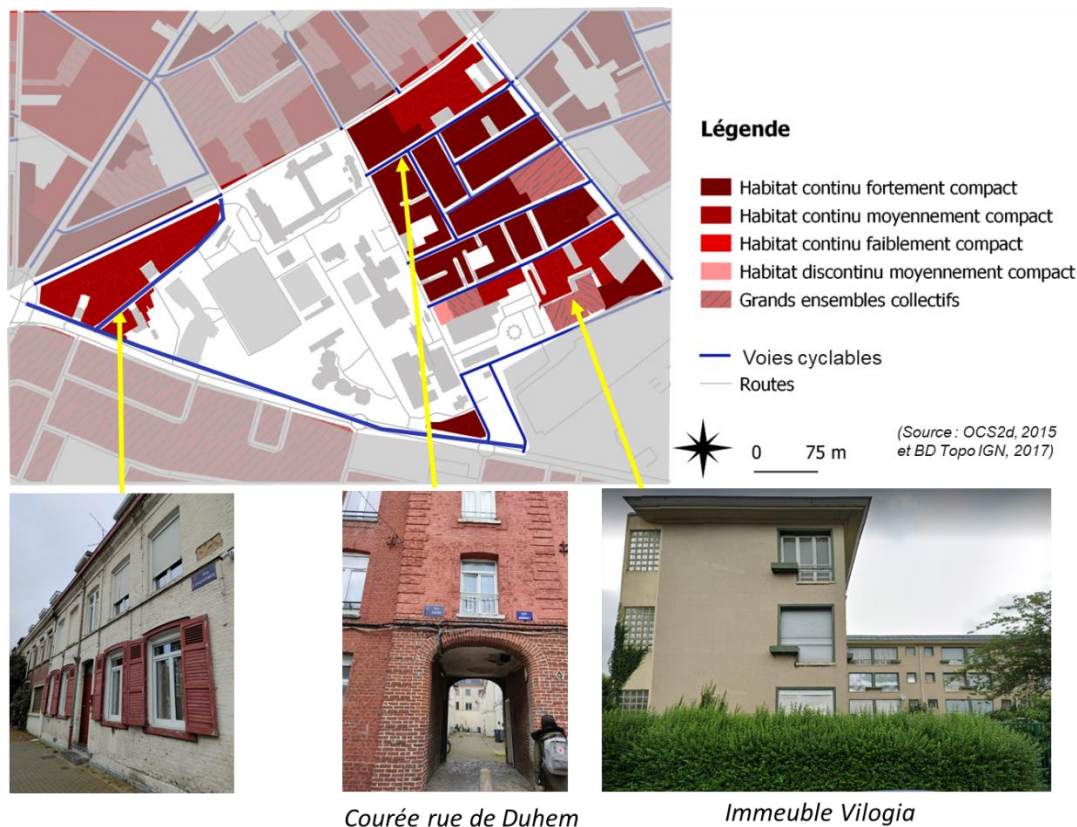


Figure 23 : Structure de l'habitat à Montebello

B. Espaces verts, bleus et modes de déplacements

La figure 24 présente un état des lieux de l'environnement du quartier. Nous constatons l'absence d'espaces verts, d'espaces de détente et de loisirs en plein air pour les résidents. Cependant, la partie Sud du quartier est occupée par un grand complexe sportif, ce qui constitue une opportunité pour les résidents de pratiquer diverses activités physiques et sportives à proximité de leur domicile.

Le quartier Montebello est desservi par le métro, qui passe sous le Boulevard Montebello, offrant ainsi une connectivité facile avec d'autres parties de la ville. De plus, deux lignes de bus (CITL et L5) desservent également le quartier, offrant aux résidents des alternatives de déplacement supplémentaires. Le quartier compte également deux stations V'lille, situées sur le Boulevard de Metz et la rue de Loos, qui permettent aux résidents d'accéder facilement au service de vélos en libre-service. Cependant, il est important de noter que la troisième station V'lille a été retirée en 2019. En ce qui concerne les pistes cyclables, bien qu'un réseau cyclable soit présent sur le plan pour toute la partie Est du quartier, il est regrettable de constater que les pistes ne sont pas clairement délimitées et qu'elles sont uniquement symbolisées par un logo au sol sur les routes. Cette situation peut engendrer des difficultés lors de la pratique du vélo sur ces pistes, ce qui présente un risque de dissuasion de déplacements à vélo.



Figure 24 : espaces verts, blues et modes de déplacements

C. Equipements et services

Tel qu'il est indiqué dans la figure 25 ci-dessous, le quartier Montebello se caractérise par une prédominance d'équipements de nature « services aux particuliers » selon la classification de l'Insee. En effet, la plupart des équipements présents dans le quartier sont axés sur les services destinés aux résidents. Parmi ces équipements, on compte 10 établissements de restauration et restauration rapide (majoritairement des Kébab).

La présence de ces établissements de restauration et de restauration rapide peut avoir un impact sur la santé et l'alimentation, car une fréquentation excessive de ces lieux peut favoriser une alimentation moins saine.

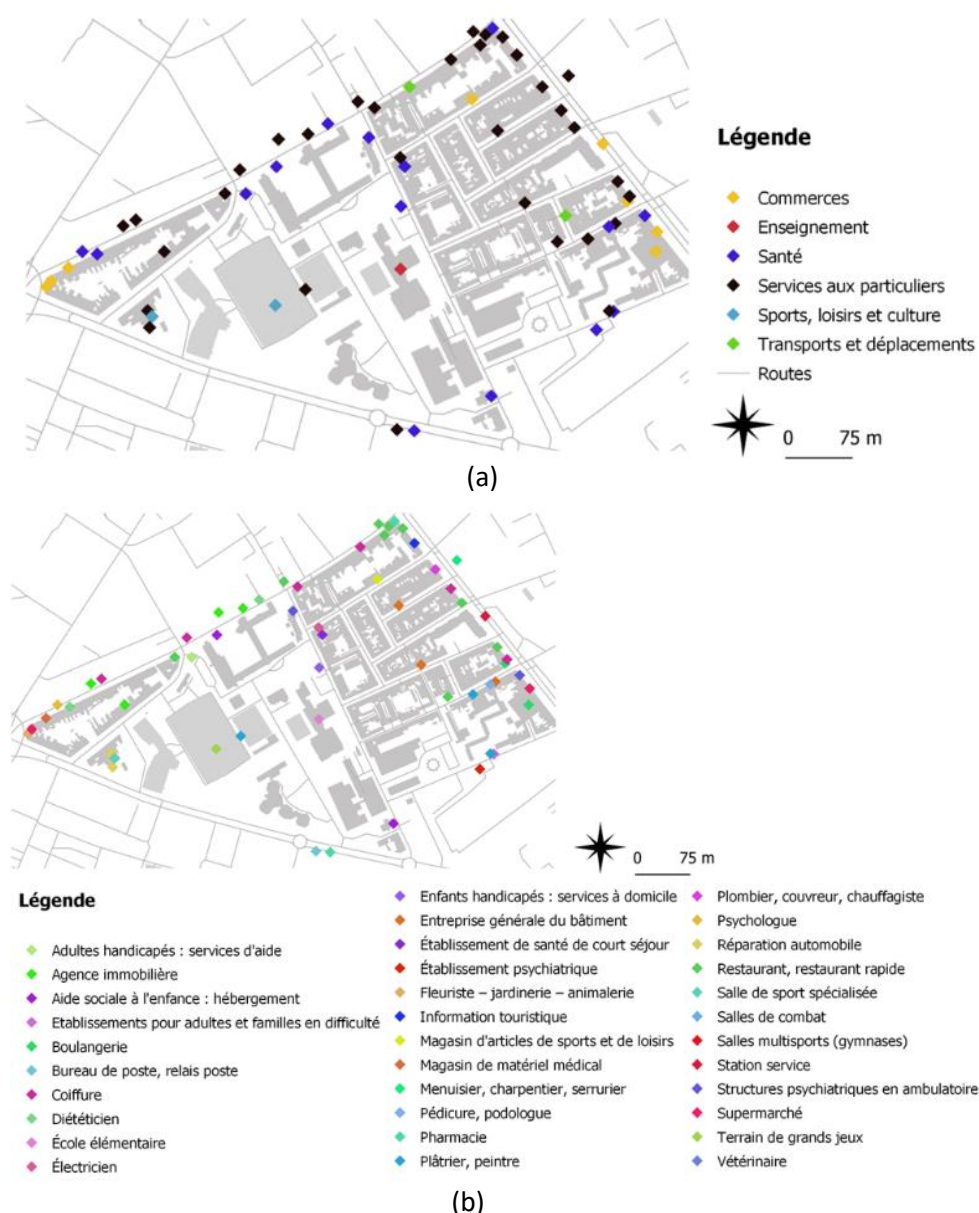


Figure 25 : répartition des équipements et services à Montebello, (a) catégories des équipements selon la classification de l'Insee, (b) localisation des différents équipements et services du quartier Montebello.

La figure 26 montre la localisation des friches, délaissés urbains, sites et sols pollués à Montebello. Tout d'abord, il est intéressant de noter que les friches et délaissés urbains sont enclavés. Leur présence peut représenter un potentiel inexploité pour le développement du quartier.

En ce qui concerne la pollution des sols et des sites, le quartier Montebello compte environ 17 sols et sites pollués, selon les bases de données BASIAS et BASOL. Ces sites peuvent provenir d'activités industrielles passées ou de pratiques de gestion des déchets qui ont laissé des résidus nocifs dans le sol. La présence de ces sites pollués soulève des préoccupations en matière de santé publique et d'environnement, nécessitant une attention particulière pour leur dépollution et leur réhabilitation.

La réhabilitation de ces friches et la dépollution des sols et des sites peuvent contribuer à améliorer la qualité de vie des résidents et à promouvoir le développement durable du quartier Montebello.

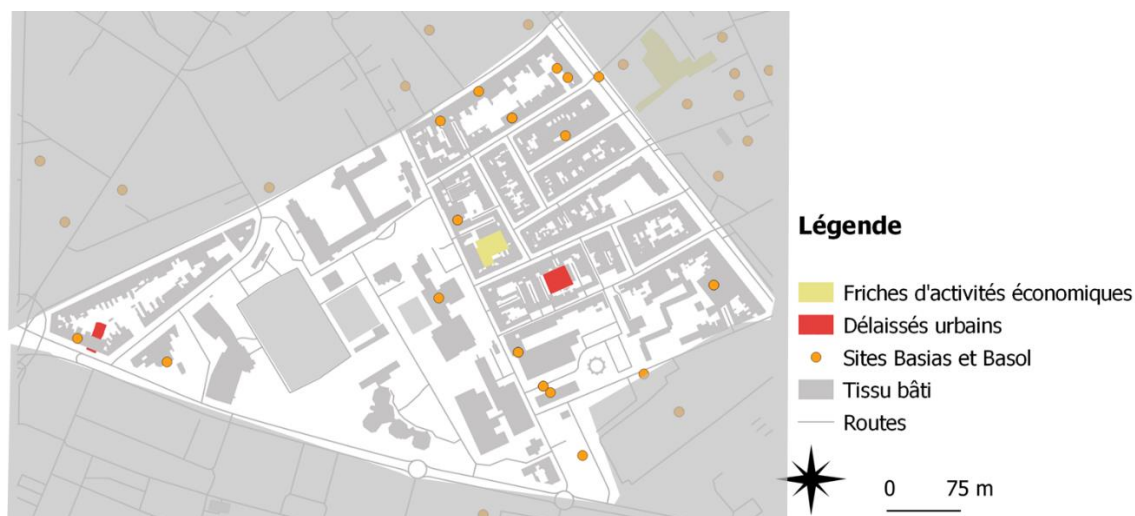


Figure 26 : Friches, délaissés urbains, sites et sols pollués à Montebello

E. Ilots de chaleur, bruit et pollution de l'air

Le quartier Montebello présente divers aspects en termes de climat, de bruit, de pollution de l'air et de risques hydrologiques, tel qu'indiqué dans la figure 27 ci-dessous. Tout d'abord, d'après les données de l'ADULM (2016) à l'exception du stade, tout le quartier est situé dans une zone climatique chaude caractérisée par des tissus urbains classés dans les aléas forts des ICU. Cette caractéristique climatique peut avoir des implications sur le confort thermique des habitants et nécessite des mesures d'adaptation appropriées, telles que l'isolation des bâtiments et l'utilisation de systèmes de climatisation efficaces.

En ce qui concerne le bruit, les deux boulevards qui bordent le quartier enregistrent un niveau de bruit important. Cela peut être attribué à la circulation automobile dense et aux activités commerciales le long de ces axes routiers.

Une préoccupation majeure dans le quartier Montebello est le dépassement important de la concentration des polluants de l'air par rapport aux normes de l'OMS. La pollution de l'air peut provenir de diverses sources, notamment du trafic routier, des industries environnantes ou des émissions provenant des systèmes de chauffage. Cette situation peut avoir des conséquences néfastes sur la santé des résidents, en particulier sur les personnes sensibles ou vulnérables.

De plus, tout le quartier Montebello est situé dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe selon les données de Géorisques en 2018. Cela indique un risque hydrologique lié à la présence de nappes souterraines qui pourraient déborder et causer des inondations.

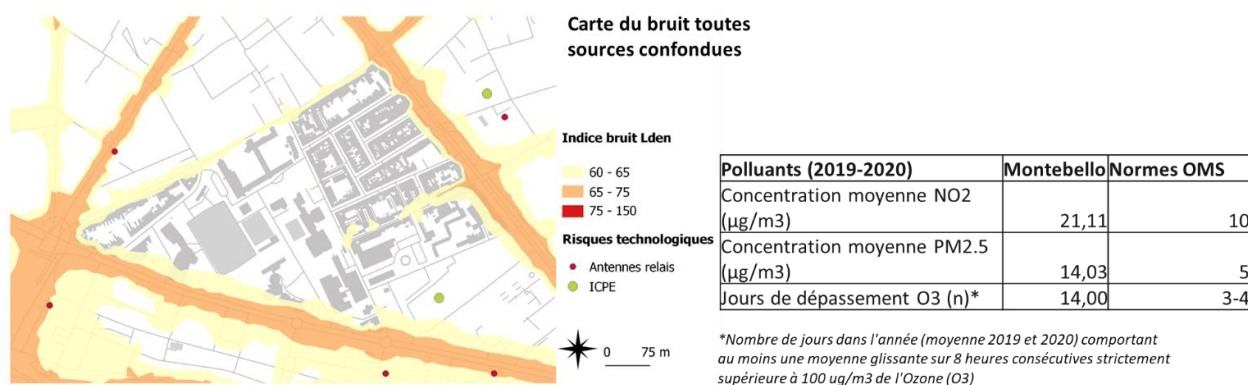


Figure 27 : pollution sonore et pollution de l'air à Montebello (source : MEL et Atmo Hauts-de-France)

III.2.1.3. Présentation du projet d'aménagement de Montebello

La MEL et la ville de Lille ont développé une stratégie visant à mettre en œuvre des Quartiers Anciens Bas Carbone et à Santé Positive. Cette initiative s'inscrit dans le cadre du 4^{ème} Programme d'Investissements d'Avenir (PIA 4) et du projet de renouvellement urbain orchestré par la Société Publique Locale d'Aménagement – Fabrique (SPLA).

Le projet Iéna Mexico, situé dans la partie Est du quartier Montebello, a été désigné pour être un démonstrateur des quartiers anciens sobres, sains et inclusifs. Cette désignation fait partie des efforts entrepris pour créer des quartiers durables, où le respect de l'environnement et le bien-être des habitants sont au cœur des préoccupations.

L'opération d'aménagement dans le secteur Iéna Mexico vise à coordonner et combiner les interventions sur les bâtiments et les espaces ouverts, qu'ils soient publics ou privés, dans le but de :

- Combattre la sur-division des habitations et ses impacts sur le fonctionnement social et urbain, en évitant l'étalement urbain excessif. Cette mesure vise à favoriser une meilleure organisation des logements, en garantissant des espaces de vie adéquats.
- Améliorer la qualité urbaine en adoptant une approche équilibrée entre l'usage de la voiture, le développement des modes de déplacement actifs et la création d'espaces propices à la respiration et à la biodiversité. Cela se traduira par une meilleure prise en compte des besoins de mobilité, en favorisant des solutions de transport durables et en créant des espaces verts propices à la préservation de la nature.
- Établir des liens avec les quartiers environnants et les zones d'intensité, notamment les secteurs Concorde (programme national de requalification urbaine - NPRU), Jules Guesde à l'est (NPRU) et Cormontaigne au nord.

Les actions d'aménagement dans le secteur Iéna Mexico sont représentées dans la figure ci-dessous (Figure 28). Le programme d'aménagement prévoit l'acquisition de 66 biens privés, dont 39 seront destinés à être restructurés et 27 devront être démolis conformément à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP). Le programme comprend également la mise en place d'une Opération de Restauration Immobilière (ORI) et d'une Opération Programmée

d'Amélioration de l'Habitat (OPAH), avec un volet spécifique pour les copropriétés, dans le but d'améliorer le parc immobilier existant.

Le programme vise également à transformer la parcelle Vilogia en un espace ouvert, en créant le Square Van Hende. Les objectifs principaux de ce projet sont les suivants :

- Démolir la barre Vilogia pour rendre l'îlot poreux et traversable, permettant ainsi une meilleure circulation à travers l'espace. Cela contribuera à ouvrir l'îlot sur l'espace public environnant.
- Recréer les conditions d'un grand cœur jardiné ouvert sur l'espace public. Le Square Van Hende sera aménagé avec des jardins collectifs, des espaces de jeux.
- Travailler sur les entrées depuis les rues de Léna et Van Hende afin de garantir une transparence visuelle jusqu'au cœur du square. Cela permettra de créer des connexions visuelles fluides et attrayantes entre les rues environnantes et l'espace public du Square Van Hende.

Concernant la rue d'Léna, le projet prévoit de retrouver les qualités d'une rue de quartier tout en assurant la sécurité des piétons. Le caractère du tissu urbain de Léna Mexico sera préservé, tout en ouvrant sur le square. Pour cela, l'ancien garage sera réaménagé et activé avec un programme axé sur l'économie sociale et solidaire (ESS). De plus, une entrée dans le prolongement de la rue d'Hondschoote sera envisagée et des démolitions complémentaires pourront être effectuées si nécessaire pour renforcer les accès.

Pour ce qui est de la rue Van Hende, le programme d'aménagement prévoit la création d'une nouvelle opération de logements du côté sud du square, maintenant ainsi la continuité du tissu urbain le long de la rue Van Hende. Le caractère jardin sera accentué pour cette nouvelle opération de logements, avec des espaces verts en interface avec le parc. La reconversion de l'actuel parking de la parcelle ILEO favorisera cette transition.

Concernant la parcelle ILEO, une réflexion sera engagée sur la gestion de l'espace stationné, en favorisant la compacité et la mutualisation. Cela permettra de créer une nouvelle continuité entre les rues d'Léna et Van Hende, en prolongeant la rue de l'Herminet avec un passage piéton-cycle. Cette initiative renforcera le caractère urbain de la frange ouest de la parcelle Vilogia et favorisera la porosité et l'aération du tissu urbain.

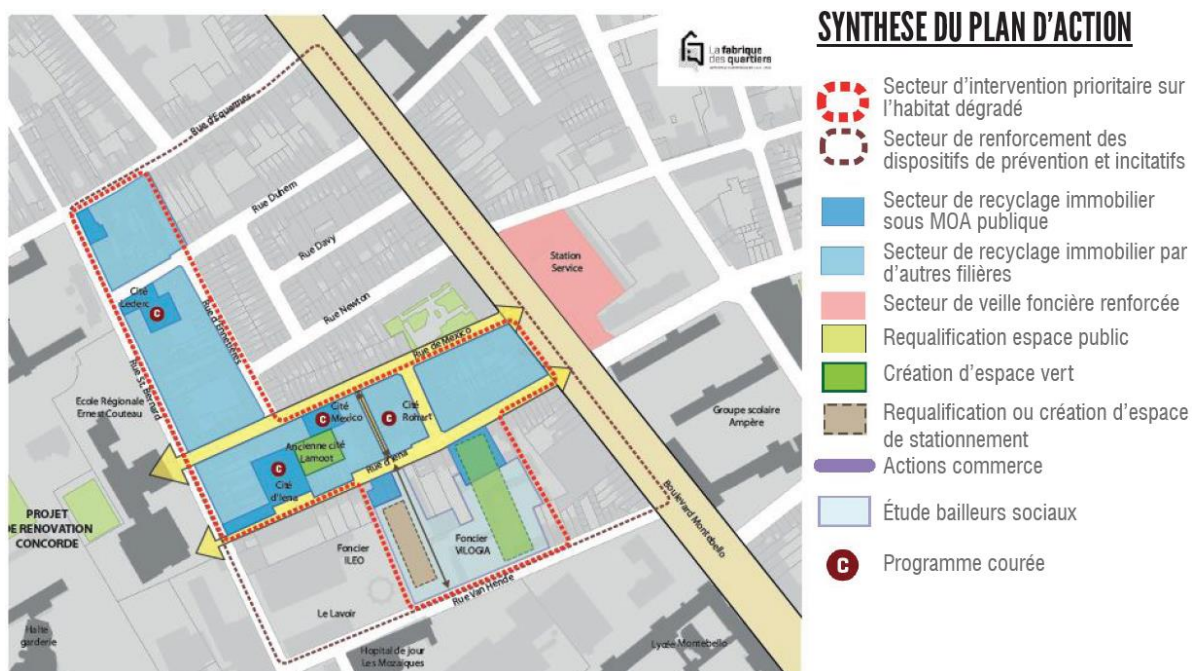


Figure 28 : actions d'aménagement du projet Lena Mexico (source : fabrique des quartiers)

III.2.1.4. Calcul des indices de vulnérabilité et de résilience après intégration des actions d'aménagement

Suite à l'analyse de la proposition d'aménagement du quartier Montebello, les actions envisagées dans le projet ont été identifiées et évaluées. Les variables impactées par cette proposition d'aménagement ont été recalculées pour prendre en compte les changements prévus.

Dans le cas du quartier Montebello, il est intéressant de noter que les variables composant l'indice de résilience sont les plus concernées par la proposition d'aménagement. Le projet Montebello impacte cinq variables de l'indice de résilience et deux variables de l'indice de vulnérabilité. Il est important de noter que malgré l'importance des actions influençant l'indice de résilience, certaines mesures clés font défaut, comme par exemple, sur la réduction de la concentration des polluants dans l'air. La proposition d'aménagement met ainsi davantage l'accent sur le renforcement de la résilience du quartier plutôt que sur la réduction des vulnérabilités.

Le tableau 14 ci-dessous présente les variables concernées par la proposition d'aménagement du quartier Montebello, leur valeur à T0 (correspondant aux valeurs des variables avant la prise en compte des actions d'aménagement), ainsi que les valeurs des variables à T1 qui correspondent aux valeurs après intégration des actions d'aménagement.

Tableau 14: valeurs prises par les variables de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience avant (T0) et après (T1) la prise en compte du projet d'aménagement de Montebello

	Montebello						
	Résilience					Vulnérabilité	
	Jardins familiaux (n)	NDVI	Logements sociaux (%)	Résidences construites après 2006 (%)	Voies cyclables (%)	Résidences construites avant 1919 (%)	Résidences construites entre 1919 et 1945 (%)
T0	0	0,35	1,29	1,28	101,11	13,6	37,3
T1	1	0,36	0,08	3,78	102,35	11,6	35,9

Les variables de l'indice de résilience concernées par le projet Iena Mexico à Montebello sont liées au nombre de jardins familiaux, au NDVI, la part des logements sociaux, la part des résidences construites après 2006 et enfin à la part des voies cyclables.

Le nombre de jardins familiaux passe de 0 à 1 jardin. Cette nouvelle inclusion d'un jardin familial dans le projet contribue à renforcer la résilience du quartier en offrant des espaces verts pour les résidents, favorisant ainsi la biodiversité et la qualité de vie.

Le NDVI passe de 0,35 à 0,36. Cette légère augmentation indique une amélioration de la couverture végétale dans la zone du projet.

En revanche, la part des logements sociaux connaît une diminution significative, passant de 1,29 % à 0,08 %. Cette réduction peut indiquer une évolution de la composition sociale du quartier, avec potentiellement moins de logements sociaux disponibles. Il est important d'étudier attentivement les conséquences socio-économiques de cette transformation, car elle pourrait entraîner des implications complexes pour l'accès aux logements abordables pour les populations à faible revenu. Cela pourrait également encourager l'installation de populations à revenu plus élevé dans le quartier, ce qui, à son tour, pourrait potentiellement conduire au phénomène de gentrification.

Par ailleurs, la part des résidences construites après 2006 connaît une augmentation, passant de 1,28 % à 3,78 %. Cela suggère un accroissement du nombre de nouvelles constructions dans la zone du projet. Cette évolution peut être perçue comme un signe de croissance et de développement, mais elle nécessite également une évaluation de son impact sur la résilience urbaine à long terme, notamment en termes de densité, d'infrastructures et de services publics.

Enfin, la part des voies cyclables augmente très légèrement, passant de 101,11 m/ha à 102,35 m/ha. Cette augmentation témoigne des efforts pour promouvoir les modes de transport durables et actifs, ce qui peut contribuer à la résilience en réduisant la dépendance à l'égard des véhicules motorisés.

En ce qui concerne les facteurs de vulnérabilité, le projet d'aménagement concerne les variables liées aux résidences construites avant 1919 et celles construites entre 1919 et 1945. La part des résidences construites avant 1919 diminue de 13,6 % à 11,6 %. Cette diminution peut être considérée comme un signe positif, car les logements plus anciens peuvent présenter des fragilités structurelles ou augmenter le risque précarité énergétique. De même, la part des résidences construites entre 1919 et 1945 connaît également une légère diminution, passant de 37,3 % à 35,9 %. Cette évolution indique une réduction du nombre de logements potentiellement vulnérables.

III.2.1.5. Résultats suite à l'intégration des nouvelles valeurs des variables

Les valeurs des variables recalculées en tenant compte des objectifs de la proposition d'aménagement ont été intégrées dans la matrice initiale. Les indices de vulnérabilité et de résilience ont ensuite été recalculés pour l'IRIS Montebello.

Le projet d'aménagement de Montebello a un impact sur les scores de vulnérabilité et de résilience de l'IRIS du projet. Le nouveau score de vulnérabilité calculé est de 0,618 (0,625 à T0). Il y a donc une légère diminution de la vulnérabilité du quartier suite à prise en compte des actions du projet d'aménagement. Parallèlement, le nouveau score de résilience calculé pour le quartier Montebello est de 0,735 (0,713 à T0). Cette augmentation du score de résilience reflète les améliorations apportées par le projet d'aménagement, ce qui renforce la capacité du quartier.

Malgré l'impact de la proposition d'aménagement sur les scores de vulnérabilité et de résilience de l'IRIS Montebello, les variations des deux indices ne sont pas suffisamment significatives pour que l'IRIS du projet change de classe.

En effet, les seuils de Jenks de vulnérabilité et de résilience nécessaires pour que l'IRIS changent de classe sont respectivement de 0,569 pour l'indice de vulnérabilité et de 0,492 pour l'indice de résilience. Les résultats obtenus indiquent que le projet d'aménagement n'a pas atteint ces seuils pour provoquer un changement de classe. Cela peut s'expliquer par la présence d'autres facteurs de vulnérabilité qui sont surreprésentés dans les IRIS et qui n'ont pas été pris en compte dans la proposition d'aménagement, ou qui ne relèvent tout simplement pas de l'action d'un projet d'aménagement. Bien que le projet d'aménagement ait apporté des améliorations mesurables, il est nécessaire de poursuivre les efforts pour aborder de manière holistique les multiples facteurs qui contribuent à la vulnérabilité et à la résilience du quartier. Cela permettra de développer des solutions plus complètes et adaptées aux besoins spécifiques du quartier.

III.2.1.6. Perspectives d'amélioration du projet

Dans la continuité des constatations précédentes, nous avons cherché à identifier la situation optimale pour améliorer la situation du quartier. Une modélisation théorique a été proposée, en prenant en compte les actions décrites dans le projet d'aménagement et en intégrant d'autres variables de l'environnement structurel issues du diagnostic initial établi pour l'IRIS Montebello. Les figures 29 et 30 ci-dessous rappellent les facteurs de vulnérabilité sur-représentés et les facteurs de résilience sous-représentés à Montebello par rapport à la moyenne de l'agglomération centrale. Dans cette nouvelle modélisation, les facteurs impactés par le projet d'aménagement (surlignés en grisé dans les figures ci-dessous), sont amenés au niveau cible. Les autres facteurs ont fait l'objet de variations de 10 %, 15 % et 20 %.

Les facteurs en lien avec la défaveur socio-économique, les revenus et l'engagement citoyen ont été intégré à un niveau identique au T0, car, ces facteurs ne relèvent pas de la compétence d'un aménageur. En effet, la défaveur socio-économique, les niveaux de revenus et l'engagement citoyen sont des éléments qui découlent d'une complexité sociétale bien plus vaste. Ils sont influencés par des facteurs multiples et interconnectés, dont certains sont hors du champ d'action d'un aménageur. En maintenant ces paramètres constants, la modélisation se concentre sur l'effet direct du projet d'aménagement sur les aspects qui sont sous le contrôle de l'aménageur.

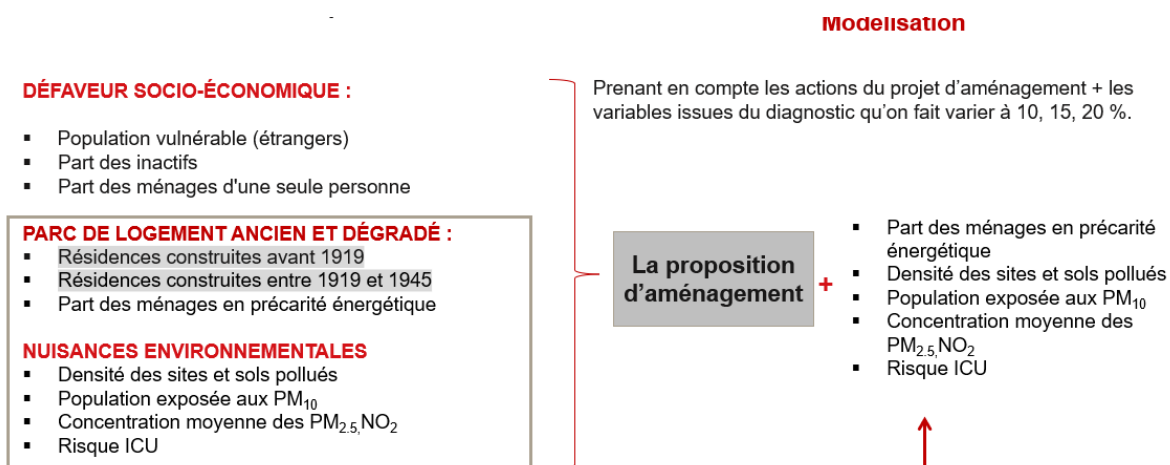


Figure 29 : modélisation tenant compte des facteurs de vulnérabilité de l'IRIS Montebello

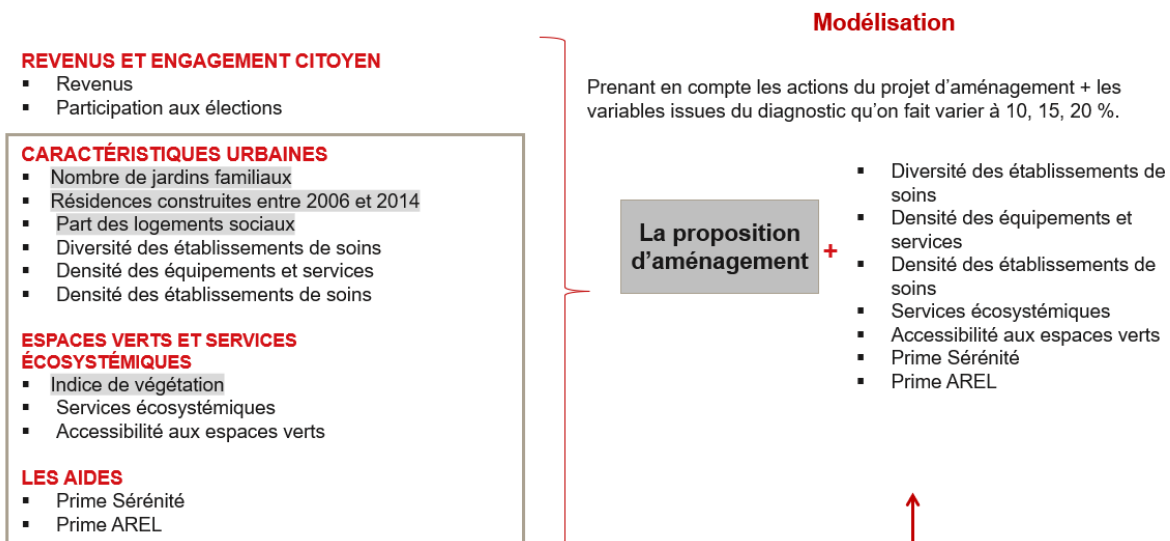


Figure 30 : modélisation tenant compte des facteurs de résilience de l'IRIS Montebello

Après avoir effectué les calculs des indices, il est possible de constater que dans le cas de l'IRIS Montebello, qui était initialement classé dans la catégorie des territoires « fragiles avec une capacité à mobiliser des ressources », une réduction des facteurs de vulnérabilité liés à l'environnement structurel, équivalente à 15%, a entraîné un changement de classement pour ledit IRIS. En ce qui concerne l'indice de résilience, la valeur de celui-ci n'a pas été fortement impactée après l'augmentation des facteurs de résilience sous-représentés dans l'IRIS (à 10%, 15% et 20%). Ainsi, l'IRIS de Montebello passe désormais dans la classe des territoires « Résilients ».

Bien que la réduction des facteurs de vulnérabilité liés à l'environnement structurel puisse contribuer à améliorer la situation des IRIS, il est primordial de prendre en compte d'autres dimensions et politiques pour une approche complète et efficace.

III.2.2. Projet Cul-de-Four

III.2.2.1. Analyse des facteurs de vulnérabilité et de résilience à Cul-de-Four

A. Variation des facteurs de vulnérabilité à Cul-de-Four par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

L'IRIS Cul-de-Four présente plusieurs facteurs de vulnérabilité qui sont supérieurs à la moyenne de l'agglomération centrale (Figure 31). Cette analyse met en évidence trois principales catégories de vulnérabilité : la défaveur socio-économique, le parc de logement ancien et dégradé, ainsi que les nuisances environnementales.

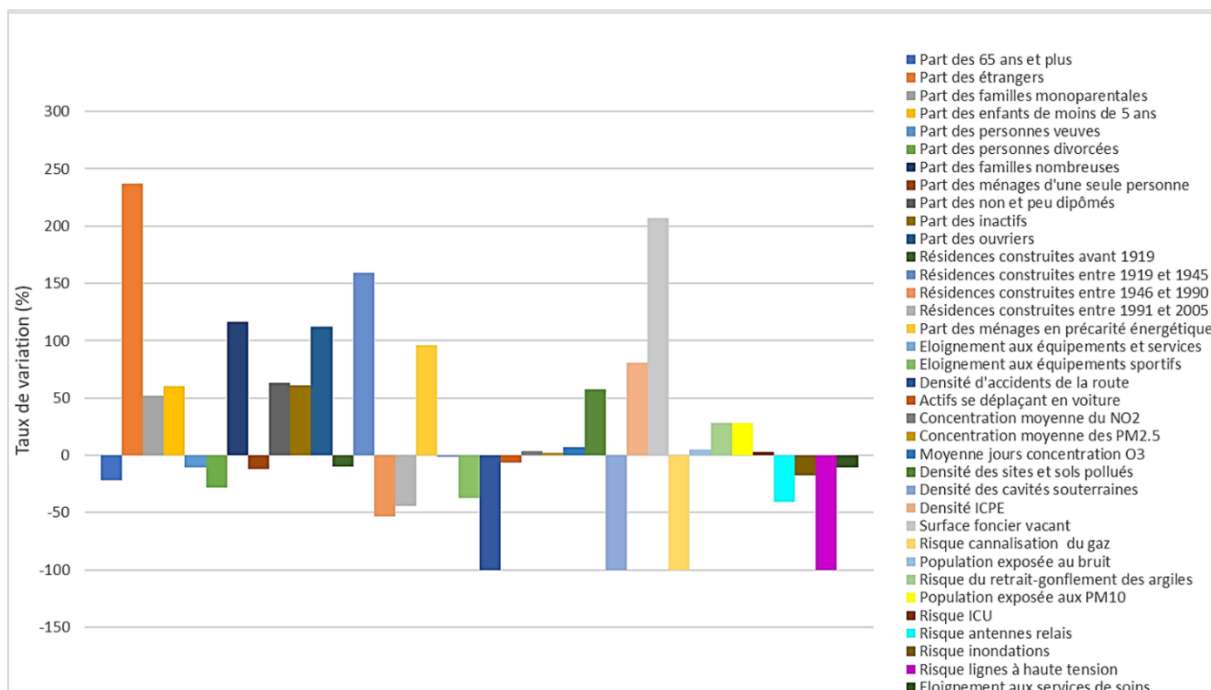


Figure 31 : taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

L'IRIS Cul-de-Four présente une vulnérabilité marquée par la défaveur socio-économique et les problèmes liés au parc de logement ancien et dégradé. La population vulnérable, comprend des étrangers et des ménages avec des caractéristiques socio-économiques défavorisées. Elle fait face à des défis tels que la précarité financière, l'accès limité aux opportunités d'emploi et aux services sociaux. Les résidences anciennes nécessitent des rénovations et la précarité énergétique entraîne des difficultés pour maintenir des conditions de chauffage adéquates. Ces facteurs contribuent à des conditions de vie précaires et à des coûts énergétiques élevés pour les résidents de Cul-de-Four.

L'IRIS Cul-de-Four est également caractérisée par une densité des ICPE, des sites et sols pollués, ainsi qu'une surface de foncier vacant importants. Cela induit un risque d'exposition accrue à des risques environnementaux et sanitaires.

De plus, le retrait et le gonflement des argiles peuvent causer des dommages aux infrastructures et aux bâtiments. Enfin, la concentration et l'exposition de la population à la pollution de l'air, notamment aux particules fines (PM₁₀, PM_{2.5}), au dioxyde d'azote et à l'ozone, ainsi qu'à la pollution sonore, peuvent avoir des effets néfastes sur la santé et le bien-être des résidents.

Cependant, 16 variables de vulnérabilité se situent en dessous de la moyenne de l'agglomération centrale, parmi lesquelles : la part des personnes âgées de 65 ans et plus, la densité des cavités souterraines et la densité des accidents de la route.

Il est crucial de mettre en œuvre des stratégies et des politiques visant à réduire les vulnérabilités présentes à Cul-de-Four, à améliorer les conditions de vie des résidents et à promouvoir une meilleure qualité de vie. Cela peut inclure des initiatives de développement

économique, de rénovation du logement, de réhabilitation environnementale et de protection de la santé des résidents.

B. Variation des facteurs de résilience à Cul-de-Four par rapport à la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

Concernant les facteurs de résilience (Figure 32), l'IRIS Cul-de-Four présente des facteurs de résilience qui sont moins importants comparant à la moyenne de l'agglomération centrale. Cette analyse met en évidence trois principales catégories de facteurs de résilience sous-représentés : les revenus et l'engagement citoyen, les caractéristiques urbaines, ainsi que les espaces verts et les services écosystémiques.

Les revenus et l'engagement citoyen sont des éléments clés de résilience, mais ils sont inférieurs à la moyenne de l'agglomération centrale. Sur le plan urbain, plusieurs facteurs de résilience sont également moins importants à Cul-de-Four. Il y a un manque de résidences récentes et conformes aux normes de confort et d'efficacité énergétique, ainsi qu'une faible présence de zones 30 qui favorisent la sécurité routière. De plus, la densité des stations de vélos, ainsi que la densité et la diversité des établissements de soins, des équipements communautaires et des services, sont insuffisantes. Cela peut limiter l'accessibilité et la disponibilité des services de santé, des équipements communautaires et des transports durables, affectant ainsi la qualité de vie, la santé et le bien-être des résidents de Cul-de-Four.

Enfin, les espaces verts et les services écosystémiques sont également sous-représentés à Cul-de-Four. En effet, un indice de végétation plus faible et une accessibilité réduite aux espaces verts viennent limiter les opportunités de détente, de loisirs et de connexion avec la nature.

En revanche, ce quartier présente un potentiel de résilience sur certains aspects tels que : la part des logements sociaux, les jardins familiaux ou encore la part des bénéficiaires de la prime AREL.

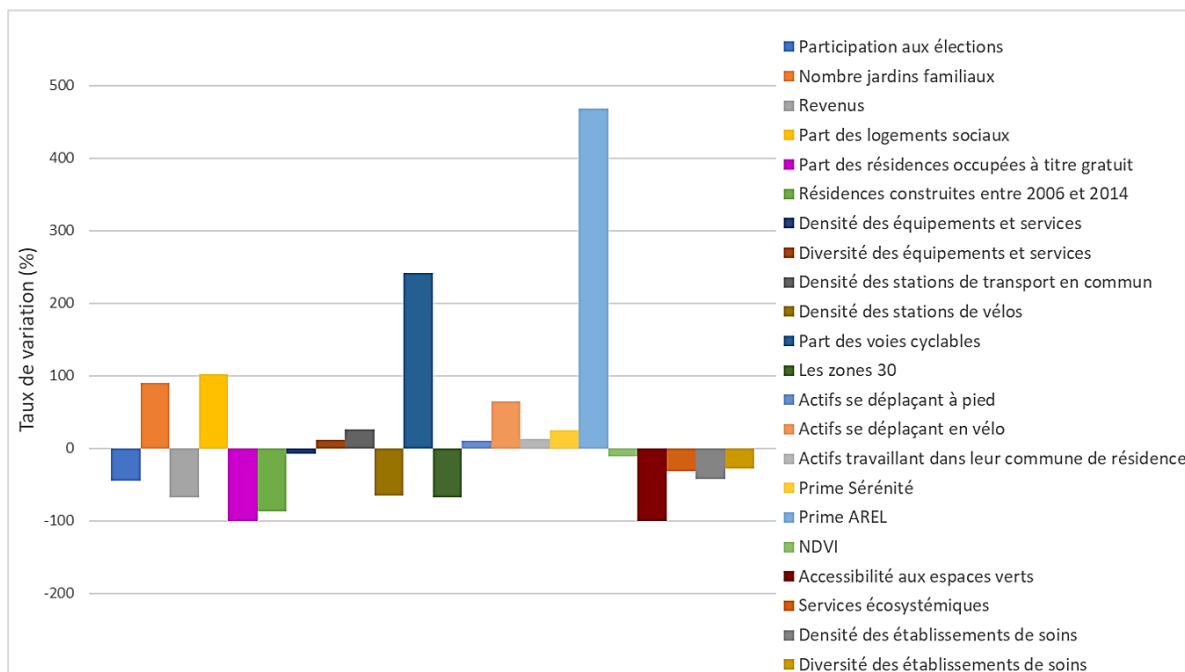


Figure 32: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS de l'agglomération centrale

C. Focus sur les IRIS voisins de Cul-de-Four

Les IRIS voisins de l'IRIS Cul-de-Four sont majoritairement classés comme des territoires fragiles, à l'exception de deux IRIS à l'est du Cul-de-Four qui sont considérés comme résilients, comme le montre la figure 33.

Dans cette analyse, nous examinerons les facteurs de vulnérabilité importants à Cul-de-Four, par rapport aux IRIS voisins (Figure 34).

À Cul-de-Four, nous constatons un nombre plus important de logements construits entre 1919 et 1945, impliquant des risques de vétusté, d'isolation insuffisante et de précarité énergétique. De plus, la proportion élevée de familles nombreuses, monoparentales et de ménages d'une seule personne révèle des difficultés socio-économiques et des besoins spécifiques en matière de logement.

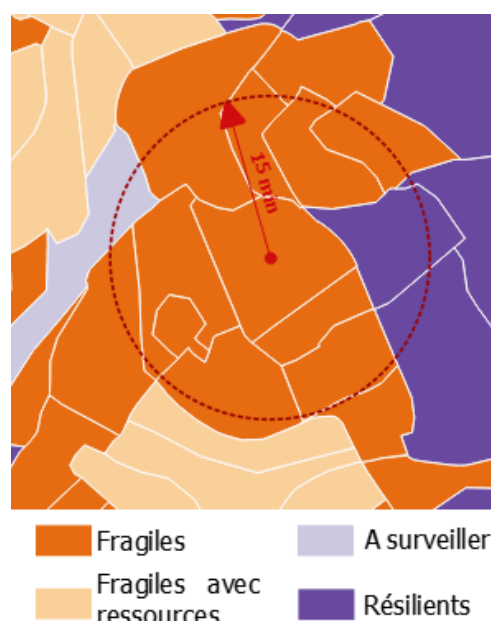


Figure 33: résultat de l'interprétation conjointe des indices de vulnérabilité et de résilience

La présence d'un pourcentage plus élevé d'étrangers souligne les besoins particuliers en intégration à Cul-de-Four. Par ailleurs, la concentration d'inactifs, d'ouvriers et de personnes peu ou non diplômées suggère une concentration de personnes en situation de précarité et d'exclusion sociale. La densité élevée de sites et sols pollués expose les résidents de Cul-de-Four à des risques accrus pour leur santé et leur environnement. Les niveaux moyens du NO_2 et les jours de concentration de O_3 plus élevés ont également des répercussions sur la santé

respiratoire. L'éloignement plus important des équipements et services limite l'accessibilité aux soins de santé, à l'éducation, aux transports et aux opportunités d'emploi à Cul-de-Four. Cette situation renforce les inégalités socio-économiques et entrave les possibilités d'amélioration des conditions de vie des résidents.

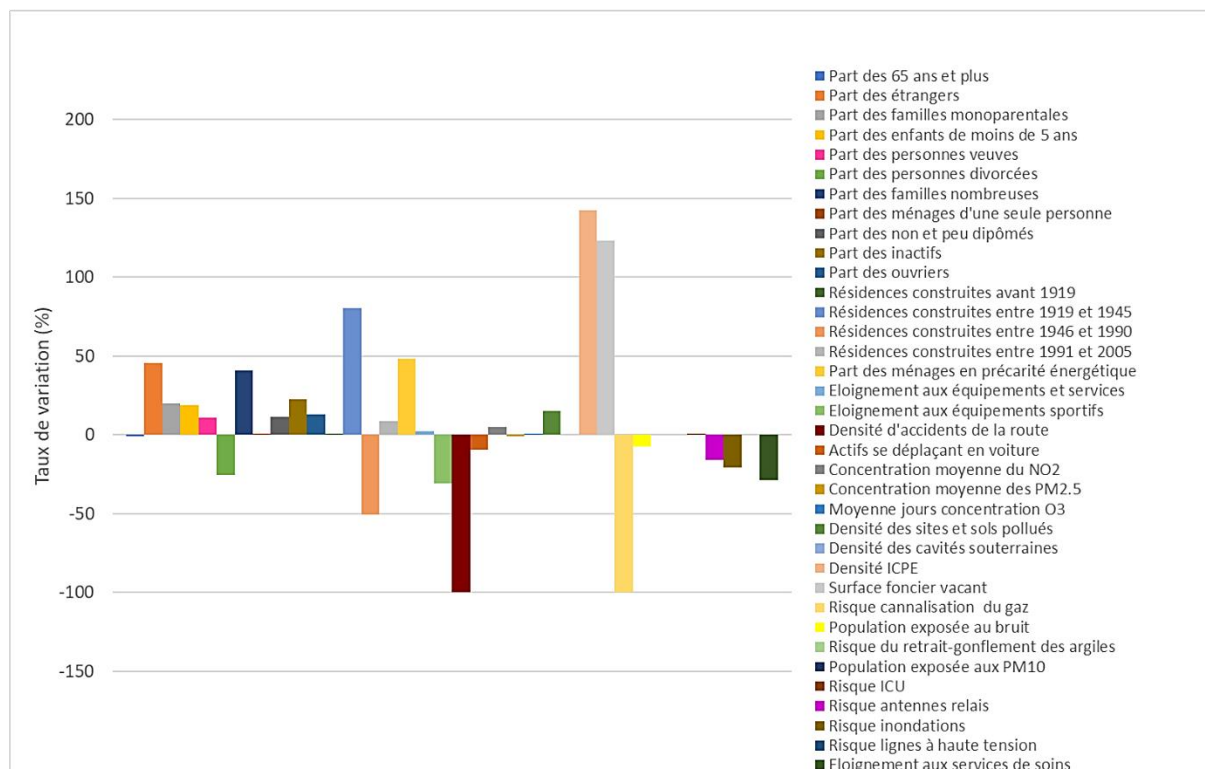


Figure 34: taux de variation des facteurs de vulnérabilité entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS voisines de ce dernier

En ce qui concerne les facteurs de résilience (Figure 35), la comparaison avec les IRIS voisines met en évidence des disparités significatives dans plusieurs champs tels que le logement, l'environnement, la participation civique et l'accessibilité aux services. Ces lacunes soulignent la nécessité d'une attention accrue et d'efforts supplémentaires pour renforcer la résilience du Cul-de-Four.

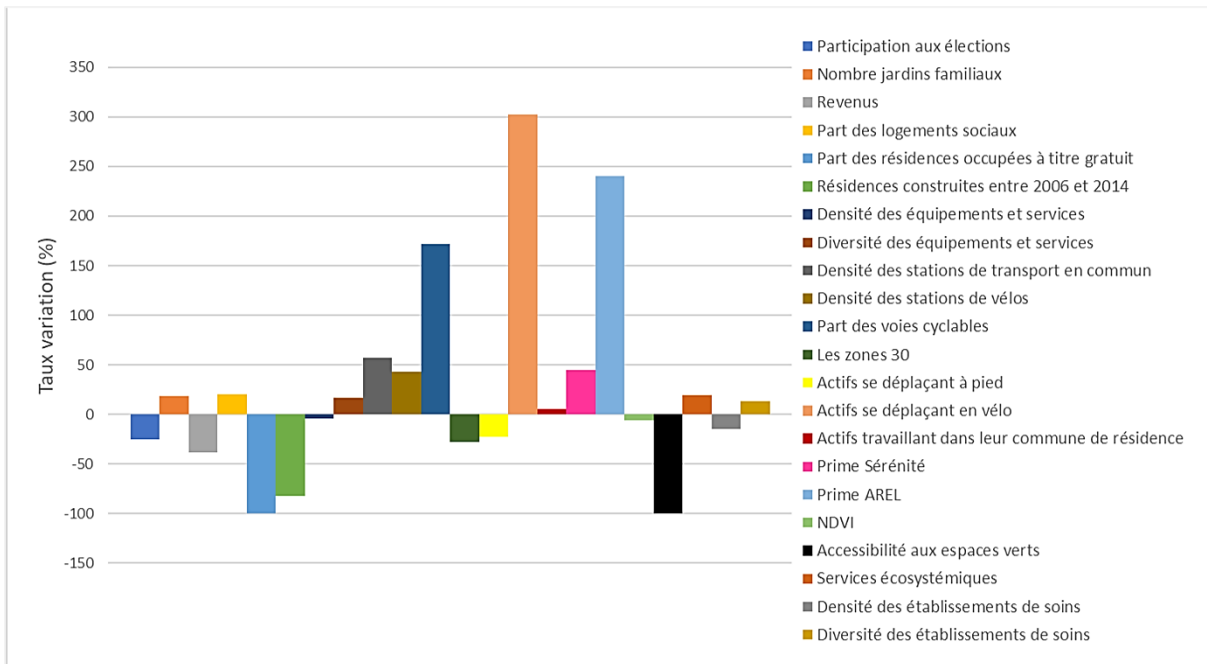


Figure 35: taux de variation des facteurs de résilience entre l'IRIS Cul-de-Four et la moyenne des IRIS aux alentours de ce dernier

III.2.2.2. Observations sur le terrain à Cul-de-Four

A. Habitat et voiries

L'habitat dans le quartier présente plusieurs caractéristiques (Figure 36). D'une part, nous observons des logements individuels de R+1 avec des toits aménagés. D'autre part, nous constatons la présence de logements collectifs appartenant au bailleur LMH, avec des bâtiments allant de R+2 à R+4. Nous constatons que le quartier souffre d'un parc de logements anciens et dégradés. En effet, selon l'ONPE (2020), 27,6% des ménages du quartier sont en précarité énergétique, 36% des ménages sont éligibles à « Maprime Rénov » et 20,4% éligibles à la prime Sérénité de l'ANAH.

En ce qui concerne les voiries, le quartier présente certaines lacunes. Les rues sont étroites, ce qui peut entraîner des problèmes de circulation et de stationnement ainsi que conflits d'usage d'occupation du sol et services publics (emplacements poubelles, locaux vélos, etc.). Un aspect particulièrement problématique est le stationnement des voitures sur les trottoirs. Cette pratique réduit l'espace disponible pour les piétons et peut entraîner une gêne pour les résidents et les visiteurs.



Figure 36 : Structure de l'habitat à Cul-de-Four

B. Espaces verts, bleus et modes de déplacements

Le quartier dispose d'un seul parc d'environ 2700 m², composé une aire de jeux pour les enfants ainsi que cinq bancs et deux tables de pique-nique. Ce parc est bien entretenu. Au sud du quartier, il existe un jardin familial qui permet aux résidents de cultiver leurs propres légumes et de profiter d'un environnement verdoyant (Figure 37).

En ce qui concerne les installations sportives, le quartier est pourvu de deux terrains multisports, dont le plus grand est situé au cœur du quartier. De plus, le quartier abrite également un club de football et une Union Sportive Portugaise.

En ce qui concerne la mobilité, le quartier est desservi par quatre lignes de bus, à savoir les L8, L4, Z6 et CIT5. Nous avons constaté l'absence de voies cyclables dans l'IRIS, à l'exception du boulevard longeant le canal et le boulevard de Metz. Cela peut représenter un défi pour les résidents souhaitant se déplacer à vélo en toute sécurité. Nous avons constaté la présence de quatre stations de trottinettes, ce qui offre une alternative de mobilité pratique pour les trajets courts dans le quartier.



Figure 37 : espaces verts, bleus et modes de déplacements doux

C. Equipements et services

Les équipements et services dans le quartier sont principalement concentrés dans la partie habitée (figure 38). On observe que la plupart de ces équipements relèvent de la catégorie « services aux particuliers » avec un total de 32 établissements (selon la classification Insee). Cette catégorie regroupe des services tels que les salons de coiffure, les pharmacies, les cabinets médicaux, et d'autres services destinés à répondre aux besoins des résidents. Ensuite, la catégorie « commerce » occupe également une place importante dans le quartier.

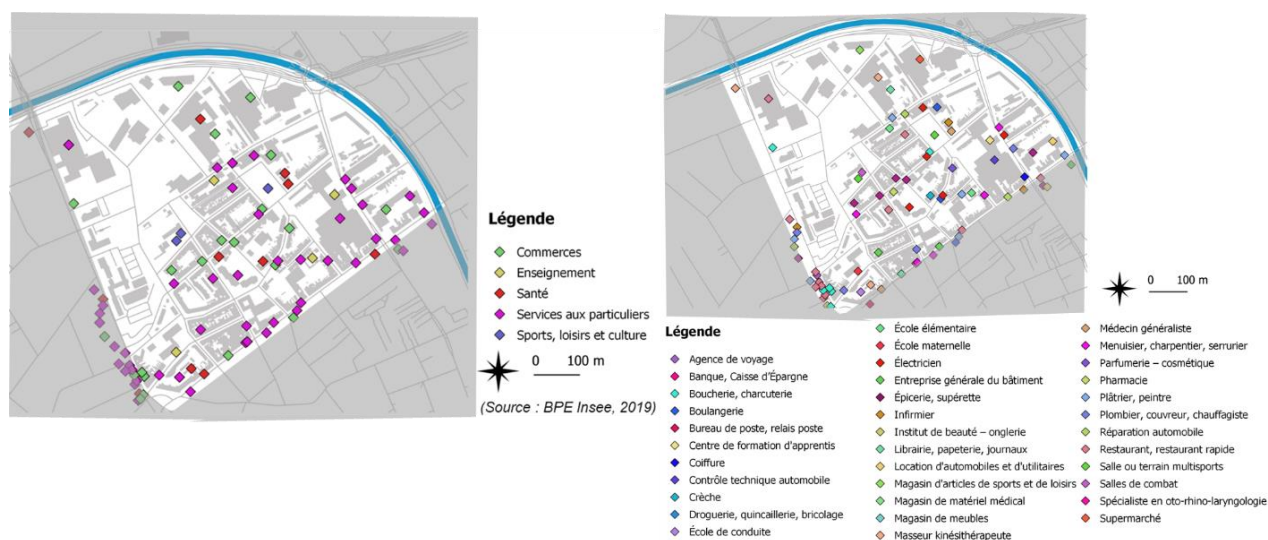


Figure 38 : répartition des équipements et services à Cul-de-Four, (a) catégories des équipements selon la classification de l'Insee, (b) localisation des différents équipements et services du quartier Cul-de-Four

En ce qui concerne les établissements de restauration, on dénombre 15 établissements proposant des services de restauration rapide tels que les kebabs, les pizzerias, etc. En complément, il existe également 10 épiceries dans le quartier.

D. Sites et sols pollués, friches et délaissés urbains

Le quartier accueille trois friches d'activité industrielle d'une superficie totale d'environ 37 000 m² (Figure 39). Ces friches représentent des terrains autrefois occupés par des installations industrielles qui sont actuellement abandonnées. Parmi ces friches, la friche Rossini est partiellement exploitée dans le cadre de l'urbanisme transitoire, ce qui signifie qu'elle est utilisée temporairement à des fins urbaines ou artistiques en attendant une réaffectation permanente.

Il est important de noter que la présence de sites et de sols pollués constitue un défi environnemental dans le quartier. En effet, une quarantaine de sites et sols pollués ont été identifiés dans les bases de données BASIAS et BASOL. Ces sites contiennent des substances chimiques ou des déchets qui peuvent présenter un risque pour la santé et l'environnement s'ils ne sont pas correctement traités. De plus, on observe la présence de déchets dans l'espace public, ce qui engendre des problèmes de salubrité et de propreté.



Figure 39 : friches, délaissés urbains, sites et sols pollués à Cul-de-Four

E. Ilots de chaleur, bruit et pollution de l'air

Le quartier est situé dans une zone à risque moyen du retrait et gonflement des argiles. Cela signifie que le sol dans cette région est sujet à des variations de volume en fonction de l'humidité et des épisodes de sécheresse, ce qui peut entraîner des mouvements de terrain et des dommages aux infrastructures (Figure 40).

D'après les données de l'ADULM (2016) l'ensemble de la partie habitée du quartier se trouve dans une zone climatique chaude, tout le quartier est situé dans une zone climatique chaude caractérisée par des tissus urbains classés dans les aléas forts des ICU. Cela peut avoir un impact sur le confort thermique des habitants et nécessiter des mesures d'adaptation pour faire face aux épisodes de chaleur.

Un autre aspect à prendre en compte est le bruit généré par la route qui longe le canal. La présence d'une route très fréquentée engendre une pollution sonore importante, ce qui peut perturber la tranquillité des résidents et avoir des effets néfastes sur leur bien-être.

En ce qui concerne la qualité de l'air, il est préoccupant de constater un dépassement important de la concentration des polluants par rapport aux normes de l'OMS. Cela soulève des inquiétudes quant à la pollution atmosphérique et ses effets potentiels sur la santé des habitants du quartier.

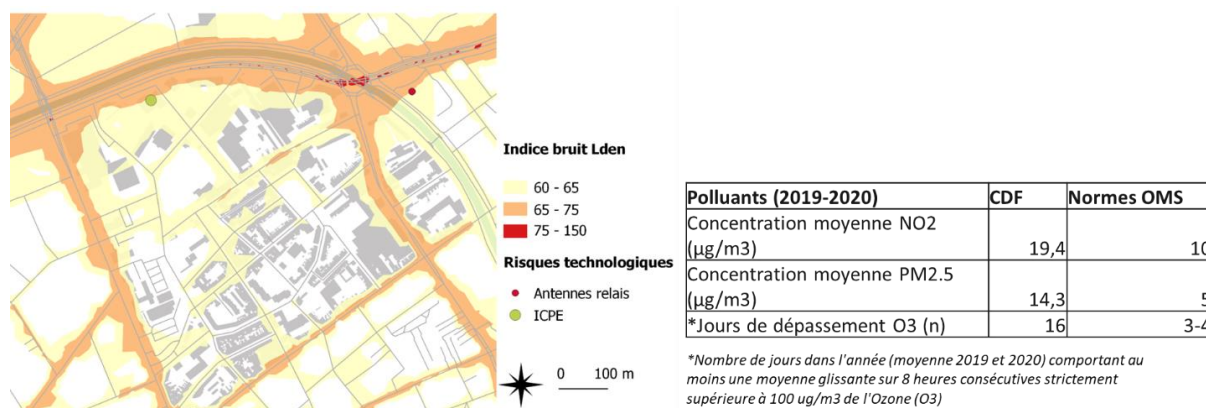


Figure 40 : Pollution sonore et pollution de l'air à Cul-de-Four (sources : MEL et ATMO Hauts-de-France)

III.2.2.3. Présentation de la proposition d'aménagement du Cul-de-Four

La proposition d'aménagement illustrée dans la figure 41 est une projection élaborée par les techniciens et les chargés d'études de la ville de Roubaix, représentant ce qui pourrait être réalisé dans ce quartier.

Dans le cadre de la proposition d'aménagement du quartier Cul-de-Four, plusieurs initiatives sont proposées pour dynamiser et améliorer la qualité de vie des habitants, notamment :

- Hubs de mobilité : trois hubs de mobilité seront installés dans le quartier, offrant des trottinettes et des vélos à assistance électrique en libre-service, ainsi que des vélos du système V Lille. Ces hubs faciliteront les déplacements doux et encourageront l'utilisation de modes de transport plus durables.

- Plateforme de réemploi des matériaux de construction : une plateforme sera créée pour favoriser le réemploi des matériaux de construction. Cela contribuera à réduire les déchets et à promouvoir une approche plus durable de la construction dans le quartier.
- Ferme pédagogique dans l'Îlot Rossini : une ferme urbaine pédagogique sera établie dans l'Îlot Rossini. Cette ferme offrira des activités de jardinage, potentiellement de maraîchage, ainsi que la présence d'animaux. Elle sera ouverte aux écoles de la ville et à différents groupes en quête d'apprentissage ou de soins. Des installations sportives et des équipements d'hospitalité seront également prévus pour rendre le site plus attractif et encourageant la pratique d'activités.
- École Ferdinand Buisson : l'école Ferdinand Buisson sera transformée en tiers-lieu sportif axé sur le socio-sport. Un club de boxe y sera accueilli, et d'autres activités complémentaires seront proposées pour les jeunes, notamment de l'aide aux devoirs avant ou après l'entraînement, une buvette/salon de thé pour les parents, ainsi qu'une cuisine partagée. Ces aménagements favoriseront la convivialité et les échanges dans le quartier.
- Cour du Pôle Ressource Jeunesse : la cour bitumée devant le Pôle Ressource Jeunesse sera utilisée pour créer un atelier de bricolage partagé. Deux conteneurs aménagés reliés par une pergola formeront cet atelier, qui servira de « régie de végétalisation et d'aménagement » du quartier. Des activités et des ateliers seront organisés en collaboration avec le Pôle Ressource Jeunesse, permettant aux jeunes d'apprendre l'utilisation d'outils et de développer leurs propres projets.
- Place du Progrès : la végétalisation de la Place du Progrès sera renforcée, avec un tiers de la surface (5350 m²) dédié aux espaces verts. De plus, une halle de 500 m² sera construite, offrant un espace de rassemblement, d'abri lors des intempéries et pouvant accueillir des manifestations culturelles et des marchés.
- Îlot LMH - Voltaire : une aire de jeu pour les enfants sera aménagée dans cet îlot. L'entrée actuelle sera fermée et une nouvelle entrée sera ouverte par le parking réhabilité. Des espaces verts seront agrandis et aménagés avec des tables, des bancs et une aire de jeu sablée. Des chantiers participatifs impliquant des bénévoles permettront la réalisation des installations du jardin.
- Résidence Labruyère/Cloître Saint François d'Assises : en attendant une rénovation structurelle dans les années à venir, ce site sera utilisé pour accueillir des initiatives, des entreprises et des associations du quartier. Des redevances à prix réduits seront proposées pour stimuler l'activité économique et créer un lieu attractif à l'échelle du quartier. Une cantine/café sera installée dans le jardin du cloître, favorisant les rencontres et les échanges.
- Les Jardins Familiaux seront étendus sur une surface d'environ 500 m², offrant davantage d'espaces verts et de jardins partagés.
- Orientations Habitat : des mesures seront prises pour favoriser l'accession à la propriété et la rénovation des logements. Les aides d'État pour l'acquis-amélioré seront augmentées, des logements privés seront acquis par des bailleurs sociaux.

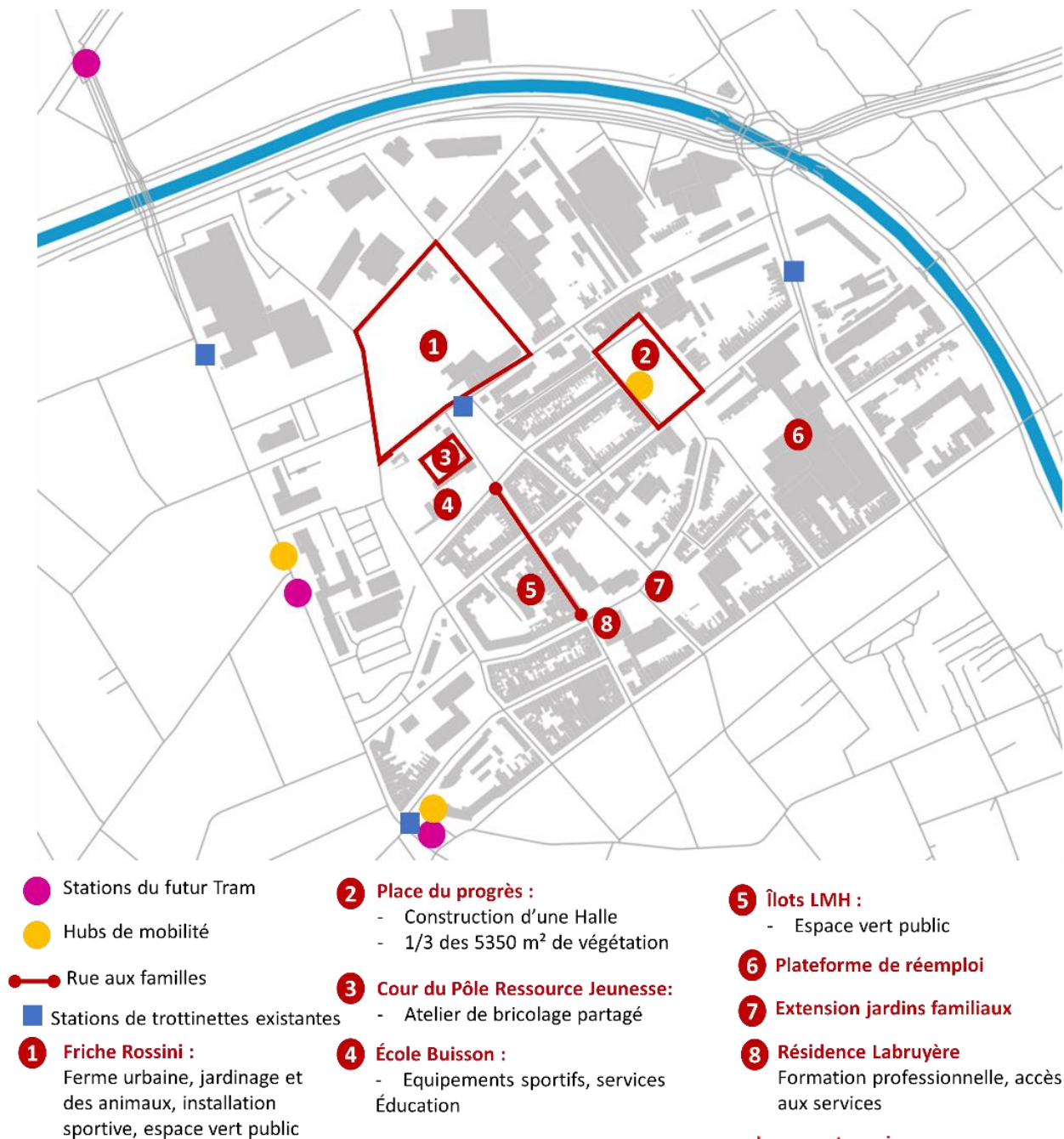


Figure 41 : proposition d'aménagement du quartier Cul-de-Four

III.2.2.4. Calcul des indices de vulnérabilité et de résilience après intégration des actions d'aménagement

Comme pour le cas de Montebello, suite à l'analyse de la proposition d'aménagement du Cul-de-Four, les actions envisagées dans le projet ont été identifiées et évaluées (Tableau 15). Les variables impactées par le projet ont été recalculées pour prendre en compte les changements prévus.

Le projet Cul-de-Four impacte sept variables de l'indice de résilience et deux variables de l'indice de vulnérabilité. La proposition d'aménagement met ainsi davantage l'accent sur le renforcement de la résilience du quartier plutôt que sur la réduction des vulnérabilités.

Le tableau ci-dessous présente les variables concernées par la proposition d'aménagement dans le quartier Cul-de-Four, leur valeur à T0 (correspondant aux valeurs des variables avant la prise en compte des actions d'aménagement), ainsi que les valeurs des variables à T1 qui correspondent aux valeurs après intégration des actions d'aménagement.

Tableau 15: valeurs prises par les variables de l'indice de vulnérabilité et de l'indice de résilience avant (T0) et après (T1) la prise en compte du projet d'aménagement du Cul-de-Four

	Cul-de-Four								
	Résilience							Vulnérabilité	
	Jardins familiaux (n)	NDVI	Accessibilité aux espaces verts (%)	Logements sociaux (%)	Densité des équipements et services (‰)	Densité des stations de TC (n/km ²)	Densité des stations de vélos (n/km ²)	Surface du foncier vacant (m ²)	Eloignement aux équipements sportifs (m)
T0	1	0,382	0	30	29,1	8,9	7,1	37468,3	293
T1	3	0,385	40,1	31,6	31,2	15,5	12,7	15 348	280

Le nombre de jardins familiaux passe de 1 à 3, cette augmentation indique une volonté d'accroître les espaces verts accessibles aux résidents, offrant ainsi davantage d'opportunités pour la détente, la culture potagère et le renforcement du lien social. Le NDVI connaît une légère augmentation, passant de 0,382 à 0,385. La part de la population ayant accès à un espace vert public d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 m passe de 0 % à 40 %. Cette évolution indique une attention particulière portée à la création et à l'amélioration de l'accessibilité aux espaces verts dans le quartier. Quant aux logements sociaux, leur pourcentage varie de 30 % à 31,6 %. Cette augmentation témoigne d'un effort pour maintenir une proportion adéquate de logements sociaux dans le quartier Cul-de-Four. La densité des équipements et services augmente également, passant de 29,1 % à 31,2 %. Cette augmentation souligne l'objectif d'améliorer l'offre et la diversité des équipements publics. En ce qui concerne les transports en commun, la densité des stations de transport en commun passe de 8,9 % à 15,5 %, tandis que la densité des stations de vélos augmente de 7,1 % à 12,7 %. Ces augmentations indiquent une volonté de favoriser les modes de transport durables et

actifs, réduisant ainsi la dépendance aux véhicules privés et contribuant à une meilleure mobilité.

Par rapport aux facteurs de vulnérabilité, les actions du projet Cul-de-Four concernent le foncier vacant et l'éloignement aux équipements sportifs. La superficie de foncier vacant passe de 37 468,3 m² à 15 348 m² indiquant une utilisation plus efficace et une optimisation de l'espace disponible dans le quartier. Le projet contribue ainsi à minimiser les zones non utilisées qui pourraient être sujettes à des problèmes tels que la dégradation environnementale, la criminalité ou l'abandon. Le projet permet également de réduire la distance aux équipements sportifs. La distance jusqu'à l'équipement le plus proche par la route passe de 293 m à 280 m.

III.2.2.5. Résultats suite à l'intégration des nouvelles valeurs des variables

Les valeurs des variables recalculées en tenant compte des objectifs du projet d'aménagement ont été intégrées dans la matrice initiale. Les indices de vulnérabilité et de résilience ont ensuite été recalculés pour le quartier Cul-de-Four.

La proposition d'aménagement du Cul-de-Four a un impact sur les scores de vulnérabilité et de résilience du quartier. Le nouveau score de vulnérabilité calculé reste inchangé à 0,660. Les mesures prises dans le projet d'aménagement n'ont pas eu d'impact sur le score de vulnérabilité. Le nouveau score de résilience calculé pour le quartier Cul-de-Four est de 0,448, (0,375 à T0). Cette augmentation du score de résilience suggère que le quartier pourrait développer une certaine capacité de résilience.

Comparant aux seuils de Jenks de vulnérabilité et de résilience nécessaires pour que l'IRIS du projet change de classe sont respectivement de 0,569 pour l'indice de vulnérabilité et de 0,492 pour l'indice de résilience. Les résultats obtenus indiquent que les scores de vulnérabilité et de résilience de l'IRIS Cul-de-Four n'ont pas atteint les seuils nécessaires pour provoquer un changement de classe de l'IRIS. Comme pour Montebello, cela peut s'expliquer par la présence d'autres facteurs de vulnérabilité qui sont surreprésentés dans l'IRIS et qui n'ont pas été pris en compte dans la proposition d'aménagement, ou qui ne relèvent pas de l'action d'un projet d'aménagement.

III.2.2.6. Perspectives d'amélioration du projet

Dans la continuité des constatations précédentes, et en adoptant la même approche que celle appliquée à Montebello. Les figures ci-dessous (Figure 42 et 43) rappellent les facteurs de vulnérabilité sur-représentés et les facteurs de résilience sous-représentés dans l'IRIS Cul-de-Four par rapport à la moyenne de l'agglomération centrale. Comme pour le cas de Montebello, dans cette modélisation, les facteurs impactés par le projet d'aménagement proposés (surlignés en grisé dans les figures ci-dessous) sont amenés au niveau cible et les autres facteurs relevant de l'environnement structurel (variables sur le parc de logement et la nuisance environnementale) ont fait l'objet de variations de 10 %, 15 % et 20 %.

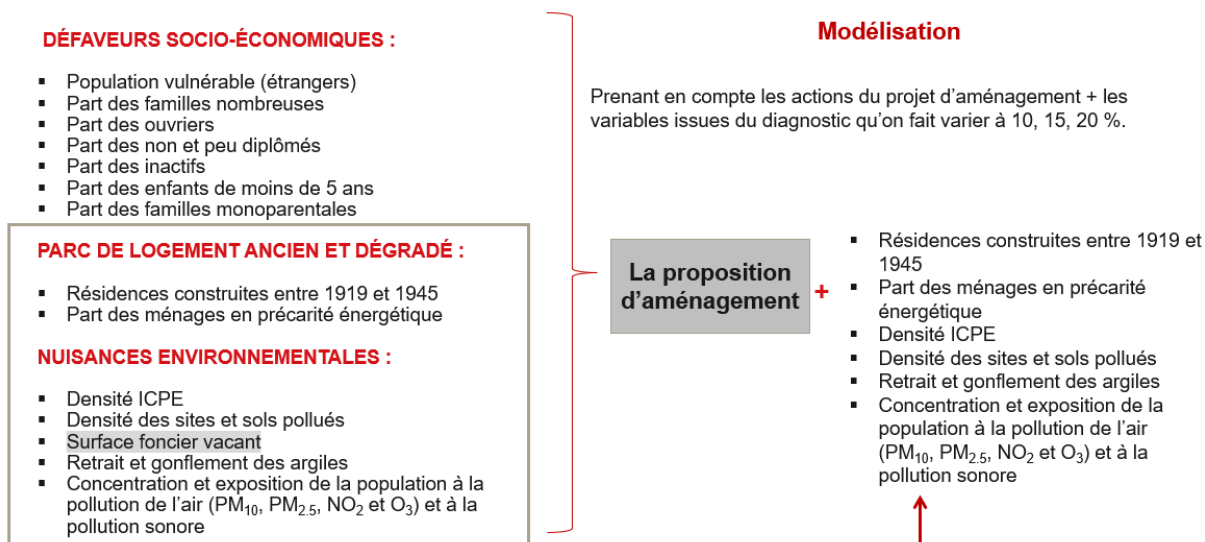


Figure 42 : modélisation tenant compte des facteurs de vulnérabilité les plus importants dans l'IRIS Cul-de-Four comparés à la moyenne de l'agglomération centrale

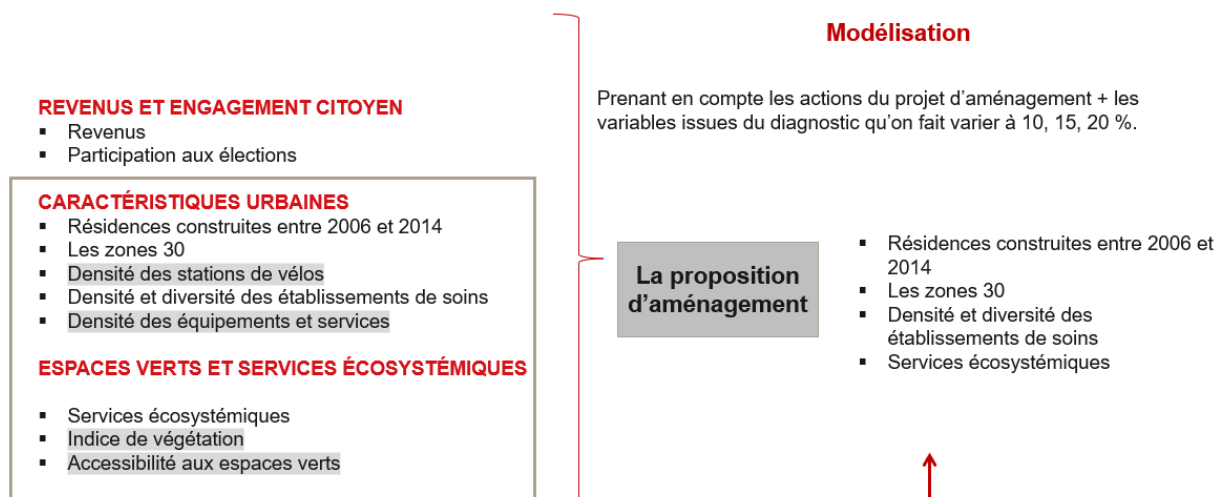


Figure 43 : modélisation tenant compte des facteurs de résilience de l'IRIS Cul-de-Four

En réduisant de 20% les facteurs de vulnérabilité liés à l'environnement structurel, qui étaient initialement surreprésentés à Cul-de-Four, ce quartier, classé auparavant dans la catégorie des territoires fragiles, bascule désormais dans la classe des territoires « à surveiller ». Bien que l'indice de résilience ait connu une légère amélioration, sa valeur demeure insuffisante pour que l'IRIS puisse passer à la catégorie des territoires résilients.

Les résultats de la modélisation des perspectives d'amélioration du projet Montebello et Cul-de-Four soulignent l'importance d'agir sur les facteurs de l'environnement structurel pour l'atténuation de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience des deux IRIS. Toutefois, il est essentiel de nuancer ces conclusions pour plusieurs raisons.

Premièrement, il est important de reconnaître que la solution pour améliorer la situation d'un IRIS ne repose pas uniquement sur des mesures d'aménagement. D'autres politiques et initiatives, notamment en faveur de l'éducation, l'emploi et l'accompagnement des personnes et des familles en difficulté, jouent également un rôle crucial dans la transformation des territoires. L'éducation de qualité et l'accès à la formation professionnelle permettent de renforcer les compétences des résidents des IRIS, améliorant ainsi leurs perspectives d'emploi et leur intégration dans l'économie locale. De même, des efforts visant à créer des opportunités d'emploi dans les IRIS peuvent avoir un impact durable sur la situation socio-économique de ces territoires. Les initiatives de développement économique, telles que l'encouragement à l'entrepreneuriat local et la promotion de l'investissement, peuvent contribuer à diversifier les sources de revenus et à stimuler la croissance locale. En outre, l'accompagnement des personnes en difficulté joue un rôle prépondérant. Mettre en place des programmes de soutien social et psychologique, ainsi que des dispositifs visant à améliorer l'inclusion sociale, peut contribuer à renforcer le tissu social des IRIS et à réduire les disparités entre les habitants. Il est donc essentiel d'adopter une approche globale et coordonnée, en prenant en compte à la fois les aspects physiques de l'aménagement et les dimensions sociales, économiques et éducatives. La combinaison de ces efforts peut créer un environnement favorable à la transformation positive des territoires vulnérables, en favorisant leur résilience et leur développement à long terme.

Deuxièmement, la question de l'échelle du projet est un facteur fondamental à ne pas négliger. L'impact d'un projet sur un IRIS dépend de son envergure et de sa portée territoriale. Par exemple, un projet de petite envergure, limité à un secteur de 20 hectares au sein d'un quartier plus vaste de 80 hectares, peut avoir un impact limité sur l'ensemble du quartier. Dans ce cas, les changements engendrés par ce projet peuvent ne pas être suffisamment significatifs pour améliorer de manière globale la situation du quartier dans son ensemble. Il est donc essentiel de considérer différentes échelles en fonction des objectifs spécifiques du projet et des caractéristiques du quartier étudié.

En conclusion, bien que la réduction des facteurs de vulnérabilité liés à l'environnement structurel puisse contribuer à améliorer la situation des IRIS, il est primordial de prendre en compte d'autres dimensions et politiques pour une approche complète et efficace. L'échelle du projet et de son impact global est également essentielle pour garantir des transformations durables et significatives dans les territoires vulnérables.

Discussion générale

Face aux défis de santé actuels tels que l'expansion des maladies chroniques, les pandémies et les inégalités en matière de santé (Giles-Corti et al., 2016 ; Margat et al., 2023), cette situation suscite des interrogations sur la responsabilité et les objectifs de l'urbanisme. Au regard de la complexité des systèmes urbains, l'urbanisme peut influencer la santé globale en modifiant plusieurs champs : l'environnement naturel, l'environnement social, le cadre de vie ainsi que les modes de vie personnels. Chacun de ces champs peut être évalué en référence à une liste d'indicateurs exprimés en données mesurées ou encore des données relevant des résultats d'enquêtes. Pour étudier les liens entre l'urbanisme et la santé, la littérature propose des approches qualitatives et/ou quantitatives.

Dans la littérature, les auteurs ont tendance à s'orienter de plus en plus vers le développement d'indicateurs composites. Cependant, les approches multidimensionnelles actuelles tendent à ne pas prendre en compte la complexité intrinsèque des caractéristiques territoriales au sein d'une zone d'étude dans son ensemble. Dans les zones englobant des quartiers urbains, périurbains et ruraux, les outils de diagnostic territorial sont fortement influencés par le type d'unité spatiale (Green et al., 2018). Les zones urbaines sont souvent considérées comme les plus vulnérables, en raison de facteurs urbains néfastes, tels que la pollution, le bruit, la végétation moins dense etc. Il est important de reconnaître que les vulnérabilités ne se limitent pas uniquement aux zones urbaines. Même les zones rurales, perçues comme éloignées des défis des environnements urbains, présentent leurs propres formes de vulnérabilité qui peuvent être négligées par les approches multidimensionnelles qui ne tiennent pas compte des différences entre ces milieux.

Les zones urbaines et rurales diffèrent quant à la gestion des inégalités environnementales et sociales en matière de santé (Green et al., 2018). Ces inégalités doivent être analysées de manière plus spécifique, afin que les décideurs locaux puissent promouvoir des actions appropriées. La plupart des études sur les inégalités de santé dans les quartiers hétérogènes se sont concentrées sur les différences rurales-urbaines en matière de mortalité (Levira & Todd, 2017), d'état de santé (Riva et al., 2009; Yoon & Kim, 2006), d'offre de soins (Bell et al., 2011) et de conditions socioéconomiques (Curtis, 2004; Riva et al., 2009). Même si ces études ont mis en évidence des disparités dans l'état de santé de la population, elles n'ont pas tenu compte des caractéristiques locales/régionales spécifiques des territoires étudiés.

Les avantages et limites des indices composites, tel que le FDep et l'EDI, ont été largement discutés dans un rapport de l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP)(HCSP, 2013). Parmi les limites discutées dans l'étude de l'EHESP, le contexte du milieu de vie (urbain ou rural, centre-ville ou périphérie) a été souligné comme n'étant pas suffisamment pris en compte dans la composition de ces indices. En effet, il convient de souligner que ne pas posséder de voiture ne revêt pas la même signification en termes de défaveur sociale, que ce soit en milieu urbain, péri-urbain ou rural (HCSP, 2013). De plus, ces indicateurs se limitent à la description des défaveurs et n'intègrent pas des facteurs descriptifs des situations locales favorables à la santé (Barral et al., 2021; Lanier et al., 2020).

La prise en compte de plusieurs facteurs dans la caractérisation d'un territoire hétérogène est une tâche complexe qui implique de nombreux défis. La diversité des caractéristiques géographiques, socio-économiques, environnementales et culturelles au sein d'un même territoire peut rendre difficile l'identification et la hiérarchisation de ces facteurs. De plus, la manière dont ces facteurs interagissent et s'influencent mutuellement aggrave encore davantage cette complexité. Les difficultés soulevées sont d'obtenir des indicateurs valides sur l'ensemble du territoire (HCSP, 2009).

La méthodologie que nous proposons dans cette thèse adopte une approche multidimensionnelle en prenant en considération un large panel de variables allant de l'environnement et de la santé à la sphère sociale, politique, économique et aux caractéristiques urbaines. Cette perspective holistique est mise en action à travers la création de deux indices composites clés : « Vulnérabilité » et « Résilience ». En combinant ces deux indices, il a été possible d'identifier les zones les plus vulnérables et les moins résilientes, ainsi que les zones qui ont un potentiel de résilience élevé malgré une vulnérabilité accrue. L'analyse conjointe des deux indices peut aider les décideurs à avoir une compréhension plus complète et approfondie de la situation de leur territoire et de concevoir des politiques et des mesures de prévention et de gestion des IESS plus adaptées aux besoins et aux caractéristiques de chaque territoire.

Ce qui distingue davantage notre démarche, c'est la manière dont elle s'adapte aux spécificités des territoires. Notre approche reconnaît que les besoins, les priorités et les dynamiques des différentes zones géographiques sont uniques et nécessitent d'être étudiés. En combinant une approche multidimensionnelle avec une perspective à la fois globale (multi-variable) et ciblée (sur des territoires homogènes), cette thèse offre un cadre novateur pour éclairer les décideurs, les urbanistes et les communautés locales dans leur quête de stratégies de développement et d'aménagement favorable à la santé en réduisant les vulnérabilités et en renforçant la résilience des territoires.

Les urbanistes et décideurs ont besoin d'outils qui transcendent les limites disciplinaires traditionnelles. Les indices composites rassemblent des données provenant de divers domaines tels que l'environnement, la santé, l'économie, la sociologie et plus encore. En adoptant cette approche intégrée, les décideurs peuvent abandonner la mentalité en silo qui dans certains cas ne fait que fragmenter les problématiques. Au lieu de cela, les indices composites permettent de saisir les interconnexions et les influences mutuelles entre les différents aspects d'un quartier. En ayant conscience de l'importance de l'interdisciplinarité, cette thèse a été menée en collaboration avec des experts locaux et régionaux dans le but de recueillir leurs besoins en matière d'outil de diagnostic et d'enrichir la démarche avec leur expertise. Le challenge en réunissant plusieurs acteurs du territoire sur le sujet est de bien d'expliquer les concepts depuis le début pour avoir un langage commun. Par exemple, la définition de la résilience peut différer d'un domaine à l'autre. De plus, il est important d'être clair dès le départ sur le fait que le travail ne peut pas traiter individuellement toutes les demandes, mais qu'il vise à identifier les besoins et à fournir des orientations générales pour aborder les problématiques de manière globale. Un autre apport fondamental consiste à

associer des domaines variés. L'objectif était de réunir un large éventail d'expertises afin d'intégrer le plus grand nombre possible de domaines.

La répartition des variables en résilience ou en vulnérabilité a été effectuée en fonction de l'information portée par chaque variable. Si une augmentation de la valeur de la variable est associée à un effet néfaste sur la santé, alors la variable est catégorisée comme relevant de la vulnérabilité. En revanche, si une augmentation est liée à un effet bénéfique sur la santé, la variable est considérée comme faisant partie de la résilience.

L'indice de vulnérabilité

L'indice de vulnérabilité calculé dans le cadre de cette thèse intègre des variables relevant des dimensions sociale, économique, environnementale, de la santé et des caractéristiques urbaines. Dans la dimension sociale, on retrouve notamment la part des personnes âgées de 65 ans et plus. Cette variable cible spécifiquement les personnes âgées en raison de leurs besoins de santé particuliers, de leur possible isolement social et de leur dépendance vis-à-vis des services de soutien (Bouisson, 2007). L'indice intègre également la part des enfants de moins de 5 ans, en raison de la fragilité de cette tranche d'âge face aux maladies, et à d'autres menaces (Boco, 2011). De même, l'intégration de la part des étrangers dans cet indice trouve sa justification dans la nécessité de reconnaître les barrières linguistiques, culturelles et socio-économiques auxquelles ces populations peuvent être confrontées (Lemaire, 2012). Ces obstacles ont le potentiel d'accroître leur vulnérabilité en limitant leur accès au marché du travail ainsi que leur participation à la vie communautaire. Les familles monoparentales, par leur présence dans cet indice, mettent en lumière leur potentielle vulnérabilité face aux risques économiques et sociaux. En raison d'une charge de travail plus lourde pour un seul parent (David & Séchet, 2004; Moguérou et al., 2015). La part des personnes veuves et divorcées dans cet indice s'explique par la vulnérabilité de ces individus face aux défis économiques et sociaux. Ces défis peuvent être émotionnellement difficiles, avec des sentiments de perte, de tristesse et de colère, justifiant ainsi leur inclusion dans l'indice de vulnérabilité (Martin, 1997). Une variable concernant la proportion de familles nombreuses a également été incluse dans l'indice, en raison de leurs besoins potentiels en matière de logement, d'éducation et de ressources financières (Blanpain, 2007). Les ménages d'une seule personne, également représentés dans l'indice, cette variable rappelle l'isolement social et la potentielle limitation des ressources auxquels font face ces individus. Enfin, la part des personnes peu ou non diplômées dans cet indice pointe du doigt leur vulnérabilité aux difficultés économiques (H. M. Kim & Choi, 2014).

L'indice de vulnérabilité intègre également des variables de la dimension économique. Deux indicateurs clés représentent la défaveur économique au sein de cet indice : la part des inactifs dans la population en âge de travailler et la part des ouvriers. La pertinence de l'intégration de la part des inactifs réside dans sa capacité à mettre en lumière une population qui peut être particulièrement vulnérable à des défis financiers pour satisfaire leurs besoins essentiels (Batavia & Beaulaurier, 2001). De même, les ouvriers, en raison de la nature manuelle de leurs emplois et de la précarité de leurs contrats de travail, peuvent être plus sensibles aux fluctuations économiques (Klingberg, 2004).

La dimension "caractéristiques urbaines" de l'indice de vulnérabilité intègre des variables liées au logement, à la distance par rapport aux équipements et services, ainsi qu'aux accidents de la route. L'intégration d'indicateurs relatifs à l'âge des résidences et à la précarité énergétique dans l'indice de vulnérabilité revêt une importance majeure. Les bâtiments anciens, tels que ceux construits avant 1919, peuvent exposer les habitants à des vulnérabilités dues à des dégradations et à des conditions structurelles précaires, mettant en péril leur santé et leur bien-être, notamment par rapport à l'usage du plomb et de l'amiante dans les constructions (Dejoux et al., 2019; Querrien, 2022). De même, considérer la part des ménages en précarité énergétique est important pour évaluer la vulnérabilité énergétique, car ces foyers ont du mal à maintenir le confort thermique, accentuant leur vulnérabilité lors de conditions climatiques extrêmes ou de coûts énergétiques élevés (Charlier et al., 2015; Devalière, 2008). L'inclusion de variables liées à l'éloignement des équipements essentiels, à la densité d'accidents routiers et à la dépendance à la voiture enrichit la compréhension de la vulnérabilité sous divers angles. L'éloignement aux équipements et services essentiels restreignent l'accès aux soins, aux commerces et aux installations sportives, etc. compromettant ainsi la qualité de vie des populations (Hilal, 2007). En outre, la dépendance à la voiture provoque des impacts environnementaux tels que les émissions de gaz à effet de serre, l'inactivité physique ou encore l'accidentalité routière (Lambotte, 2023).

En ce qui concerne les variables relevant de la dimension « environnement », les mesures de la concentration moyenne annuelle de NO₂, des PM₁₀, des PM_{2.5}, ainsi que le nombre de jours dans l'année comportant au moins une moyenne mobile sur 8 heures consécutives strictement supérieure à 120 µg/m³ d'ozone, ont été prises en compte dans le calcul de l'indice. Ces variables renseignent sur les risques associés à la qualité de l'air, pouvant entraîner une irritation des voies respiratoires ainsi que des problèmes cardiovasculaires tels que les maladies cardiaques, les accidents vasculaires cérébraux et une augmentation de la pression artérielle (Massamba et al., 2014). Les variables liées à la densité de sites pollués, aux cavités souterraines et aux ICPE évaluent la proximité des risques environnementaux, incluant l'exposition à des substances toxiques, la contamination de l'eau potable, ainsi que le risque d'accidents industriels, entre autres (Bonnard, 1997; Margossian, 2006).

L'intégration de la surface du foncier vacant dans l'indice est justifiée par le fait que ces friches et délaissés urbains favorisent la prolifération d'herbes sauvages et la création de dépôts sauvages. De plus, ces espaces peuvent attirer des activités criminelles, ce qui nuit à la qualité de vie et accroît la vulnérabilité d'un territoire (Arab & Miot, 2021). Le risque d'inondation a également été pris en compte dans l'indice de vulnérabilité, car ce risque fait partie des enjeux présents sur le territoire du SCoT. Ce risque peut engendrer des menaces pour la santé physique et mentale (Buffin-Bélanger et al., 2022). La part de la population exposée à un bruit supérieur à 60 dB (toutes sources confondues) fait également partie des variables de l'indice de vulnérabilité car le bruit excessif a des effets néfastes sur la santé physique et mentale des individus (Makopa Kenda et al., 2014), pouvant causer des troubles du sommeil, des problèmes cardiovasculaires et une détérioration de la qualité de vie (Muzet, 2006). La part des résidents dans la zone climatique chaude a été également intégré dans l'indice pour évaluer l'exposition de la population aux effets des îlots de chaleur urbains, ces derniers augmentent les risques de stress thermique, de déshydratation surtout chez les plus

vulnérables. De plus, ces îlots ont un impact négatif sur la qualité de l'air en favorisant la formation de polluants tels que l'ozone, ce qui aggrave les problèmes respiratoires et cardiovasculaires (Besancenot, 2002; Paquet, 2019). Enfin, l'exposition de la population aux ondes électromagnétiques (antennes relais) a été également pris en compte dans l'indice de vulnérabilité calculé, selon que l'on considère l'avis de chercheurs, d'organismes d'expertise, d'associations engagées ou encore de particuliers, l'état actuel des connaissances concernant les conséquences de l'exposition aux champs et aux ondes électromagnétiques demeurent contraster. Néanmoins, il n'est pas exclu que l'apport d'énergie électromagnétique peut provoquer des effets biologiques, autres qu'un effet thermique, sur la santé, que ce soit de manière directe ou indirecte (Merckel, 2021).

Indice de résilience

L'indice composite de résilience calculé dans le cadre de cette thèse intègre des variables descriptives de la situation socioéconomique de la population, des caractéristiques urbaines, de l'offre de soins ainsi que des variables de la dimension politiques liées aux aides à la rénovation des logements. En effet, la part des participants aux élections municipales intégrée le calcul de l'indice reflète le degré d'engagement civique et la participation au niveau local. Une forte participation électorale indique une population impliquée dans la vie politique de sa communauté, ce qui peut favoriser la prise de décisions collectives et la résilience face aux défis (Guillaume, 2005). Le nombre de jardins familiaux a été également pris en compte dans le calcul de l'indice, ces derniers fournissent non seulement des espaces de détente, mais aussi des opportunités d'agriculture urbaine et encouragent la cohésion sociale (Consales, 2000). Le revenu moyen par unité de consommation est un indicateur crucial de la résilience d'une communauté. Des revenus plus élevés peuvent permettre aux résidents de mieux répondre à leurs besoins, d'accéder à des services de santé et d'éducation de qualité etc. (Wilkinson & Pickett, 2014).

Plusieurs variables de la dimension « caractéristiques urbaines » ont été intégrées dans l'indices de résilience à savoir, la part des logements sociaux, cette variable est liée au fait qu'une proportion significative de logements sociaux peut contribuer à la résilience en assurant un accès abordable au logement pour les populations à faible revenu (Levasseur, 2011). La proportion de résidences récentes (à partir de 2006) s'explique par le fait que ces habitations sont potentiellement mieux équipées pour faire face aux risques naturels et aux changements climatiques, contribuant ainsi à la résilience du territoire (Dejoux et al., 2019). Les variables sur la densité et la diversité des équipements et services tels que les écoles, les centres de santé, les supermarchés et les services publics, reflètent un accès facile aux ressources essentielles améliorant ainsi la qualité de vie de la population (Reynard, 2016).

Les modes de déplacements doux jouent un rôle crucial dans la définition de la résilience d'un territoire. La densité des stations de transports en commun, ainsi que celle des stations de vélos, a été prise en compte dans le calcul de l'indice. Une densité élevée de stations de transport en commun et de vélos peut aider à réduire la dépendance à la voiture individuelle, contribuant ainsi à la diminution des émissions de gaz à effet de serre et de la congestion routière, tout en favorisant la mobilité active. Cette information est également portée par la

variable concernant la part des voies cyclables (Papon et al., 2017). Les modes de déplacements des actifs font également partie de l'indice de résilience calculé, les variables intégrées dans l'indice s'agit de la part des actifs occupés se déplaçant à pied et ceux se déplaçant en vélo. Un pourcentage élevé d'actifs optant pour ces modes de déplacement suggère une population active consciente des enjeux liés au changement climatique. La marche et le vélo contribuent à la réduction des émissions de carbone et à favoriser l'activité physique (Chibane & Gwiazdzinski, 2015; Gassiot et al., 2016). Nous avons également intégré dans le calcul de l'indice de résilience la part des actifs occupés travaillant dans leur commune de résidence, une part élevée d'actifs occupés travaillant localement peut renforcer la résilience en réduisant les déplacements longs et coûteux (Boulaïbal, 2001). La part des zones à limitation de vitesse (zones 30) a été également intégré dans l'indice, les zones 30 peuvent améliorer la sécurité routière en réduisant les risques d'accidents de la route. Cette mesure permet de rendre les déplacements plus sûrs (Huguenin-Richard, 2010). Enfin, l'inclusion de primes comme la prime sérénité de l'ANAH (Agence Nationale de l'Habitat) et la prime AREL dans le calcul de l'indice de résilience reflète le soutien financier gouvernemental visant à renforcer la résilience des logements permettant ainsi de contribuer à l'efficacité énergétique et la réduction des coûts de chauffage (Aussilloux & Baïz, 2020).

Le rôle des indices composites dans la planification urbaine

L'importance des indices composites à l'échelle d'un projet d'aménagement urbain réside dans leur capacité à fournir une vision globale et holistique des multiples enjeux dans le périmètre du projet.

Les deux cas d'expérimentation, Montebello et Cul-de-Four, démontrent l'intérêt de la démarche à la fois en amont et en aval d'une proposition d'aménagement. Dans le cas du projet Montebello, où la proposition d'aménagement avance dans sa conception, notre approche a permis d'évaluer la pertinence des actions d'aménagement prévues pour le secteur. Cela a permis aux porteurs du projet de prendre du recul sur leur proposition. Ils ont exprimé leur volonté d'utiliser ces résultats pour réfléchir à d'éventuels ajustements visant à améliorer le projet. En particulier, ils envisagent se rapprocher d'autres politiques relevant du domaine social sans le but de collaborer pour améliorer la situation des quartiers. De plus, ils envisagent d'insister auprès des élus, en se basant sur les résultats de cette thèse, sur la nécessité absolue de traiter à la fois la pollution de l'air et la précarité énergétique dans les deux cas étudiés. Dans le cas du projet Cul-de-Four, où la stratégie d'aménagement n'est pas arrêtée, notre travail a fourni aux porteurs du projet un outil de diagnostic précieux à exploiter en amont de la formalisation de la proposition d'aménagement pour le quartier Cul-de-Four. Les informations fournies par notre démarche sont essentielles pour développer une proposition d'aménagement adaptée qui prend en compte les spécificités du quartier.

Les ateliers organisés avec les deux équipes projets ont revêtu un intérêt crucial. Ils ont sensibilisé les participants, qui ont des profils variés tels que chef de projets, directrice mission d'appui stratégique, chargée du projet partenarial d'aménagement versant Nord-Est, chargé de l'habitat, etc., à la question de la santé environnementale et à son lien étroit avec l'urbanisme. De plus, ces ateliers ont enrichi notre réflexion en mobilisant des données

précises et des informations sur les deux propositions d'aménagement. L'analyse collective des deux propositions constitue une étape essentielle dans le processus. Elle nous a permis d'évaluer de manière critique, en collaboration avec les participants, les différents aspects des deux projets, en tenant compte des enjeux de santé environnementale, d'urbanisme, de qualité de vie et d'équité sociale. Ces ateliers ont également offert l'opportunité de recueillir les retours critiques des participants quant à leurs attentes vis-à-vis de la démarche.

Le retour des participants à ce travail démontre l'importance de la méthode déployée en mettant en évidence l'impact de toutes les dimensions impliquées. Comme l'a souligné l'un des participants, « *cela objective le fait que ce n'est pas la politique d'aménagement qui va à elle seule permettre l'évolution de ces territoires* ». En effet, cette thèse révèle implicitement la nécessité de la transversalité dans les actions, comme l'a également souligné un autre participant en déclarant que « *ça dit des choses en creux sur la nécessité de transversalité* ».

Ces remarques mettent en évidence l'apport de notre travail dans la promotion de projets plus globaux et dans la mise en avant des limites des politiques d'aménagement. Selon les participants il agit comme « *une boussole* » permettant de prioriser les actions et de justifier les choix. Comme l'a affirmé un participant, « *c'est un bon outil de priorisation pour aider à justifier les choix, pour pouvoir dire on ne peut pas agir sur tout, donc voici ce sur quoi on agit en priorité et pourquoi* ».

En plus, les acteurs associés à la démarche trouvent que l'outil sert de moyen d'objectivation face aux élus. Il offre une vision claire du point de départ (T0) d'un projet et permet d'évaluer si le projet évolue dans la bonne direction. Ils considèrent que cela leur offre une base solide pour valider les orientations du projet et ajuster les actions en conséquence. Ils considèrent que le travail à l'échelle du projet sert aussi de « *plaidoyer* » pour avoir des compléments qualitatifs et aller au-delà de certaines limites de l'indicateur.

Les limites de l'étude

Les indices composites sont sujets à débat car il n'existe pas de règles standard pour leur construction (Sébastien & Bauler, 2013). D'une part, les indices composites doivent être suffisamment exhaustifs de façon à fournir une analyse optimale des principaux enjeux (Frecker, 2005). D'autre part, plus un indice est multidimensionnel, plus il est susceptible de rendre l'analyse complexe, car l'ensemble des éléments mesurés est trop vaste (Frecker, 2005).

Le processus de développement d'un indice composite comprend plusieurs étapes importantes, telles que la sélection des variables, la normalisation, la pondération et l'agrégation. Lors de la sélection des variables, la disponibilité des données peut influencer le choix des indicateurs pertinents (Exner et al., 2016). Lorsque des indicateurs agrègent des variables avec différentes unités ou échelles, une normalisation est nécessaire pour permettre la comparabilité. La normalisation basée sur les minimas et maximas observés est courante, bien que l'utilisation de cette approche soit discutée en raison de valeurs aberrantes possibles (Böhringer & Jochem, 2007).

Il est donc essentiel non seulement de définir l'étendue des éléments à mesurer de manière à ce que cela reste possible à gérer, mais aussi de cibler les indicateurs les plus importants

pour créer un indice composite valable, pour pallier ces lacunes, nous avons opté pour une sélection rigoureuse des variables qui ont été intégrées dans le calcul des indices, avec l'aide d'experts spécialisés dans les différentes thématiques.

La méthodologie de développement d'indice composite qui a été retenue repose sur l'Analyse en Composantes Principales. Cette approche permet de se libérer des choix subjectifs nécessaires lors des phases de pondération et d'agrégation des variables, en construisant l'indice en se basant sur les relations statistiques inhérentes entre les variables au sein d'une même unité spatiale (Lacroux, 2023). Afin de minimiser la redondance des informations apportées dans les indices composites, des coefficients de corrélation ont été pris en considération lors de l'étape de sélection des variables afin d'obtenir un nombre optimal de variables à intégrer aux indices composites et de limiter les composantes principales principalement influencées par une seule variable (ce que l'on appelle "bruit") (Brousseau et al., 2020).

La méthode déployée dans le cadre de cette thèse présente quelques limites. Les résultats des indices composites ne peuvent être interprétés que dans le contexte de la comparaison avec d'autres quartiers. Le découpage du territoire étudié peut influencer les résultats, d'où l'intérêt de choisir un découpage qui a du sens en termes de politiques publiques.

Les poids attribués aux variables dans les indices globaux calculés dans le cadre de cette thèse étaient les mêmes, même si elles n'influençaient pas nécessairement la santé de manière équivalente. Cette uniformité dans les poids accordés aux variables dans les indices globaux découle d'une simplification du modèle pour évaluer l'impact de différentes variables sur la santé. Bien que cette approche puisse faciliter les calculs et la comparaison entre différents territoires, elle peut également sous-estimer ou surestimer l'importance réelle de certaines variables en ne tenant pas compte de leurs effets spécifiques. Dans la littérature, les liens entre l'environnement et la santé sont documentés à travers de nombreuses études et recherches. Ces études ont identifié divers facteurs environnementaux tels que la qualité de l'air (Dab et al., 2001), la qualité de l'eau (Nguefack Santsa et al., 2022), le bruit (Makopa Kenda et al., 2014), et d'autres éléments qui ont un impact sur la santé humaine. Cependant, bien que ces liens entre l'environnement et la santé soient bien documentés, rares sont les études qui parviennent à les quantifier de manière précise. De plus, la qualification est absente pour certaines variables, comme par exemple la relation entre le fait d'être au chômage et son impact sur la santé. La quantification implique la mesure et la conversion des effets environnementaux en indicateurs numériques, ce qui peut être complexe en raison de la variabilité des réponses humaines à différents facteurs environnementaux. Parmi les rares exemples de quantification, on peut citer une étude menée par Pope et al en 2002 dont ils ont analysé les effets de la pollution atmosphérique sur la mortalité. Leur article, intitulé « *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution* » démontre que les particules fines présentes dans l'air sont associées à une augmentation des décès liés aux maladies cardio-pulmonaires et au cancer du poumon. Un autre exemple, la littérature s'accorde largement sur la manière dont la proximité des espaces verts peut avoir une influence positive sur la santé mentale et physique des individus. Cela est illustré par le projet de recherche GREENH-City (Gouvernance pour l'Équité, l'Environnement et la Santé dans la Cité), porté par l'EHESP. Ce projet vise notamment à analyser et comparer des

politiques en faveur de l'insertion de la santé dans toutes les politiques, à travers l'aménagement d'espaces verts publics en milieu urbain. Malgré ces avancées dans la compréhension des liens entre l'environnement et la santé, peu d'entre eux font l'objet d'une quantification. La pollution et le bruit sont les principaux sujets qui ont fait l'objet d'une étude approfondie. Selon une étude publiée par l'OMS en 2013, intitulée « *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide* », la prévalence relative du risque de bronchite chez les enfants âgés de 6 à 12 ans en raison d'une exposition à une concentration moyenne annuelle de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 est de 1,08 (IC à 95 % : 0,98–1,19) (OMS, 2013). Kempen et al (2018) dans leur article intitulée « *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary* » ont estimé que le risque relatif d'incidence des cardiopathies ischémiques chez les adultes était de 1,08 (IC à 95 % : 1,04-1,15) pour une augmentation de 10 dB au-delà de 53 dB.

En l'absence de quantification systématique et robuste, une pondération est difficilement applicable. De plus, certaines données manquaient à l'échelle infra communale, telles que la qualité de l'eau potable et la sécurité dans l'espace public, ce qui limite la compréhension de certains déterminants de la santé à petite échelle. Pour pallier cette lacune, des campagnes de terrain sont nécessaires. Enfin, les indices composites fournissent une vision globale de la situation d'un quartier, mais ils ne permettent pas de positionner les données brutes par rapport à un seuil de référence. Par exemple, il peut être difficile de déterminer à partir de quel seuil, le pourcentage de familles monoparentales dans un quartier est réellement une problématique de vulnérabilité du territoire. L'absence de seuil de référence rend difficile la mise en place et le suivi dans l'atteinte d'objectifs des mesures correctives.

Conclusion générale

Cette thèse propose un outil d'aide à la décision qui permet de prioriser, d'orienter et d'évaluer l'action publique dans le domaine de la santé environnementale. Grâce à son approche multidimensionnelle et multi-niveaux (combinant à la fois une approche territoriale et une approche par projet), cette thèse offre la possibilité d'intégrer les enjeux de santé dans les plans, les documents et les projets d'aménagement et d'urbanisme. En s'appuyant sur les connaissances acquises, il serait possible de proposer des interventions spécifiques visant à réduire les IEES. Par exemple, cela pourrait inclure des mesures d'amélioration de la qualité de l'air, la création d'espaces verts accessibles, la promotion des modes de transport actifs, la mise en place d'équipements de santé et de services sociaux dans les quartiers défavorisés.

Cette thèse ouvre de nouvelles perspectives de recherche, notamment en ce qui concerne une modélisation plus précise des enjeux de santé au niveau des quartiers. Elle offre un cadre méthodologique de base pour approfondir l'analyse des facteurs environnementaux, socio-économiques et de santé qui contribuent aux inégalités observées. Il serait intéressant de poursuivre les recherches en affinant les indices utilisés et en prenant en compte d'autres variables pertinentes pour une compréhension approfondie des déterminants de la santé dans les quartiers comme par exemple des données qualitatives sur les habitudes de consommation, la pratique de l'activité physique, la perception du bien-être etc.

Les documents de planification tels que le SCoT et le PLU intègrent déjà de nombreuses thématiques implicitement liées à la santé tels que les transports, l'accès aux services de santé, la qualité de l'air, la qualité de l'eau, les espaces verts, etc. Cependant, il est rare de voir ces documents aborder expressément la question de la santé environnement, qui est souvent traitée de manière fragmentée et isolée. La déclinaison opérationnelle des conclusions de cette thèse sera de faire le lien avec les plans et documents de planifications d'aménagement notamment le SCoT et PLU géré par la MEL.

Valorisations en liens avec les travaux de thèse

Articles scientifiques en cours de révision :

Article 1

Bouhadj L, Lanier C, Chautard G, Occelli F, Deram A, Cuny D. *“Links between urbanism and health: methods, tools and indicators”*. Urban Science

Article 2

Bouhadj L, Cuny D, Chautard G, Occelli F, Deram A, Lanier C. *“Environmental and social inequalities in health: neigh-borhood-level composite indices as a decision-making tool”*. Environmental Science and Policy

Participation aux évènements scientifiques :

Evènements Nationaux

Co-organisation d’une journée SIGLES : analyse spatiale en santé-environnement (mai 2022).

Bouhadj L, Lanier C, Cuny D, Chautard G (2022) « Approche territoriale de la mesure des inégalités environnementale et sociale de santé : recours aux indices composites spatialisés en santé environnementale », 3^e rencontres de la géographie de la santé. Cannes, mai 2022.

Bouhadj L, Lanier C, Cuny D, Chautard G (2022) « Approche territoriale de la mesure des inégalités environnementale et sociale de santé : recours aux indices composites spatialisés en santé environnementale », Piver Hauts-de-France, 40^e rencontre thématique : Transitions environnementales - Santé environnementale, Septembre 2023.

Evènements internationaux

Bouhadj L, Lanier C, Cuny D, Chautard G (2022) *“Territorial approach to measuring environmental and social health inequalities: spatialized composite indexes in environmental health”*, annual Meeting International Society of Exposure Sciences (ISES). Lisbon, September 2022. Prix du top 5 des meilleures présentations posters

Bouhadj L, Lanier C, Cuny D, Chautard G (2022) *“Territorial approach to measuring environmental and social health inequalities: spatialized composite indexes in environmental health”*, 18th International Conference on Urban Health, International Society for Urban Health (ISUH). Valencia, October 2022.

Insertion professionnelle :

- Pilotage de la démarche Santé-environnement, ADULM (2020-2023)
- Participation à la démarche « Bien-être territorial », ADULM (2020-2022)
- Autres contributions : POC Santé environnement (MEL), Ateliers quartiers anciens (Fabrique des quartiers), Ateliers projets Iena Mexico (BET INDIGO) etc.

Bibliographie

- Adjamagbo, A., Gastineau, B., Golaz, V., & Ouattara, F. (2020). Introduction: La vulnérabilité à la croisée de thématiques et de disciplines variées. In *La vulnérabilité à l'encontre des idées reçues* (pp. 6–11). Laboratoire Population Environnement Développement (LPED). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02921841>
- ADULM. (2016). *Données thermographiques—Lille/Roubaix/Tourcoing (été 2016)*. <https://adulm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=43efbc96fbf94017b9063c74a2c8b14c>
- ADULM. (2017). *Document d'orientation et d'objectifs SCoT Lille Métropole*. https://www.scot-lille-metropole.org/wp-content/uploads/sites/2/2021/05/3_DOO-10fev2017.pdf
- Amphoux, P. (2017). Nuisances sonores. Réflexion critique et principes opérationnels. *Revue de la BNF*, 55(2), 88–101. <https://doi.org/10.3917/rbnf.055.0088>
- Angot, J.-L. (2020). Pour une mise en oeuvre effective du concept « One world—One Health ». *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 173(1), 192–195. <https://doi.org/10.4267/2042/70851>
- Antoni, J.-P. (2010). L'étalement urbain. In G. Wackermann (Ed.), *La France en villes* (pp. 164–176). Ellipses. <https://hal.science/hal-01075776>
- Anzivino, L., Martin de Champs, C., Colom, P., Ollivier, G., Beynel-Melinand, F., Litzistorf, N., & Regenass, D. (2018). Un levier innovant de promotion de la santé et de réduction des inégalités sociales de santé. *Santé Publique*, S1(HS1), 63–67. <https://doi.org/10.3917/spub.184.0063>
- APUR. (2023). *Avec le Plan local d'urbanisme bioclimatique, Paris devient plus verte et solidaire*. <https://www.paris.fr/dossiers/avec-le-plan-local-d-urbanisme-bioclimatique-paris-devient-plus-verte-et-solidaire-71>
- Arab, N., & Miot, Y. (2021). Espaces vacants et dégradation du cadre de vie dans une ville décroissante: Le cas de Roubaix. *Cybergeog: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.37759>
- Atmo. (2023). *Bilan des épisodes de pollution de l'année 2022 en Hauts-de-France | Atmo Hauts-de-France*. <https://www.atmo-hdf.fr/actualite/bilan-des-episodes-de-pollution-de-lannee-2022-en-hauts-de-france>
- Aussilloux, V., & Baïz, A. (2020). Comment accélérer la rénovation énergétique des logements. *La note d'analyse de France Stratégie*, 95(6), 1–12. <https://doi.org/10.3917/lna.095.0001>
- Azzopardi-Muscat, N., Brambilla, A., Caracci, F., & Capolongo, S. (2020). Synergies in Design and Health. The role of architects and urban health planners in tackling key contemporary public health challenges. *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, 91(Suppl 3), 9–20. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i3-S.9414>
- Barhoumi, K., Darné, O., & Ferrara, L. (2013). *Une revue de la littérature des modèles à facteurs dynamiques* (SSRN Scholarly Paper 2243625). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2243625>

- Barral, S., Vernouillet, G., Beaubestre, C., & Lefranc, A. (2021). Développement de deux outils pour prendre en compte la santé environnementale et les situations de multi-expositions à Paris. *Environnement, Risques & Santé*, 20(4), 369–376. <https://doi.org/10.1684/ers.2021.1573>
- Barroca, B., & Serre, D. (2013). Behind The Barriers: A Resilience Conceptual Model. *S.A.P.I.EN.S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 6.1, Article 6.1. <http://journals.openedition.org/sapiens/1529>
- Barton, H., & Tsourou, C. (2004). *Urbanisme et santé: Un guide de l'OMS pour un urbanisme centré sur les habitants*.
- Basson, J.-C., Haschar-Noé, N., & Marquis, C. (2021). La fabrique des inégalités sociales de santé. *Research Papers in Economics*. <https://www.scinapse.io/papers/3170753404>
- Bastiège, M. (2020). Contrôle des engagements de l'UE et de ses partenaires en matière de biodiversité et de climat: Quel dialogue avec les populations locales ? *Politiques & management public*, 3–4(3–4), 319–325. <https://doi.org/10.3166/pmp.37.2020.0018>
- Batavia, A. I., & Beaulaurier, R. L. (2001). The Financial Vulnerability of People with Disabilities: Assessing Poverty Risks. *Journal of Sociology and Social Welfare*, 28, 139.
- Baulac, M., Bourgeois, D., Goeury, C., Marry, S., & Defrance, J. (2010). *Élaboration d'une méthodologie définissant un indicateur représentatif du risque sanitaire induit par les nuisances sonores en milieu urbain*. sp. <https://shs.hal.science/halshs-00664625>
- Baum, F., & Palmer, C. (2002). 'Opportunity structures': Urban landscape, social capital and health promotion in Australia. *Health Promotion International*, 17(4), 351–361. <https://doi.org/10.1093/heapro/17.4.351>
- Beaumier, M., Béchade, C., Dejardin, O., Lassalle, M., Vigneau, C., Longlune, N., Launay, L., Couchoud, C., Ficheux, M., Lobbedez, T., & Châtelet, V. (2019). La dialyse assistée est-elle associée à la défaveur sociale dans le système de santé Français. Une étude de cohorte à partir du registre REIN. *Néphrologie & Thérapeutique*, 15(5), 262. <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2019.07.005>
- Bedos, C., Castell, J.-F., Cellier, P., & Générmont, S. (2019). *Agriculture et qualité de l'air: Comprendre, évaluer, agir*. Quae.
- Bell, M. L., Cifuentes, L. A., Davis, D. L., Cushing, E., Gusman Telles, A., & Gouveia, N. (2011). Environmental health indicators and a case study of air pollution in Latin American cities. *Environmental Research*, 111(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.10.005>
- Bentekhici, N., Benkesmia, Y., Berrichi, F., & Bellal, S. A. (2018). Évaluation des risques de la pollution des eaux et vulnérabilité de la nappe alluviale à l'aide des données spatiales. Cas de la plaine de Sidi Bel Abbès (nord-ouest algérien). *Journal of Water Science*. <https://doi.org/10.7202/1047052ar>
- Besancenot, J.-P. (2002). Heat waves and mortality in large urban areas. *Environnement, Risques & Santé*, 1(4), 229–240.
- Billet, P., Harpet, C., & Pierron, J.-P. (2016). *Justice et injustices environnementales* (« Éthique, droit et développement durable »). L'Harmattan. https://www.editions-harmattan.fr/index_harmattan.asp?navig=catalogue&obj=livre&razSqlClone=1&no=51479

- Blanc, M. (2014). Albert Lévy (coord.), Ville, urbanisme et santé. Les trois révolutions. *Revue des sciences sociales*, 52, Article 52. <https://doi.org/10.4000/revss.3306>
- Blanpain, N. (2007). Les conditions de vie des familles nombreuses. *Etudes et Résultats, DREES*, n°555. <https://hal.science/hal-02149833>
- Boco, A. G. (2011). *Déterminants individuels et contextuels de la mortalité des enfants de moins de cinq ans en Afrique au sud du Sahara: Analyse comparative des enquêtes démographiques et de santé*. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/5252>
- Böhringer, C., & Jochem, P. E. P. (2007). Measuring the immeasurable—A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*, 63(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.008>
- Bonnard, R. (1997). Facteurs de variation en évaluation des risques pour la santé liés aux sites et sols pollués. *Environnement, Ingénierie & Développement*, N°8-4ème Trimestre 1997. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.823>
- Boothe, V. L., Boehmer, T. K., Wendel, A. M., & Yip, F. Y. (2014). Residential Traffic Exposure and Childhood Leukemia: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 46(4), 413–422. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.11.004>
- Boucher, F. (2018). *Aperçu de l'outil de données sur les inégalités sociales de santé*. <https://policycommons.net/artifacts/2048959/apercu-de-loutil-de-donnees-sur-les-inegalites-sociales-de-sante/2802050/>
- Bouisson, J. (2007). V ieillesse, vulnérabilité perçue et routinisation. *Retraite et société*, 52(3), 107–128. <https://doi.org/10.3917/rs.052.0107>
- Boulahbal, M. (2001). Effet polarisant du lieu de travail sur le territoire de la vie quotidienne des actifs. *Recherche - Transports - Sécurité*, 73, 43–63. [https://doi.org/10.1016/S0761-8980\(01\)90039-1](https://doi.org/10.1016/S0761-8980(01)90039-1)
- Boulanger, M. (2019). *Etude des déterminants de l'exposition aux nuisances agricoles et leurs effets sur le cancer du poumon* [These de doctorat, Normandie]. <https://www.theses.fr/2019NORMC404>
- Bourban, M. (2019). Croissance démographique et changement climatique: Repenser nos politiques dans le cadre des limites planétaires. *La Pensée Écologique*. <https://doi.org/10.3917/lpe.003.0019>
- Bourillon, F., & Coudroy de Lille, L. (2013). La leçon haussmannienne. *Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques*, 137(1), 65–79.
- Braconnier, P., Caire, G., Dupuy, R., Jahan, E., Le Masne, P., & Nivoix, S. (2011). Une évaluation du bien-être au sein des régions françaises dans une approche de développement durable. *Innovations*, 34(1), 93–121. <https://doi.org/10.3917/inno.034.0093>
- Brauer, M., Freedman, G., Frostad, J., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Dentener, F., Dingenen, R. van, Estep, K., Amini, H., Apte, J. S., Balakrishnan, K., Barregard, L., Broday, D., Feigin, V., Ghosh, S., Hopke, P. K., Knibbs, L. D., Kokubo, Y., Liu, Y., ... Cohen, A. (2016). Ambient Air Pollution Exposure Estimation for the Global Burden of Disease 2013. *Environmental Science & Technology*, 50(1), 79–88. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03709>

- Braveman, P., & Gottlieb, L. (2014). The Social Determinants of Health: It's Time to Consider the Causes of the Causes. *Public Health Reports*, 129(1_suppl2), 19–31. <https://doi.org/10.1177/003335491412915206>
- Breton, R. (1991). Enfin, le rapport Brundtland. *Annales de Géographie*, 100(559), 363–363.
- Brodiez-Dolino, A. (2016). *Le concept de vulnérabilité*. 10.
- Brook, J. R., Setton, E. M., Seed, E., Shooshtari, M., & Doiron, D. (2018). The Canadian Urban Environmental Health Research Consortium—A protocol for building a national environmental exposure data platform for integrated analyses of urban form and health. *BMC Public Health*, 18, 1-N.PAG. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-5001-5>
- Brousmitche, D., Occelli, F., Genin, M., Cuny, D., Deram, A., & Lanier, C. (2020). Spatialized composite indices to evaluate environmental health inequalities: Meeting the challenge of selecting relevant variables. *Ecological Indicators*, 111, 106023-. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106023>
- Buffin-Bélanger, T., Maltais, D., & Gauthier, M. (2022). *Les inondations au Québec: Risques, aménagement du territoire, impacts socioéconomiques et transformation des vulnérabilités*. PUQ.
- Cambois, E., & Robine, J.-M. (2001). Apport des indicateurs d'espérance de vie sans incapacité à l'étude des inégalités sociales de santé. *Santé Publique*, 13(2), 137–149. <https://doi.org/10.3917/spub.012.0137>
- Capolongo, S., Buffoli, M., Brambilla, A., & Rebecchi, A. (2020). Healthy urban planning and design strategies to improve urban quality and attractiveness of places. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 271-279 Pages. <https://doi.org/10.13128/TECHNE-7837>
- Capolongo, S., Lemaire, N., Oppio, A., Buffoli, M., & Gall, A. R. L. (2016). Action planning for healthy cities: The role of multi-criteria analysis, developed in Italy and France, for assessing health performances in land-use plans and urban development projects. *Epidemiologia e Prevenzione*. <https://doi.org/10.19191/EP16.3-4.P257.093>
- Carmichael, L., Townshend, T. G., Fischer, T. B., Lock, K., Petrokofsky, C., Sheppard, A., Sweeting, D., & Ogilvie, F. (2019). Urban planning as an enabler of urban health: Challenges and good practice in England following the 2012 planning and public health reforms. *Land Use Policy*, 84, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.043>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Catellani, A., Pascual Espuny, C., Malibabo Lavu, P., & Jalenques Vigouroux, B. (2019). Les recherches en communication environnementale. *Communication. Information médias théories pratiques*, Vol. 36/2, Article Vol. 36/2. <https://doi.org/10.4000/communication.10559>
- Cera, M. de la. (2020). *De plus grandes ambitions pour la dimension mondiale de la stratégie « de la ferme à la table » de l.* <https://policycommons.net/artifacts/2483773/de-plus-grandes-ambitions-pour-la-dimension-mondiale-de-la-strategie-de-la-ferme-a-la-table-de-l/3506092/>

- Cérézuelle, D. (2003). Les jardins familiaux, lieux d'initiation à la civilité. *Communications*, 74(1), 65–83. <https://doi.org/10.3406/comm.2003.2129>
- Chancel, L. (2022). *Insoutenables inégalités—Pour une justice sociale et environnementale*. Petits matins.
- Charbit, Y. (2022). *Population et questions de développement*. ISTE Group.
- Chardon, A.-C., & Thouret, J.-C. (1994). Cartographie de la vulnérabilité globale d'une population citadine face aux risques naturels: Le cas de Manizales. *Mappemonde*, 36(4), 37–40. <https://doi.org/10.3406/mappe.1994.1161>
- Charlier, D., Risch, A., & Salmon, C. (2015). Les indicateurs de la précarité énergétique en France. *Revue française d'économie*, XXX(4), 187–230. <https://doi.org/10.3917/rfe.154.0187>
- Charvet, M. (2015). Les fortifications de Paris: De l'hygiénisme à l'urbanisme, 1880-1919. In *Les fortifications de Paris: De l'hygiénisme à l'urbanisme, 1880-1919*. Presses universitaires de Rennes. <https://doi.org/10.4000/books.pur.17312>
- Cheng, J. K. (2012). Confronting the Social Determinants of Health—Obesity, Neglect, and Inequity. *New England Journal of Medicine*, 367(21), 1976–1977. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1209420>
- 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(90/3), Article 90/3. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.9889>
- Coley, R. L., Sullivan, W. C., & Kuo, F. E. (1997). Where Does Community Grow?: The Social Context Created by Nature in Urban Public Housing. *Environment and Behavior*, 29(4), 468–494. <https://doi.org/10.1177/001391659702900402>
- Combes, B., Legendre, A.-L., & Remvikos, Y. (2015). Urbanisme et santé: Quelle place pour les habitants des quartiers défavorisés dans la réduction des inégalités? Retour d'expérience dans le cadre d'une EIS conduite en région parisienne. *Environ Risque Sante*, 14, 10.
- Consales, J.-N. (2000). Les jardins familiaux marseillais: Laboratoires territoriaux d'une agriculture urbaine en Méditerranée. *Méditerranée*, 95(3), 81–88. <https://doi.org/10.3406/medit.2000.3179>
- Curtis, S. (2004). *Full details and actions for Health and inequality: Geographical perspectives*. <https://www.vlebooks-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/Product/Index/46932?page=0>
- Damon, J. (2011). L'urbanisation mondiale en perspective positive. *Études*, 414(6), 739–749. <https://doi.org/10.3917/etu.4146.0739>
- Daras, K., Green, M. A., Davies, A., Barr, B., & Singleton, A. (2019a). Open data on health-related neighbourhood features in Great Britain. *Scientific Data*, 6(1), 107. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0114-6>
- Daras, K., Green, M. A., Davies, A., Barr, B., & Singleton, A. (2019b). Open data on health-related neighbourhood features in Great Britain. *Scientific Data*, 6(1), 107. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0114-6>

- David, O., & Séchet, R. (2004). *Les familles monoparentales: Des familles comme les autres mais des parents vulnérables*.
- David Olivier. (2020). *La population mondiale: Répartition, dynamique et mobilité* (4e édition). Armand Colin.
- Deguen, S., & Kihal-Talantikite, W. (2022). Les inégalités environnementales et sociales de santé en France, un champ de recherche à développer. *Informations sociales*, 206(2), 34–43. <https://doi.org/10.3917/inso.206.0034>
- Dejoux, V., Valageas, M., & Gaimard, M. (2019). Panorama de l'évolution des conditions de logement en France depuis la fin des années 1960. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2019/3, Article 2019/3. <https://doi.org/10.4000/eps.9201>
- Delaître, M., Nardo, M. D., Gonzva, M., Barroca, B., & Diab, Y. (2016). Échelles spatiales et approches méthodologiques pour l'analyse de la vulnérabilité. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2016/3, Article 2016/3. <https://doi.org/10.4000/eps.7044>
- Devalière, I. (2008). Au-delà des impayés d'énergie, comment appréhender la précarité énergétique ? *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2008, Article 2008/1. <https://doi.org/10.4000/eps.3322>
- Dialga, I. (2016). *L'Indice du Développement Humain ou l'indice monétaire de développement ? Evidences par l'Analyse en Composantes Principales*. <https://hal.science/hal-01308724>
- Diez Roux, A. V., & Mair, C. (2010). Neighborhoods and health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186(1), 125–145. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05333.x>
- Dow, K. (1992). Exploring differences in our common future(s): The meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 23(3), 417–436. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90052-6)
- Dozzi, J., Lennert, M., & Wallenborn, G. (2008). Inégalités écologiques: Analyse spatiale des impacts générés et subis par les ménages belges. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2008/1, Article 2008/1. <https://doi.org/10.4000/eps.2443>
- Draper, G., Tim, V., Mary, E. K., & Swanson, J. (2005). *Cancer infantile en lien avec la distance aux lignes hautes tensions de distribution de l'électricité en Angleterre et au Pays de Galles: Une étude cas—Témoins*. <https://www.criirem.org/wp-content/uploads/2005/08/Etude-Draper.pdf>
- Duchêne, F., Langumier, J., & Morel Journel, C. (2013). Cités ouvrières et patrimonialisation: D'un modèle à ses multiples transformations. *Espaces et sociétés*, 152–153(1–2), 35–50. <https://doi.org/10.3917/esp.152.0035>
- Dumont, G.-F. (2018). Urban Demographic Transition (La transition démographique urbaine). *Social Science Research Network*. <https://www.scinapse.io/papers/3106958785>
- Dupont, L. (2021). Effets potentiels du covid-19 sur l'activité touristique dans les pays membres de l'Organisation des États de la Caraïbe orientale et détermination du seuil optimal de recettes touristiques qui maximise leur croissance économique. *Études caribéennes*, 49, Article 49. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.21758>
- Entwisle, B. (2007). Putting People into Place. *Demography*, 44(4), 687–703.

- Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2014). Social–ecological status index: A preliminary study of its structural composition and application. *Ecological Indicators*, 43, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.031>
- Ethgen, O., Richy, F., Gosset, C., Hanssens, L., & Reginster, J. Y. (2003). Prevention of frailty in the elderly: A demographic challenge. *Revue Medicale De Liege*, 58(4), 175–182.
- Evans, G. W., & Kantrowitz, E. (2002). Socioeconomic Status and Health: The Potential Role of Environmental Risk Exposure. *Annual Review of Public Health*, 23(1), 303–331. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.23.112001.112349>
- Exner, A., Politti, E., Schriefl, E., Erker, S., Stangl, R., Baud, S., Warmuth, H., Matzenberger, J., Kranzl, L., Paulesich, R., Windhaber, M., Supper, S., & Stöglehner, G. (2016). Measuring regional resilience towards fossil fuel supply constraints. Adaptability and vulnerability in socio-ecological Transformations-the case of Austria. *Energy Policy*, 91, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.031>
- Fassin, D. (2000). Repenser les enjeux de santé autour de l’immigration. *Hommes & Migrations*, 1225(1), 5–12. <https://doi.org/10.3406/homig.2000.3506>
- Fassin, D., Grandjean, H., Kaminski, M., Lang, T., & Leclerc, A. (2000). Introduction. Connaître et comprendre les inégalités sociales de santé. In *Les inégalités sociales de santé* (pp. 13–24). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.fassi.2000.01.0013>
- Faye, B. (2018). Revisiter l’attractivité résidentielle des moyennes et grandes villes françaises entre fondamentaux et nouvelles politiques d’attractivité, *Canadian Journal of Regional Science* 40(3). *The Canadian Journal of Regional Science = La Revue Canadienne Des Sciences Régionales*, 40(3).
- Fleet, R., Archambault, P., Plant, J., & Poitras, J. (2013). L’accès aux soins d’urgence en milieu rural au Canada: Y a-t-il lieu de s’inquiéter? *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 15(4), 194–197. <https://doi.org/10.2310/8000.2013.121008F>
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *Ambio*, 31(5), 437–440.
- Fortune, N., Singh, A., Badland, H., Stancliffe, R. J., & Llewellyn, G. (2020). Area-Level Associations between Built Environment Characteristics and Disability Prevalence in Australia: An Ecological Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), E7844. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217844>
- Freitag, B. (2005). Le familistère de guise un projet utopique réussi. *Diogenes*, 209(1), 101–108. <https://doi.org/10.3917/dio.209.0101>
- Freitas, Â., Rodrigues, T. C., & Santana, P. (2020). Assessing Urban Health Inequities through a Multidimensional and Participatory Framework: Evidence from the EURO-HEALTHY Project. *Journal of Urban Health*, 97(6), 857–875. <https://doi.org/10.1007/s11524-020-00471-5>
- Frioux, S. (2015). Deux siècles d’histoire des relations entre urbanisation et santé (années 1770-années 1970). *Environnement Risques & Sante*. <https://doi.org/10.1684/ers.2015.0792>

- Füssel, H.-M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17(2), 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- Gallez, C., Kaufmann, V., Thébert, M., & Guerrinha, C. (2013). Coordonner transport et urbanisme. Visions et pratiques locales en Suisse et en France. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, avril(2), 317–337. <https://doi.org/10.3917/reru.132.0317>
- Gao, F., Kihal, W., Le Meur, N., Souris, M., & Deguen, S. (2019). Développement d'indicateurs d'accessibilité spatiale permettant l'investigation des inégalités socio-territoriales de santé à l'échelle fine. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 67, S49–S50. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2018.12.022>
- Gassiot, M., Guyard, F., Bedok, H., Héritage, Z., Hemery, C., & Saraux-Salaün, P. (2016). Pratiques quotidiennes du vélo à Nantes: Approche croisée de la santé et de la mobilité. *Santé Publique*, S1(HS), 75–82. <https://doi.org/10.3917/spub.160.0075>
- Gelormino, E., Melis, G., Marietta, C., & Costa, G. (2015a). From built environment to health inequalities: An explanatory framework based on evidence. *Preventive Medicine Reports*, 2, 737–745. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.08.019>
- Gelormino, E., Melis, G., Marietta, C., & Costa, G. (2015b). From built environment to health inequalities: An explanatory framework based on evidence. *Preventive Medicine Reports*, 2, 737–745. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.08.019>
- Ghorayeb, M. (2019). La loi Cornudet, un urbanisme hygiéniste et social. *Droit et Ville*, 88(2), 43–58. <https://doi.org/10.3917/dv.088.0043>
- GIEC. (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques: Conséquences, adaptation et vulnérabilité*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/wg2sumfrench.pdf>
- Giguère, M. (2009). *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*. desLibris. <https://policycommons.net/artifacts/1239895/mesures-de-lutte-aux-ilots-de-chaleur-urbains/1792965/>
- Giles-Corti, B., Badland, H., Mavoa, S., Turrell, G., Bull, F., Boruff, B., Pettit, C., Bauman, A., Hooper, P., Villanueva, K., Astell-Burt, T., Feng, X., Learnihan, V., Davey, R., Grenfell, R., & Thackway, S. (2014). Reconnecting urban planning with health: A protocol for the development and validation of national liveability indicators associated with noncommunicable disease risk behaviours and health outcomes. *Public Health Research & Practice*, 25(1), e2511405. <https://doi.org/10.17061/phrp2511405>
- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., Foster, S., Lowe, M., Sallis, J. F., Stevenson, M., & Owen, N. (2016). City planning and population health: A global challenge. *Lancet (London, England)*, 388(10062), 2912–2924. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6)
- Gissen, D. (2009). *Subnature: Architecture's Other Environments*. Princeton Architectural Press.
- Glandus, L.-M., & Beltrando, G. (2013). Les déplacements urbains et la pollution de l'air dans des villes intermédiaires: Enjeux politiques et environnementaux. *Norois. Environnement, aménagement, société*, 226, Article 226. <https://doi.org/10.4000/norois.4538>

- Godon, D., Lajoie, P., Thouez, J.-P., & Nadeau, D. (1989). Pesticides et cancers en milieu rural agricole au Québec: Interpretation géographique. *Social Science & Medicine*, 29(7), 819–833. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(89\)90081-6](https://doi.org/10.1016/0277-9536(89)90081-6)
- Gonzva, M., Barroca, B., Lhomme, S., Gautier, P.-É., & Diab, Y. (2016). Apport de la sûreté de fonctionnement à l'analyse spatialisée du risque inondation. *Revue Internationale de Géomatique*, 26(3), Article 3. <https://doi.org/10.3166/rig.2016.00003>
- Gray, A. M. (1982). Inequalities in health. The Black Report: A summary and comment. *International Journal of Health Services: Planning, Administration, Evaluation*, 12(3), 349–380. <https://doi.org/10.2190/XXMM-JMQU-2A7Y-HX1E>
- Green, M. A., Daras, K., Davies, A., Barr, B., & Singleton, A. (2018). Developing an openly accessible multi-dimensional small area index of “Access to Healthy Assets and Hazards” for Great Britain, 2016. *Health & Place*, 54, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.08.019>
- Guigner, S. (2016). De « la santé dans toutes les politiques » à « toutes les politiques dans la santé »: Le régime de visibilité de la prise en compte de la santé dans les politiques de l'Union européenne. *Sciences sociales et sante*, Vol. 34(2), 71–79.
- Guillaume, J.-F. (2005). *Aventuriers solitaires en quête d'utopie: Les formes contemporaines de l'engagement*. Editions de l'ULG.
- Hafsia, M., El Maalel, O., Ben Ahmed, S., Aroui, H., Kacem, I., El Guedri, S., Maoua, M., Brahem, A., HoudaKalboussi, Chatti, S., & Mrizak, N. (2018). Cancer du sein et exposition aux pesticides: Résultats d'une enquête réalisée à Sousse (Tunisie). *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 79(3), 410. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2018.03.451>
- Hamra, G. B., Laden, F., Cohen, A. J., Raaschou, -Nielsen Ole, Brauer, M., & Loomis, D. (2015). Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 123(11), 1107–1112. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408882>
- Harpet, C. (2014). Un retour récent de la santé dans les politiques urbaines. *Les Cahiers de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France*. <https://hal.ehesp.fr/hal-01736548>
- HCSP. (2009). Les inégalités sociales de santé: Sortir de la fatalité. In *Rapport de l'HCSP*. Haut Conseil de la Santé Publique. <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=113>
- HCSP. (2013). Indicateurs de suivi des inégalités sociales de santé. In *Rapport de l'HCSP*. Haut Conseil de la Santé Publique. <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=360>
- Hersent, G. (1942). L'urbanisme Et La Santé: I. *Revue Des Deux Mondes (1829-1971)*, 70(1), 55–66.
- Hilal, M. (2007). Temps d'accès aux équipements au sein des bassins de vie des bourgs et petites villes. *Economie et Statistique*, 402(1), 41–56. <https://doi.org/10.3406/estat.2007.7099>
- Houillon, V., & Thomsin, L. (2001). Définitions du rural et de l'urbain dans quelques pays européens. *Espace Populations Sociétés*, 19(1), 195–200.

- Huguenin-Richard, F. (2010). La mobilité des enfants à l'épreuve de la rue: Impacts de l'aménagement de zones 30 sur leurs comportements. *Enfances, Familles, Générations*, 12, 66–87. <https://doi.org/10.7202/044393ar>
- Ineris. (2016). *Note technique du 07/01/16 relative à l'institution des servitudes d'utilité publique prenant en compte les dangers des canalisations de transport | AIDA*. <https://aida.ineris.fr/reglementation/note-technique-070116-relative-a-linstitution-servitudes-dutilite-publique-prenant-0>
- Institut National du Cancer. (2022). *Données globales d'épidémiologie des cancers—Epidémiologie des cancers*. <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/Les-chiffres-du-cancer-en-France/Epidemiologie-des-cancers/Donnees-globales>
- Iravani, H., & Rao, V. (2020). The effects of New Urbanism on public health. *Journal of Urban Design*, 25(2), 218–235. <https://doi.org/10.1080/13574809.2018.1554997>
- Iriho, C. (2021). Le travail ouvrier au Burundi: Identité et conditions socio-économiques des ouvriers de l'usine sucrière de la SOSUMO. *Les Cahiers d'Afrique de l'Est*. <https://doi.org/10.4000/eastafrica.1535>
- Jabot, F. (2021). L'évaluation d'impact sur la santé pour scruter et sculpter les politiques. *Santé Publique*, 33(1), 7–16. <https://doi.org/10.3917/spub.211.0007>
- Jany-Catrice, F., & Marlier, G. (2013). Évaluer la santé sociale des régions françaises: Entre enjeux économiques, épistémologiques et politiques. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, octobre(4), 647–677. <https://doi.org/10.3917/reru.134.0647>
- Jobin, L., Pigeon, M., Anctil, H., & Québec, M. (Ministère de la santé et des services sociaux) du. (2012). *La santé et ses déterminants. Mieux comprendre pour mieux agir*. Ministère de la santé et des services sociaux du Québec. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-000540/>
- Jusot, F., & Lacroix, E. (2016). La précarité énergétique est-elle nocive pour la santé ? *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 64, S100. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2015.07.010>
- Kaufmann, J.-C. (1994). Les ménages d'une personne en Europe. *Population (French Edition)*, 49(4/5), 935–958. <https://doi.org/10.2307/1533664>
- Kempen, E. van, Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 379. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>
- Keniger, L. E., Gaston, K. J., Irvine, K. N., & Fuller, R. A. (2013). What are the Benefits of Interacting with Nature? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph10030913>
- Kim, H. M., & Choi, Y. H. (2014). Factors Affecting Depression in Elderly Vulnerable People Living Alone. *Journal of Korean Academy of Community Health Nursing*, 22(4), 355–364. <https://doi.org/10.12799/jkachn.2011.22.4.355>
- Kim, S. W., & Brown, R. D. (2021). Urban heat island (UHI) intensity and magnitude estimations: A systematic literature review. *Science of The Total Environment*, 779, 146389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146389>

- Kirchner, S., Arenes, J.-F., Cochet, C., Derbez, M., Duboudin, C., Elias, P., Gregoire, A., Jédor, B., Lucas, J.-P., Pasquier, N., Pigneret, M., & Ramalho, O. (2007). État de la qualité de l'air dans les logements français. *Environnement, Risques & Santé*, 6(4), 259–269. <https://doi.org/10.1684/ers.2007.0096>
- Klingberg, S. (2004). « Ils ont habitué les ouvriers à avoir la trouille ». *Lignes*, 15(3), 119–133. <https://doi.org/10.3917/lignes1.015.0119>
- Koellner, T., & Geyer, R. (2013). Global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1185–1187. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0580-6>
- Koninckx, G., & Teneau, G. (2010). Chapitre 1. La résilience: Un nouveau concept. *Manager RH*, 20–59.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621. <https://doi.org/10.2307/2280779>
- Lacroux, A. (2023). *New methods for new data? An overview and illustration of quantitative inductive methods for HRM research* (arXiv:2305.08889). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.08889>
- Lafon, L., & Lafon, D. (2009). Deuxième plan national santé–environnement: 2009–2013. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 70(6), 655–665. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2009.10.018>
- Laimé, M. (2015). *Le Dossier de l'eau. Pénurie, pollution, corruption*. Média Diffusion.
- Lambotte, J.-M. (2023). *La dépendance croissante du Sud-Est de la Wallonie vis-à-vis du Grand-Duché: Contexte lié aux flux, la forte dépendance à la voiture associée à ces flux et l'impact potentiel de la mise en œuvre du Zéro artificialisation net au Grand-Duché sur le Sud-Est de la Wallonie*. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/302311>
- Lang, T., Kelly-Irving, M., Lamy, S., Lepage, B., & Delpierre, C. (2016). Construction de la santé et des inégalités sociales de santé: Les gènes contre les déterminants sociaux ? *Santé Publique*, 28(2), 169–179. <https://doi.org/10.3917/spub.162.0169>
- Lanier, C., Brousmiche, D., Deram, A., Frank, L., Genin, M., Occelli, F., & Cuny, D. (2020). Characterization of the spatial heterogeneity of environmental and social inequalities in health: A spatialized approach to the resilience-vulnerability balance. *Environnement Risques Santé*, 19(4), 250–256. <https://doi.org/10.1684/ers.2020.1451>
- Lanier, C., Deram, A., Cuny, M.-A., Cuny, D., & Occelli, F. (2019). Spatial analysis of environmental inequalities caused by multiple air pollutants: A cumulative impact screening method, applied to the north of France. *Ecological Indicators*, 99, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.011>
- Last, J. M. (1982). Inégalité Devant La Santé. *Canadian Journal of Public Health / Revue Canadienne de Santé Publique*, 73(6), 378–380.
- Laurent, É. (2009). Écologie et inégalités. *Revue de l'OFCE*, 109(2), 33–57. <https://doi.org/10.3917/reof.109.0033>
- Lawless, A., Williams, C., Hurley, C., Wildgoose, D., Sawford, A., & Kickbusch, I. (2012). Health in All Policies: Evaluating the South Australian Approach to Intersectoral Action for

- Health. *Canadian Journal of Public Health*, 103(1), S15–S19. <https://doi.org/10.1007/BF03404454>
- Lee, W., Choi, M., Bell, M. L., Kang, C., Jang, J., Song, I., Kim, Y.-O., Ebi, K., & Kim, H. (2022). Effects of urbanization on vulnerability to heat-related mortality in urban and rural areas in South Korea: A nationwide district-level time-series study. *International Journal of Epidemiology*, 51(1), 111–121. <https://doi.org/10.1093/ije/dyab148>
- Lefebvre, H., Levert, M.-J., Le Dorze, G., Croteau, C., Gélinas, I., Therriault, P.-Y., Michallet, B., & Samuelson, J. (2013). Un accompagnement citoyen personnalisé en soutien à l'intégration communautaire des personnes ayant subi un traumatisme craniocérébral: Vers la résilience ? *Recherche en soins infirmiers*, 115(4), 107–123. <https://doi.org/10.3917/rsi.115.0107>
- LeGrand, T. (1998). Croissance de la population mondiale et environnement: Les enjeux. *Cahiers québécois de démographie*, 27(2), 221–252. <https://doi.org/10.7202/010250ar>
- Lejeune, Z. (2015). La justice et les inégalités environnementales: Concepts, méthodes et traduction politique aux États-Unis et en Europe. *Revue française des affaires sociales*, 1–2, 51–78. <https://doi.org/10.3917/rfas.151.0051>
- Lemaire, É. (2012). Portraits de mineurs isolés étrangers en territoire français: Apprendre en situation de vulnérabilité. *La revue internationale de l'éducation familiale*, 31(1), 31–53. <https://doi.org/10.3917/rief.031.0031>
- Lestel, L. (2013). Pollution atmosphérique en milieu urbain: De sa régulation à sa surveillance. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 15*, Article Hors-série 15. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12826>
- Levasseur, S. (2011). Cherté du logement: Le logement social est-il la bonne solution ? *OFCE Les notes du blog*, 4, 1.
- Lévi, Y. (2020). Les considérables progrès de la santé environnementale. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 204(9), 1061–1068. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2020.02.011>
- Levira, F., & Todd, G. (2017). Urban Health in Tanzania: Questioning the Urban Advantage. *Journal of Urban Health*, 94(3), 437–449. <https://doi.org/10.1007/s11524-017-0137-2>
- Lhomme, S., Laganier, R., Diab, Y., & Serre, D. (2013). Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine: Application à la ville de Dublin. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 13 Numéro 3*, Article Volume 13 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.14502>
- Li, F., Harmer, P., Cardinal, B. J., Bosworth, M., & Johnson-Shelton, D. (2009). Obesity and the Built Environment: Does the Density of Neighborhood Fast-Food Outlets Matter? *American Journal of Health Promotion*, 23(3), 203–209. <https://doi.org/10.4278/ajhp.071214133>
- Loslier, L., & Porapakkham, Y. (1992). Facteurs environnementaux et facteurs structuraux comme déterminants de la santé publique: Étude de la province de ubon-Ratchathani, Thaïlande. *Canadian Journal of Development Studies / Revue Canadienne d'études Du Développement*, 13(2), 181–195. <https://doi.org/10.1080/02255189.1992.9669450>

- Ma, J., Li, C., Kwan, M.-P., & Chai, Y. (2018a). A Multilevel Analysis of Perceived Noise Pollution, Geographic Contexts and Mental Health in Beijing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), E1479. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071479>
- Ma, J., Li, C., Kwan, M.-P., & Chai, Y. (2018b). A Multilevel Analysis of Perceived Noise Pollution, Geographic Contexts and Mental Health in Beijing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), E1479. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071479>
- Mabahwi, N. A. B., Leh, O. L. H., & Omar, D. (2014). Human Health and Wellbeing: Human Health Effect of Air Pollution. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.056>
- Macintyre, S., Ellaway, A., & Cummins, S. (2002). Place effects on health: How can we conceptualise, operationalise and measure them? *Social Science & Medicine*, 55(1), 125–139. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00214-3](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00214-3)
- Magnan, A. K., & Duvat, V. (2015). La fabrique des catastrophes « naturelles ». *Natures Sciences Sociétés*, 23(2), 97–108. <https://doi.org/10.1051/nss/2015033>
- Makopa Kenda, I., Agoub, M., & Ahami, A. O. T. (2014). Les effets du bruit sur la santé mentale: Recension des écrits. *Santé mentale au Québec*, 39(2), 169–181. <https://doi.org/10.7202/1027838ar>
- Malambo, P., Kengne, A. P., De Villiers, A., Lambert, E. V., & Puoane, T. (2016). Built Environment, Selected Risk Factors and Major Cardiovascular Disease Outcomes: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 11(11), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166846>
- Maller, J., George, S., Purcell, S., Fagerness, J., Altshuler, D., Daly, M. J., & Seddon, J. M. (2006). Common variation in three genes, including a noncoding variant in CFH, strongly influences risk of age-related macular degeneration. *Nature Genetics*, 38(9), Article 9. <https://doi.org/10.1038/ng1873>
- Margat, A., Leocadie, M.-C., Ntela, S.-D. M., & Rothan-Tondeur, M. (2023). Les grands enjeux actuels de la recherche infirmière. *Index de Enfermería*, e32831f–e32831f. <https://doi.org/10.58807/indexenferm20231035>
- Margossian, N. (2006). *Risques et accidents industriels majeurs: Caractéristiques, réglementation, prévention*. Dunod.
- Marmot, M., Friel, S., Bell, R., Houweling, T. A. J., & Taylor, S. (2008). Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(08\)61690-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(08)61690-6)
- Martin, C. (1997). *L'après divorce: Lien familial et vulnérabilité*. Presses universitaires de Rennes.
- Massamba, V. K., Coppieters, Y., Mercier, G., Collart, P., & Levêque, A. (2014). Effets de la pollution particulaire sur le risque de maladies cardiovasculaires. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 63(1), 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.ancard.2013.08.017>
- Mathis, C.-F., Frioux, S., Dagenais, M., & Walter, F. (2016). Vulnérabilités environnementales: Perspectives historiques. *VertigO - la revue électronique en sciences de*

- l'environnement*, Volume 16 numéro 3, Article Volume 16 numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17993>
- Méral, P. (2016). Les racines économiques de la notion de service écosystémique. In *Les services écosystémiques* (pp. 75–98). Éditions Quæ. <https://doi.org/10.3917/quae.pesch.2016.01.0075>
- Merckel, O. (2021). Questions ouvertes sur les effets des ondes électromagnétiques et sonores sur la santé et l'environnement. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 103(3), 29–32. <https://doi.org/10.3917/re1.103.0029>
- Merlin, P. (2009). *Essai de définition de l'urbanisme: Vol. 8e éd.* (pp. 3–4). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/l-urbanisme--9782130573920-p-3.htm>
- Merlin, P. (2022). *L'Urbanisme*. Humensis.
- Mesnard, A.-H. (2010). Le partage des responsabilités politiques et administratives et la gestion intégrée des zones côtières. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 8, Article Hors-série 8. <https://doi.org/10.4000/vertigo.10223>
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. (2021). *Cadre européen énergie-climat*. Ministères Écologie Énergie Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/cadre-europeen-energie-climat>
- Moguérrou, L., Eremenko, T., Thierry, X., & Prigent, R. (2015). Les familles monoparentales immigrées: Des familles doublement pénalisées ? *Revue de droit comparé du travail et de la sécurité sociale*, 2, 68.
- Mohai, P., Pellow, D., & Roberts, J. T. (2009). Environmental Justice. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 405–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082508-094348>
- Mohsin, M., Rasheed, A. K., Sun, H., Zhang, J., Iram, R., Iqbal, N., & Abbas, Q. (2019). Developing low carbon economies: An aggregated composite index based on carbon emissions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 35, 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.08.003>
- Mohsin, M., Taghizadeh-Hesary, F., Panthamit, N., Anwar, S., Abbas, Q., & Vo, X. V. (2021). Developing Low Carbon Finance Index: Evidence From Developed and Developing Economies. *Finance Research Letters*, 43, 101520. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101520>
- Moine, A. (2008). *Le territoire: Comment observer un système complexe* (p. 176). L'Harmattan. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00813230>
- Mouratidis, K. (2021). Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being. *Cities*, 115, 103229. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103229>
- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Basagaña, X., Cirach, M., Cole-Hunter, T., Dadvand, P., Donaire-Gonzalez, D., Foraster, M., Gascon, M., Martinez, D., Tonne, C., Triguero-Mas, M., Valentín, A., & Nieuwenhuijsen, M. (2017a). Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. *Environmental Health Perspectives*, 125(1), 89–96. <https://doi.org/10.1289/EHP220>

- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Basagaña, X., Cirach, M., Cole-Hunter, T., Dadvand, P., Donaire-Gonzalez, D., Foraster, M., Gascon, M., Martinez, D., Tonne, C., Triguero-Mas, M., Valentín, A., & Nieuwenhuijsen, M. (2017b). Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. *Environmental Health Perspectives*, 125(1), 89–96. <https://doi.org/10.1289/EHP220>
- Musson, A. (2010). Revue de littérature sur les indicateurs d'attractivité et de développement durable: Vers un indicateur d'attractivité durable. *Géographie, économie, société*, 12(2), 181–223.
- Muxel, A. (2007). L'abstention: Déficit démocratique ou vitalité politique ? *Pouvoirs*, 120(1), 43–55. <https://doi.org/10.3917/pouv.120.0043>
- Muzet, A. (2006). Bruit et sommeil: Répercussions sur la santé. *médecine/sciences*, 22(11), Article 11. <https://doi.org/10.1051/medsci/20062211973>
- Najib, K. (2017). Inégalités socio-spatiales dans les villes et leurs évolutions récentes: Comparaison de Besançon, Mulhouse et Strasbourg. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27964>
- Oliveau, S. (2010). Autocorrélation spatiale : Leçons du changement d'échelle. *L'Espace géographique*, 39(1), 51–64. <https://doi.org/10.3917/eg.391.0051>
- OMS. (2009). *Réduire les inégalités en matière de santé par une action sur les déterminants sociaux de la santé* (WHA62.14). Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/2956>
- OMS. (2013). *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. WHO Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/153692>
- OMS. (2016). *Urban green spaces and health* (WHO/EURO:2016-3352-43111-60341). World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345751>
- OMS. (2018). *Un monde durable en héritage ? Atlas de la santé infantile et de l'environnement*. Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/260495>
- OMS. (2003). *Plan d'action des villes pour la santé et le développement durable*. https://www.villes-sante.com/wp-content/uploads/publi_s2d_plan_action_VS_OMS.pdf
- OMS. (2021). *Santé urbaine*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/urban-health>
- OMS. (2022). *Qualité de l'air ambiant et santé*. [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- OMS / Cadre opérationnel pour renforcer la résilience des systèmes de santé face au changement climatique. (2016). WHO; World Health Organization. <http://www.who.int/globalchange/publications/building-climate-resilient-health-systems/fr/>
- OMS, & ONU. (2021). *Intégrer la santé dans la planification territoriale et l'aménagement urbain: Guide de référence*. World Health Organization.

- Oppio, A., Bottero, M., Giordano, G., & Arcidiacono, A. (2016). A multi-methodological evaluation approach for assessing the impact of neighbourhood quality on public health. *Epidemiologia E Prevenzione*, 40(3–4), 249–256. <https://doi.org/10.19191/EP16.3-4.P249.092>
- OPS. (2019). *Stratégie et plan d'action sur l'étnicité et la santé 2019-2025*. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51746/OPSEGC19002_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Panico, L., Kelly-Irving, M., Bajos, N., Vandentorren, S., Deguen, S., & Vuillermoz, C. (2021). Les inégalités sociales de santé: Des thématiques à investir. *ADSP*, 113(1), 28–34. <https://doi.org/10.3917/aedesp.113.0028>
- Papon, F., Chaurand, N., Dusong, C., & Tridon, M. (2017). *Revue de littérature sur les risques et les avantages sur la santé, réels et perçus, de la pratique des modes actifs*. (p. 85p) [Research Report]. IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. <https://hal.science/hal-01652707>
- Paquet, V. (2019). *Îlots de chaleur urbains PACT*. <https://policycommons.net/artifacts/2066179/ilots-de-chaleur-urbains-pact/2820208/>
- Paquot, T. (2021). La ville du quart d'heure. *Esprit*, Avril(4), 22–24. <https://doi.org/10.3917/espri.2104.0022>
- Parodi, A. L. (2021). Le concept « One Health », une seule santé: Réalité et perspectives. *Bulletin De L'Academie Nationale De Medecine*, 205(7), 659–661. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2021.05.001>
- Percival, S., Gaterell, M., & Teeuw, R. (2018). Urban Neighbourhood Flood Vulnerability and Risk Assessments at Different Diurnal Levels. *Journal of Flood Risk Management*, 12. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12466>
- Pineo, H., Glonti, K., Rutter, H., Zimmermann, N., Wilkinson, P., & Davies, M. (2018). Urban Health Indicator Tools of the Physical Environment: A Systematic Review. *Journal of Urban Health*, 95(5), 613–646. <https://doi.org/10.1007/s11524-018-0228-8>
- Pineo, H., Glonti, K., Rutter, H., Zimmermann, N., Wilkinson, P., & Davies, M. (2020a). Use of Urban Health Indicator Tools by Built Environment Policy- and Decision-Makers: A Systematic Review and Narrative Synthesis. *Journal of Urban Health*, 97(3), 418–435. <https://doi.org/10.1007/s11524-019-00378-w>
- Pineo, H., Glonti, K., Rutter, H., Zimmermann, N., Wilkinson, P., & Davies, M. (2020b). Use of Urban Health Indicator Tools by Built Environment Policy- and Decision-Makers: A Systematic Review and Narrative Synthesis. *Journal of Urban Health*, 97(3), 418–435. <https://doi.org/10.1007/s11524-019-00378-w>
- Pinson, D. (2001). *DEGRADATION ENVIRONNEMENTALE MONDIALE ET INSALUBRITE LOCALISEE: QUEL RAPPORT ET QUEL MODE DE RESOLUTION ?* 100 ans d'Urbanisme et d'Urbanité au Maroc. Bilan et Perspectives. <https://shs.hal.science/halshs-01567289>
- Pompella, M. (2010). Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies by J. Birkmann. *Journal of Risk and Insurance*, 77(4), 959–961. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6975.2010.01389.x>

- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 287(9), 1132–1141. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>
- Porcherie, M., Bihan-Youinou, B. L., & Pommier, J. (2018). À quelle échelle appliquer l'approche universelle proportionnée pour lutter contre les inégalités sociales de santé ? Pour une approche contextualisée des actions de prévention et de promotion de la santé. *Sante Publique*. <https://doi.org/10.3917/spub.184.0025>
- Porcherie, M., Faure, E., Roué Le Gall, A., Thomas, M.-F., Panet, L., Lemaire, N., Simos, J., & Rican, S. (2020). *Espaces verts urbains. Promouvoir l'équité et la santé* (E. R. des villes santé OMS, Ed.). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03117710>
- Pro, J. (2021). *Le pacte vert européen (Green deal)*. <https://policycommons.net/artifacts/1924008/20/2675779/>
- Provitolo, D. (2007). Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain: Une nouvelle démarche géographique. *Annales de géographie*, 653(1), 23–40. <https://doi.org/10.3917/ag.653.0023>
- Prüss-Üstün, A., Wolf, J., Corvalán, C. F., Bos, R., & Neira, M. P. (2016). *Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204585>
- PWASET. (2013). Présentation du Cul de four. *Ateliers Mémoire*. <https://ateliers-memoire.com/roubaix/cul-de-four/presentation-du-cul-de-four/>
- Querrien, A. (2022). Des enfants sont intoxiqués par le plomb, que faire ? *Chimères*, 100(1), 241–249. <https://doi.org/10.3917/chime.100.0241>
- Quistberg, D. A., Diez Roux, A. V., Bilal, U., Moore, K., Ortigoza, A., Rodriguez, D. A., Sarmiento, O. L., Frenz, P., Friche, A. A., Caiaffa, W. T., Vives, A., Miranda, J. J., & the SALURBAL Group. (2019). Building a Data Platform for Cross-Country Urban Health Studies: The SALURBAL Study. *Journal of Urban Health*, 96(2), 311–337. <https://doi.org/10.1007/s11524-018-00326-0>
- Rebaï, N., & Vélez, J. A. A. (2018). Trajectoires de vulnérabilité des territoires ruraux dans les Andes d'Équateur: Une analyse comparative. *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*, 106–3, Article 106–3. <https://doi.org/10.4000/rga.4918>
- Renard, F., & Chapon, P.-M. (2010). Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise. *LEspace géographique*, Vol. 39(1), Article 1.
- Reyers, B., Stafford-Smith, M., Erb, K.-H., Scholes, R. J., & Selomane, O. (2017). Essential Variables help to focus Sustainable Development Goals monitoring. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26–27, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.05.003>
- Reynard, R. (2016). La qualité de vie dans les territoires français. *Revue de l'OFCE*, 145(1), 33–48. <https://doi.org/10.3917/reof.145.0033>
- Rican, S., Rey, G., Lucas-Gabrielli, V., Bard, D., Zeitlin, J., Charreire, H., Jougl, E., Salem, G., Vaillant, Z., Combier, E., Oppert, J.-M., Hercberg, S., Castetbon, K., Méjean, C., & Pampalon, R. (2011). Local disadvantages and health: Constructing indices to analyse

- social and geographic health inequalities in France and their trends. *Environnement, Risques et Sante*, 10, 211–214. <https://doi.org/10.1684/ers.2011.0450>
- Richer de forges, B., & Pascal, M. (2008). La Nouvelle-Calédonie, un « point chaud » de la biodiversité mondiale gravement menacé par l'exploitation minière. *Journal de la Société des Océanistes*, 126–127(1–2), 95–112. <https://doi.org/10.4000/jso.4052>
- Ridde, V. (2007). Réduire les inégalités sociales de santé: Santé publique, santé communautaire ou promotion de la santé ? *Promotion & Education*, 14(2), 111–114. <https://doi.org/10.1177/10253823070140020601>
- Riva, M., Curtis, S., Gauvin, L., & Fagg, J. (2009). Unravelling the extent of inequalities in health across urban and rural areas: Evidence from a national sample in England. *Social Science & Medicine*, 68(4), 654–663. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.11.024>
- Robert, S. A. (1999). SOCIOECONOMIC POSITION AND HEALTH: The Independent Contribution of Community Socioeconomic Context. *Annual Review of Sociology*, 25(1), 489. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.25.1.489>
- Roch, F. (2021). Des Objectifs du Millénaire pour le développement à l'Agenda 2030. *Revue québécoise de droit international / Quebec Journal of International Law / Revista quebequense de derecho internacional*, 95–121. <https://doi.org/10.7202/1087383ar>
- Rothenberg, R., Weaver, S. R., Dai, D., Stauber, C., Prasad, A., & Kano, M. (2014). A Flexible Urban Health Index for Small Area Disparities. *Journal of Urban Health*, 91(5), 823–835. <https://doi.org/10.1007/s11524-014-9867-6>
- Roué-Le Gall, A., LE GALL Judith, POTELON Jean-Luc, & CUZIN Ysaline. (2014). *Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts et outils | Ecole des hautes études en santé publique (EHESP)*. <https://www.ehesp.fr/2014/09/16/nouveau-guide-agir-pour-un-urbanisme-favorable-a-la-sante-concepts-outils/>
- Roué-Le Gall, A., THOMAS, M.-F., DELOLY, C., ROMAGON, J., CLÉMENT, B., & NASSIET, C. (2020). *Guide ISadOrA : l'EHESP étoffe son corpus d'outils sur le thème de l'urbanisme favorable à la santé | Ecole des hautes études en santé publique (EHESP)*. <https://www.ehesp.fr/2020/06/04/guide-isadora-l-ehesp-etoffe-son-corpus-d-outils-sur-le-theme-urbanisme-favorable-a-la-sante/>
- Rousseau, S. (2007). Vulnérabilité et résilience, analyse des entrées et sorties de la pauvreté: Le cas de Manjakandriana à Madagascar. *Mondes en développement*, 140(4), 25–44. <https://doi.org/10.3917/med.140.0025>
- Rousseaux, F. (2009). Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain: L'exemple de La Rochelle, France. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 9 Numéro 2, Article Volume 9 Numéro 2. <https://doi.org/10.4000/vertigo.8682>
- Routa, C. (2019). *La prise en compte du contexte dans la transférabilité des interventions en promotion de la santé: L'exemple du projet de la Case de santé à Toulouse*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23490.61128>
- Rufat, S. (2007). L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise. *Géocarrefour*, 82(vol. 82/1-2), Article 1–2. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.1397>

- Rufat, S. (2017). Comment analyser la vulnérabilité aux inondations ? Approches quantitatives, qualitatives, francophones et anglophones. *Annales de géographie*, 715(3), 287–312. <https://doi.org/10.3917/ag.715.0287>
- Rufat, S. (2018). Estimations de la résilience des territoires, sociétés, villes. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 30, Article Hors-série 30. <https://doi.org/10.4000/vertigo.19223>
- Rugel, E. J., & Brauer, M. (2020). Quiet, clean, green, and active: A Navigation Guide systematic review of the impacts of spatially correlated urban exposures on a range of physical health outcomes. *Environmental Research*, 185, 109388. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109388>
- Salava, J., Randriamanampisoa, H., Razanakoto, T., Lazamanana, P., Andrianjakatina, A., & Randrianalijaona, M. (2021). Évaluation de la résilience communautaire: L'Indice Multidimensionnel de Résilience. *Communication, technologies et développement*, 9, Article 9. <https://doi.org/10.4000/ctd.3881>
- Sanford Shapiro, S., & Wilk, M. (1965). *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples) on JSTOR*. https://www-jstor-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/stable/2333709?sid=primo&origin=crossref#metadata_info_tab_contents
- Scarwell, H.-J., & Roussel, I. (2006). Le développement durable, un référentiel pour l'action publique entre attractivité et tensions. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.4000/tem.95>
- Schlosberg, D. (2007). 1 Defining Environmental Justice. In D. Schlosberg (Ed.), *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199286294.003.0001>
- Schwarz, F. (2021). Le pays de Pechelbronn. *Revue d'Alsace*, 147, Article 147. <https://doi.org/10.4000/alsace.5074>
- Sheppard, A. J., Salmon, C., Balasubramaniam, P., Parsons, J., Singh, G., Jabbar, A., Zaidi, Q., Scott, A., Nisenbaum, R., Dunn, J., Ramsay, J., Haque, N., & O'Campo, P. (2012). Are residents of downtown Toronto influenced by their urban neighbourhoods? Using concept mapping to examine neighbourhood characteristics and their perceived impact on self-rated mental well-being. *International Journal of Health Geographics*, 11, 31. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-31>
- Shrestha, R., Flacke, J., Martinez, J., & Van Maarseveen, M. (2016). Environmental Health Related Socio-Spatial Inequalities: Identifying "Hotspots" of Environmental Burdens and Social Vulnerability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070691>
- Simard, M. (2014). Étalement urbain, empreinte écologique et ville durable. Y a-t-il une solution de rechange à la densification ? *Cahiers de géographie du Québec*, 58(165), 331–352. <https://doi.org/10.7202/1033008ar>
- Simard, M. (2012). *Urbain, rural et milieux transitionnels: Les catégories géographiques de la ville diffuse*. <https://www.erudit.org/fr/revues/cgq/2012-v56-n157-cgq0268/1012214ar.pdf>

- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Solar, O., & Irwin, A. (2007). *A conceptual framework for action on the social determinants of health*. <https://doi.org/10.13016/17cr-aqb9>
- Soumaré, M., Traoré, S., & Havard, M. (2020). Croissance démographique, sécurité alimentaire et accès à la santé et à l'éducation en zone cotonnière du Mali. *Cahiers Agricultures*. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020036>
- Sow, B., Tchanche, B., Fall, I., Souare, S., & Mbow-Diokhane, A. (2022). Pollution atmosphérique dans la ville de Dakar, Sénégal. *La Météorologie*, 116, 48–59. <https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2022-0013>
- SPF. (2021). *Pollution de l'air ambiant: Nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français*. <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais>
- Subra, P. (2006). Heurs et malheurs d'une loi antiségrégation: Les enjeux géopolitiques de la loi Solidarité et renouvellement urbain (SRU). *Hérodote*, 122(3), 138–171. <https://doi.org/10.3917/her.122.0138>
- Takano, T., & Nakamura, K. (2001). An analysis of health levels and various indicators of urban environments for Healthy Cities projects. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 55(4), 263–270. <https://doi.org/10.1136/jech.55.4.263>
- Tanguy, J.-M., & Charreyron-Perchet, A. (2013). La résilience territoriale: Un premier diagnostic. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 72(4), 32–36. <https://doi.org/10.3917/re.072.0032>
- Thiault, L., Marshall, P., Gelcich, S., Collin, A., Chlous, F., & Claudet, J. (2018). Space and time matter in social-ecological vulnerability assessments. *Marine Policy*, 88, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.027>
- Thomas, P. (2019). Les personnes âgées et leur vulnérabilité réelle ou supposée. *Trajectoires Humaines Transcontinentales*. <https://doi.org/10.25965/trahs.1341>
- Thomsin, L. (2001). Un concept pour le décrire: L'espace rural rurbanisé. *Ruralia. Sciences sociales et mondes ruraux contemporains*, 09, Article 09. <https://journals.openedition.org/ruralia/250>
- Thomson, D. R., Linard, C., Vanhuysse, S., Steele, J. E., Shimoni, M., Siri, J., Caiaffa, W. T., Rosenberg, M., Wolff, E., Grippa, T., Georganos, S., & Elsey, H. (2019). Extending Data for Urban Health Decision-Making: A Menu of New and Potential Neighborhood-Level Health Determinants Datasets in LMICs. *Journal of Urban Health*, 96(4), 514–536. <https://doi.org/10.1007/s11524-019-00363-3>
- Timmermans, F. (2021). La géopolitique du changement climatique. *SAY*, 5(3), 68–70. <https://doi.org/10.3917/say.005.0068>
- Tone, F., Leroy, R., Leroyer, B., & Leroyer, A. (2020). Quelles spécificités du travail et de la santé des salariés intérimaires des Hauts-de-France ? *Archives Des Maladies Professionnelles Et De L Environnement*. <https://doi.org/10.1016/j.admp.2019.12.047>

- Toublanc, M., & Moquay, P. (2021). Le rural et l'urbain, deux catégories pour éclairer l'agri-urbain: Une mise à l'épreuve réciproque. *Geographie, économie, société*, 23(4), 461–487.
- Turcu, C., Crane, M., Hutchinson, E., Lloyd, S., Belesova, K., Wilkinson, P., & Davies, M. (2021). A multi-scalar perspective on health and urban housing: An umbrella review. *Buildings and Cities*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.5334/bc.119>
- Valdes-Lao, D., Declercq, C., Cicoella, A., Sasco, A., Blanchard, O., Mosqueron, L., Trugeon, A., Gremy, I., Pepin, P., Guye, O., & Govaert, G. (2008). Approche spatiale des inégalités d'exposition environnementale et socioéconomiques. Quelle influence sur les inégalités de cancer? Projet cancer inégalités régionales, cantonales et environnement (CIRCE). *Revue D Epidemiologie Et De Sante Publique*. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2008.07.036>
- Van Den Berg, A. E., Hartig, T., & Staats, H. (2007). Preference for Nature in Urbanized Societies: Stress, Restoration, and the Pursuit of Sustainability. *Journal of Social Issues*, 63(1), 79–96. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2007.00497.x>
- Van Oyen, H., Deboosere, P., Lorant, V., & Charafeddine, R. (2010). *Les Inégalités sociales de santé en Belgique*. Academia Press.
- Viel, J. F., Clerc, S., Barrera, C., Rymzhanova, R., Moissonnier, M., Hours, M., & Cardis, E. (2009). Residential exposure to radiofrequency fields from mobile phone base stations, and broadcast transmitters: A population-based survey with personal meter. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(8), 550–556. <https://doi.org/10.1136/oem.2008.044180>
- Ville de Paris. (2020). *Identification des zones de fragilité en santé environnementale à Paris*. Territoire engagé. <https://territoire-environnement-sante.fr/projets/identification-zones-fragilite-sante-environnementale-paris>
- Villermé, L. R. (1782-1863) A. du texte. (1840). *Tableau de l'état physique et moral des ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie: Ouvrage entrepris par ordre... de l'Académie des sciences morales et politiques / par M. Villermé...* <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b86268422>
- Voiron-Canicio, C., Dutozia, J., Basse, R.-M., Dubus, N., Maignant, G., Saint-Amand, P., & Sevenet, M. (2010). L'imbrication spatiale dans l'analyse des territoires: Formalisation, modélisation, simulation. *Revue d'Economie Regionale Urbaine*, octobre(4), 707–728.
- Wang, L., Zhou, Y., Wang, F., Ding, L., Love, P. E. D., & Li, S. (2021). The Influence of the Built Environment on People's Mental Health: An Empirical Classification of Causal Factors. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103185. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103185>
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cox, P. M., Daly, M., Dasandi, N., Davies, M., Depledge, M., Depoux, A., Dominguez-Salas, P., Drummond, P., Ekins, P., ... Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, 391(10120), 581–630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
- Wilkinson, R. G., & Pickett, K. E. (2014). *Pourquoi l'égalité est meilleure pour tous*. Petits matins.

- Woods, M. (2011). *Rural*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203844304>
- Woods, M., & Heley, J. (2017). *Conceptualisation of Rural-Urban Relations and Synergies*. Rural Urban. <https://rural-urban.eu/publications/conceptualisation-rural-urban-relations-and-synergies>
- Yoon, T.-H., & Kim, J.-H. (2006). Health Inequalities between Rural and Urban Areas in South Korea. *Journal of Korean Academy of Rural Health Nursing*, 1(1), 11–20. <https://doi.org/10.22715/JKARHN.2006.1.1.011>
- Yu, W., Wardrop, N. A., Bain, R. E. S., Lin, Y., Zhang, C., & Wright, J. A. (2016). A Global Perspective on Drinking-Water and Sanitation Classification: An Evaluation of Census Content. *PLoS ONE*, 11(3), e0151645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151645>
- Zhang, L., Zhou, S., & Kwan, M.-P. (2019). A comparative analysis of the impacts of objective versus subjective neighborhood environment on physical, mental, and social health. *Health & Place*, 59, 102170. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102170>
- Zhang, R., Liu, S., Li, M., He, X., & Zhou, C. (2021). The Effect of High-Density Built Environments on Elderly Individuals' Physical Health: A Cross-Sectional Study in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10250. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910250>
- Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., Whittaker, M. A., & Tanner, M. (Eds.). (2020). *One Health, une seule santé: Théorie et pratique des approches intégrées de la santé*. éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3097-6>
- Zufferey, J. (2015). Relations entre santé et espaces verts et bleus: Une synthèse de la recherche empirique, 2003-2014. *Natures Sciences Sociétés*, 23(4), Article 4. <https://doi.org/10.1051/nss/2015057>

Annexe 1 : composition de l'armature urbaine du SCoT de Lille métropole

	Code	Commune	Typologie		Code	Commune	Typologie
Agglomération centrale	59350	Lille	Ville-centre métropolitaine	Couronne métropolitaine	59524	Sainghin-en-Weppes	Villes d'appui
	59009	Villeneuve-d'Ascq	Villes-centre d'agglomération		59051	La Bassée	Villes d'appui
	59017	Armentières	Villes-centre d'agglomération		59343	Lesquin	Villes d'appui
	59512	Roubaix	Villes-centre d'agglomération		59011	Annoeullin	Villes d'appui
	59599	Tourcoing	Villes-centre d'agglomération		59560	Seclin	Villes d'appui
	59143	La Chapelle-d'Armentières	Autres villes de l'agglomération		59152	Comines	Villes d'appui
	59163	Croix	Autres villes de l'agglomération		59279	Halluin	Villes d'appui
	59193	Emmerin	Autres villes de l'agglomération		59643	Warneton	Villes et villages durables
	59195	Englos	Autres villes de l'agglomération		59208	Escobecques	Villes et villages durables
	59202	Erquinghem-Lys	Autres villes de l'agglomération		59658	Wicres	Villes et villages durables
	59220	Faches-Thumesnil	Autres villes de l'agglomération		59201	Erquinghem-le-Sec	Villes et villages durables
	59278	Hallennes-lez-Haubourdin	Autres villes de l'agglomération		59371	Le Maisnil	Villes et villages durables
	59286	Haubourdin	Autres villes de l'agglomération		59106	Bouvines	Villes et villages durables
	59299	Hem	Autres villes de l'agglomération		59056	Beaucamps-Ligny	Villes et villages durables
	59317	Houplines	Autres villes de l'agglomération		59437	Noyelles-lès-Seclin	Villes et villages durables
	59328	Lambersart	Autres villes de l'agglomération		59458	Péronne-en-Mélantois	Villes et villages durables
	59332	Lannoy	Autres villes de l'agglomération		59257	Fromelles	Villes et villages durables
	59339	Leers	Autres villes de l'agglomération		59133	Carnin	Villes et villages durables
	59346	Lezennes	Autres villes de l'agglomération		59275	Gruson	Villes et villages durables
	59360	Loos	Autres villes de l'agglomération		59281	Hantay	Villes et villages durables
	59367	Lys-lez-Lannoy	Autres villes de l'agglomération		59196	Ennetières-en-Weppes	Villes et villages durables
	59368	La Madeleine	Autres villes de l'agglomération		59670	Don	Villes et villages durables
	59378	Marcq-en-Baroeul	Autres villes de l'agglomération		59487	Radinghem-en-Weppes	Villes et villages durables
	59386	Marquette-lez-Lille	Autres villes de l'agglomération		59602	Tressin	Villes et villages durables
	59410	Mons-en-Baroeul	Autres villes de l'agglomération		59013	Anstaing	Villes et villages durables
	59421	Mouvaux	Autres villes de l'agglomération		59609	Vendeville	Villes et villages durables
	59426	Neuville-en-Ferrain	Autres villes de l'agglomération		59320	Illies	Villes et villages durables
	59507	Ronchin	Autres villes de l'agglomération		59025	Aubers	Villes et villages durables
	59527	Saint-André-lez-Lille	Autres villes de l'agglomération		59173	Deûlémont	Villes et villages durables
	59566	Sequedin	Autres villes de l'agglomération		59522	Sailly-lez-Lannoy	Villes et villages durables
	59598	Toufflers	Autres villes de l'agglomération		59388	Marquillies	Villes et villages durables
	59636	Wambrechies	Autres villes de l'agglomération		59470	Prémesques	Villes et villages durables
	59646	Wasquehal	Autres villes de l'agglomération		59250	Fournes-en-Weppes	Villes et villages durables
	59648	Wattignies	Autres villes de l'agglomération		59356	Lompret	Villes et villages durables
	59650	Wattrelos	Autres villes de l'agglomération		59303	Herlies	Villes et villages durables
	59508	Roncq	Autres villes de l'agglomération		59252	Frelinghien	Villes et villages durables
					59611	Verlinghem	Villes et villages durables
					59128	Capinghem	Villes et villages durables
					59523	Sainghin-en-Mélantois	Villes et villages durables
					59550	Salomé	Villes et villages durables
					59146	Chérenghem	Villes et villages durables
					59660	Willems	Villes et villages durables
					59256	Fretin	Villes et villages durables
					59316	Houplin-Ancoisne	Villes et villages durables
					59585	Templemars	Villes et villages durables
					59005	Allennes-les-Marais	Villes et villages durables
					59098	Bousbecque	Villes et villages durables
					59553	Santes	Villes et villages durables
					59352	Linselles	Villes et villages durables
					59457	Pérenchies	Villes et villages durables
					59247	Forest-sur-Marque	Villes et villages durables
					59088	Bois-Grenier	Villes relais
					59477	Provin	Villes relais
					59044	Baisieux	Villes relais
					59052	Bauvin	Villes relais
					59656	Wervicq-Sud	Villes relais
					59482	Quesnoy-sur-Deûle	Villes relais
					59653	Wavrin	Villes relais
					59090	Bondues	Villes relais

Annexe 2 : liste des variables

Tableau A : liste des variables identifiées dans la littérature et les différents documents stratégiques

	Variables	Définition	Année	Source	Unité
Environnement	Moyenne annuelle du NO ₂ en µg/m ³	Moyenne annuelle pour la période de 2018 à 2020 Statistiques de zone des fichiers raster	2018- 2019-2020	ATMO	µg/m ³
	Nombre de jours dans l'année comportant au moins une moyenne glissante sur 8 heures consécutives strictement supérieure à 120 µg/m ³ de l'Ozone (O ₃)	Nombre de jours moyen sur 3 années (2018, 2019 et 2020) Statistiques de zone des fichiers raster	2018- 2019-2020	ATMO	Nb
	Moyenne annuelle de PM ₁₀ en µg/m ³	Moyenne annuelle pour la période de 2018 à 2020 Statistiques de zone des fichiers raster	2018- 2019-2020	ATMO	µg/m ³
	Moyenne annuelle de PM _{2.5} en µg/m ³	Moyenne annuelle pour la période de 2018 à 2020 Statistiques de zone des fichiers raster	2018- 2019-2020	ATMO	µg/m ³
	Part de la population exposée à une concentration moyenne de NO ₂ supérieure à 10 µg/m ³	L'exposition aux NO ₂ a été calculé pour l'année 2020 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA) Statistiques de zone des fichiers raster	2020	ATMO, LCSQA	%
	Part de la population exposée à une concentration moyenne de PM ₁₀ supérieure à 15 µg/m ³	L'exposition aux PM ₁₀ a été calculé pour l'année 2020 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA) Statistiques de zone des fichiers raster	2020	ATMO, LCSQA	%
	Part de la population exposée à une concentration moyenne de PM _{2.5} supérieure à 5 µg/m ³	L'exposition aux PM _{2.5} a été calculé pour l'année 2020 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA) Statistiques de zone des fichiers raster	2020	ATMO, LCSQA	%

Part de la population exposée à un bruit supérieur à 60 dB sur 24h (toutes sources confondues)	L'exposition au bruit a été calculé pour l'année 2018 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA)	2018	MEL, AEE	%
Indice de végétation par différence normalisée (espaces verts publics, forêts, cimetières végétalisés, terrains sportifs en gazon naturel...etc.)	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Traitement d'images du Sentinel-2 Période : juillet 2021. Résolution spatiale du raster téléchargé : 10 m	2021	Copernicus	/
Surface d'espaces verts par habitant	Superficie d'espaces verts / le total des habitants par IRIS	2018	ADULM	m²/Hb
Part de la population ayant accès à un espace vert (espaces verts publics, espaces boisés et forêts) d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 mètres	Le nombre d'habitants ayant accès à un espace vert public, boisé ou à une forêt d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 mètres (donnée de population spatialisée) *100 /le total des habitants par IRIS	2015	OCS²d, LCSQA	%
Montant des services écosystémiques rapportés à la population (« Terres cultivées », « forêts », « prairies », « espaces urbains »)	La superficie des « Terres cultivées », « forêts », « prairies », « urbain »*USD/an/hab Valeurs monétaires : Cultivated and/or arable lands: 2,140 USD/ha/year, urbain = 6111 USD/ha/an, Grasslands: 2,789 USD/ha/year, Forests: 3,789 USD/ha/year	2015	OCS²d- CISTERRES	USD/an/hab
Part de la population exposée aux effets des îlots de chaleur urbains	Nombre d'habitants dans la zone climatique chaude *100/ le total d'habitants par IRIS	2017	ADULM	%
Densité des sites et sols pollués	Nombre de sites et sols pollués/ la surface de l'IRIS	2020	BASIAS, BASOL	Nb/km²
Part de la trame brune par IRIS	Surface de la trame brune *100 /la surface de l'IRIS	2020	ADULM	%
Surface du foncier vacant par IRIS (friches et délaissés urbains)	La surface (en m²) des friches et délaissés urbains par IRIS (code : US6.2.1 et US6.2.2).	2015	OCS²d	m²
Part des zones (bâties) à risque (moyen et fort) de retrait et gonflement des argiles	Surface des zones (bâties) à risque (moyen et fort) de retrait et gonflement des argiles*100/la surface de l'IRIS	2019	Géorisques	%

	Part de la zone à risque inondation par IRIS	Surface des zones à risque inondation *100/la surface de l'IRIS Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes et aux inondations de caves, fiabilité MOYENNE et forte) et zones inondables	2018	Géorisques	%
	Densité des cavités souterraines	Nombre de cavités souterraines / la superficie de l'IRIS	2014	BRGM	nb/km ²
	Part de la population résidant dans un rayon 720 m autour des canalisations de transport de matières dangereuses (Gaz)	Nombre de résidants dans un rayon de 720 m autour des canalisations de Gaz*100/total habitants par IRIS Le danger mesuré par rapport au risque d'explosion suite à une fuite. Le rayon d'exposition est estimé à 720 m selon INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques)	2020	ODRé (Open Data Réseaux Énergies), LCSQA	%
	Densité des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	Nombre d'ICPE / la surface de l'IRIS	2020	Géorisques	nb/km ²
	Part de la population habitant dans un rayon de 200 m autour de lignes à haute tension	Nombre de résidants dans un rayon de 200 m *100 / total habitants par IRIS	2020	ODRé (Open Data Réseaux Énergies), LCSQA	%
	Part de la population exposée aux champs magnétiques des antennes relais (pour les systèmes GSM et DCS, l'exposition maximale est de 280 m en milieu urbain et 1 km en milieu rural, source : Viel et al., 2009)	Nombre de résidants dans un rayon de 280m en milieu urbain et 1km en milieu rural autour de ces antennes *100 / total habitants par IRIS	2020	ANFR Open Data, LCSQA	%
	Part des résidences principales occupées par des propriétaires	Nombre des résidences principales occupées par des propriétaires*100/total des résidences principales	2017	INSEE	%
Caractéristiques	Part des résidences principales occupées par des locataires	Nombre des résidences principales occupées par des locataires*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
	Part des logements sociaux	Nombre de logements sociaux*100/ total des résidences principales Donnée issue du carroyage INSEE 2015	2015	INSEE	%

Part des logements en locatif privé	Nombre des logements en locatif privé *100/total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales en suroccupation	Nombre de résidences principales (hors studio de 1 personne) en suroccupation*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales occupées gratuitement	Nombre de résidences principales occupées gratuitement*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales construites avant 1919	Nombre de résidences principales construites avant 1919*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales construites entre 1919 et 1945	Nombre de résidences principales construites entre 1919 et 1945 *100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales construites entre 1946 et 1990	Nombre de résidences principales construites entre 1946 et 1990*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales construites entre 1991 et 2005	Nombre de résidences principales construites entre 1991 et 2005*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des résidences principales construites entre 2006 et 2014	Nombre de résidences principales construites entre 2006 et 2014*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%
Part des ménages en précarité énergétique logement	Ménages dont le taux d'effort énergétique est supérieur au seuil considéré de 8%.	2020	ONPE	%
Densité d'équipements et services tous types confondus (commerce, enseignement, sport, loisir, culture, santé, services aux particuliers) pour 1000 habitants	Nombre d'équipements et services *1000/ totale population par IRIS	2019	BPE INSEE	‰
Densité d'équipements de proximité pour 1000 habitants	Nombre d'équipements et services de proximité*1000/ totale population par IRIS	2019	BPE INSEE	‰
Diversité d'équipements et services	Nombre d'équipements et services différents par IRIS (tous types d'équipements confondus).	2019	BPE INSEE	nb
Éloignement aux équipements et services de proximité (commerce, enseignement, sport, loisir, culture, santé, services aux particuliers)	Utilisation du Distancier METRIC temps d'accès à l'équipement et service de proximité le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	min

	Éloignement à l'équipement sportif le plus proche	Utilisation du Distancier METRIC Éloignement en mètre à l'équipement sportif le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	m
	Densité des stations de transports en commun	Nombre de stations de transports en commun (bus, tram, TER et métro) /la surface IRIS	2020	OpenData MEL, OpenData région HDF	nb/km ²
	Niveau de couverture géographique du réseau de transports en commun	Superficie de la zone couverte (zone tampons de 500 m autour des stations de transports en commun)*100/la surface de l'IRIS	2020	OpenData_MEL et OpenData région HDF	%
	Densité des stations de vélo	Nombre des stations de vélos *100/la surface de l'IRIS	2020	OpenData_MEL BD Topo_IGN	n/km ²
	Part de l'ensemble des voies cyclables (pistes cyclables et voies vertes existantes) par rapport à l'ensemble des voiries dans l'IRIS	la somme des longueurs des voies cyclables (pistes cyclables et voies vertes existantes) *100/la somme des longueurs des voiries dans l'IRIS	2019-2020	OpenData MEL OpenData Région HDF BD Topo_IGN	m/ha
	Part des zones 30 par IRIS	La somme des longueurs des voiries limitées à 30km *100/ la somme des longueurs des voiries dans l'IRIS	2020	OSM DATA	%
	Densité d'accidents par IRIS	Le nombre d'accidents pour 5 km de route: 5 Km*le nombre d'accidents/le nombre de Km de route dans l'IRIS	2019	Data.gouv	n/km
	Part des actifs occupés se déplaçant en véhicules personnels	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement la voiture pour aller travailler/nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%
	Part des actifs occupés se déplaçant en transports collectifs	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement les transports en commun pour aller travailler/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%
	Part des actifs occupés se déplaçant à pied	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui vont travailler principalement à pied/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%

	Part des actifs occupés se déplaçant à vélo	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement un vélo pour aller travailler/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%
	Part des actifs occupés se déplaçant en deux-roues motorisé	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement un deux-roues motorisé pour aller travailler/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%
	Part des actifs occupés qui travaillent dans la commune de résidence	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui travaillent dans la commune de résidence/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%
Sociale	Part des enfants de moins de 5 ans	Nombre d'enfants de moins de 5 ans*100/ population totale	2017	INSEE	%
	Part des personnes âgées de 65 ans et plus	Nombre de personnes âgées de 65 ans et plus *100/ population totale	2017	INSEE	%
	Indice de jeunesse (le rapport entre la population âgée de moins de 20 ans et celle des 60 ans et plus)	Nombre de personnes de moins de 20 ans / nombre de personnes de 60 ans et plus	2017	INSEE	/
	Part de personnes de 15 ans ou plus veuves ou veufs	Nombre de personnes de 15 ans ou plus veuves ou veufs *100/ population totale	2017	INSEE	%
	Part de personnes de 15 ans ou plus divorcées	le nombre de personnes de 15 ans ou plus divorcées *100/ population totale	2017	INSEE	%
	Part des familles monoparentales	le nombre de familles monoparentales*100/nbr total de familles	2017	INSEE	%
	Part des familles nombreuses (plus de 3 enfants)	le nombre de familles de plus de 3 enfants moins 25 ans*100/nbr total de familles	2017	INSEE	%
	Part des étrangers dans la population totale	le nombre des étrangers*100/ population totale	2017	INSEE	%
	La part des ménages sous le seuil de pauvreté	Donnée issue de l'observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE)	2017	ONPE	%
	Part des 15 ans ou plus sans diplôme et les peu diplômés parmi la population des 15 ans ou plus (et n'ayant obtenu ni CAP, ni BEP, ni diplômes de rangs plus élevé)	Part des 15 ans ou plus non diplômés et peu diplômés parmi la population des 15 ans ou plus en 2017 (une personne peu diplômée est au plus titulaire d'un BEPC, DNB, brevet des collèges)	2017	INSEE	%

	Taux de poursuite d'études des 18-24 ans (les personnes inscrites dans un établissement scolaire, y compris l'apprentissage)	Nombre de personnes scolarisées de 18 à 24 ans/Nombre de personnes de 18 à 24 ans	2017	INSEE	%
	Part des ménages d'une seule personne	Nombre de ménages d'une personne*100/nbr total des ménages	2017	INSEE	%
	Part des personnes de 55 et plus vivant seules	Nombre de personnes de 55 ans ou plus vivant seules*100/ le nombre des 55 ans et plus	2017	INSEE	%
	Nombre de jardins familiaux	Nombre de jardin familiaux par IRIS	2019	ADULM, OSMDATA	nb
	Taux de participation aux élections (par bureau de vote)	Nombre de personnes votantes par IRIS/ la population de 18 ans et plus par IRIS	2014	OPENdata SOFT	%
Economie	Part des chômeurs dans la population active	Nombre de chômeurs de 15 à 64 ans*100/ la population active de 15 à 64 ans	2017	INSEE	%
	Part des inactifs dans la population en âge de travailler	Nombre des inactifs de 15 à 64 ans *100/ la population en âge de travailler 15 à 64 ans	2017	INSEE	%
	Part des actifs occupés dans la population en âge de travailler	Nombre d'actifs occupés de 15 à 64 ans *100/la population en âge de travailler 15 à 64 ans	2017	INSEE	%
	Part de la population à emploi précaire (CDD, emplois aidés, apprentissages, intérim)	Nombre de salariés à emploi précaire de 15 ans ou plus (CDD, intérim, emplois aidés, Apprentissage-stage)*100/la population en âge de travailler 15 à 64 ans	2017	INSEE	%
	Part des salariés de 15 ans ou plus titulaires de la fonction publique ou d'un contrat à durée indéterminée	Nombre de personnes salariées de 15 ans ou plus titulaires de la fonction publique ou d'un contrat à durée indéterminée*100/la population en âge de travailler 15 à 64 ans	2017	INSEE	%
	Revenu médian par unité de consommation	Médiane du revenu déclaré par unité de consommation (en euros)	2017	INSEE	€
	Part des cadres et professions intellectuelles supérieures dans la population active de 15 ans à 64 ans	Le nombre de cadres et professions intellectuelles supérieures*100/ la population active	2017	INSEE	%
	Part des ouvriers dans la population active de 15 ans à 64 ans	Nombre d'actifs ouvriers *100/ la population active	2017	INSEE	%

	Part de professions intermédiaires dans la population active de 15 ans à 64 ans	Nombre de professions intermédiaires *100/la population active	2017	INSEE	%
	Part des femmes inactives et chômeuses de 15 à 64 ans dans la population femmes de 15 à 64 ans	Nombre de femmes inactives et chômeuses *100/ le nombre de femmes de 15 ans à 64 ans	2017	INSEE	%
Politique	Part de ménages éligibles à l'aide MaPrimeRenov (critère 2020)	Donnée de l'observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE) selon les critères d'éligibilité de 2020.	2020	ONPE	%
	Part de ménages éligibles à l'aide habiter mieux Sérinité de ANAH (critère 2020)	Donnée de l'observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE) selon les critères d'éligibilité de 2020.	2020	ONPE	%
	Part des ménages bénéficiaires de la prime AREL	Nombre de bénéficiaires d'une Aide à la Rénovation Energétique des Logement*100 / le total des ménages	2020	Géo2France	%
Santé	Densité médicale (toutes spécialités confondues)	Nombre de professionnels de santé (toutes spécialités confondues) * 1000/ la population totale	2019	BPE-INSEE	‰
	Diversité de l'offre de soins	Nombre de structures médicales différentes par IRIS	2019	BPE-INSEE	nb
	Éloignement aux médecins généralistes et aux services d'urgence	Utilisation du Distancier METRIC Éloignement en mettre au médecin généraliste et au service d'urgence le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	km

Tableau B : liste des variables intégrées dans le calcul des indices de vulnérabilité et de résilience

	Variables	Définition	Année	Source	Unité	Indice
Environnement	Moyenne annuelle du NO ₂ en µg/m ³	Moyenne annuelle pour la période de 2018 à 2020 Statistiques de zone des fichiers raster	2018-2019-2020	ATMO	µg/m ³	Vulnérabilité
	Nombre de jours dans l'année comportant au moins une moyenne glissante sur 8 heures consécutives strictement supérieure à 120 µg/m ³ de l'Ozone (O ₃)	Nombre de jours moyen sur 3 années (2018, 2019 et 2020) Statistiques de zone des fichiers raster	2018-2019-2020	ATMO	Nb	Vulnérabilité
	Moyenne annuelle de PM _{2.5} en µg/m ³	Moyenne annuelle pour la période de 2018 à 2020 Statistiques de zone des fichiers raster	2018-2019-2020	ATMO	µg/m ³	Vulnérabilité
	Part de la population exposée à une concentration moyenne de PM ₁₀ supérieure à 15 µg/m ³	L'exposition aux PM ₁₀ a été calculé pour l'année 2020 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA) Statistiques de zone des fichiers raster	2020	ATMO, LCSQA	%	Vulnérabilité
	Part de la population exposée à un bruit supérieur à 60 dB sur 24h (toutes sources confondues)	L'exposition au bruit a été calculé pour l'année 2018 sur la base de la population de 2017 (donnée de population spatialisée selon la méthodologie MAJIC, source : LCSQA)	2018	MEL, AEE	%	Vulnérabilité
	Indice de végétation par différence normalisée (espaces verts publics, forêts, cimetières végétalisés, terrains sportifs en gazon naturel...etc.)	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Traitement d'images du Sentinel-2 Période : juillet 2021. Résolution spatiale du raster téléchargé : 10 m	2021	Copernicus	/	Résilience
	Part de la population ayant accès à un espace vert (espaces verts publics, espaces boisés et forêts) d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 mètres	Le nombre d'habitants ayant accès à un espace vert public, boisé ou à une forêt d'au moins 0,5 ha dans un rayon de 300 mètres (donnée de population spatialisée) *100 /le total des habitants par IRIS	2015	OCS ² d, LCSQA	%	Résilience

Montant des services écosystémiques rapportés à la population (« Terres cultivées », « forêts », « prairies », « espaces urbains »)	La superficie des « Terres cultivées », « forêts », « prairies », « urbain »*USD/an/hab Valeurs monétaires : Cultivated and/or arable lands: 2,140 USD/ha/year, urbain = 6111 USD/ha/an, Grasslands: 2,789 USD/ha/year, Forests: 3,789 USD/ha/year	2015	OCS²d-CISTERRES	USD/an/hab	Résilience
Part de la population exposée aux effets des îlots de chaleur urbains	Nombre d'habitants dans la zone climatique chaude *100/ le total d'habitants par IRIS	2017	ADULM	%	Vulnérabilité
Densité des sites et sols pollués	Nombre de sites et sols pollués/ la surface de l'IRIS	2020	BASIAS, BASOL	Nb/km²	Vulnérabilité
Surface du foncier vacant par IRIS (friches et délaissés urbaines)	La surface (en m²) des friches et délaissés urbaines par IRIS (code : US6.2.1 et US6.2.2).	2015	OCS²d	m²	Vulnérabilité
Part des zones (bâties) à risque (moyen et fort) de retrait et gonflement des argiles	Surface des zones (bâties) à risque (moyen et fort) de retrait et gonflement des argiles*100/la surface de l'IRIS	2019	Géorisques	%	Vulnérabilité
Part de la zone à risque inondation par IRIS	Surface des zones à risque inondation *100/la surface de l'IRIS Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappes et aux inondations de caves, fiabilité MOYENNE et forte) et zones inondables	2018	Géorisques	%	Vulnérabilité
Part de la population résidant dans un rayon 720 m autour des canalisations de transport de matières dangereuses (Gaz)	Nombre de résidents dans un rayon de 720 m autour des canalisations de Gaz*100/total habitants par IRIS Le danger mesuré par rapport au risque d'explosion suite à une fuite. Le rayon d'exposition est estimé à 720 m selon INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques)	2020	ODRÉ (Open Data Réseaux Énergies), LCSQA	%	Vulnérabilité

	Densité des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	Nombre d'ICPE / la surface de l'IRIS	2020	Géorisques	nb/km ²	Vulnérabilité
	Part de la population habitant dans un rayon de 200 m autour de lignes à haute tension	Nombre de résidants dans un rayon de 200 m *100 / total habitants par IRIS	2020	ODRÉ (Open Data Réseaux Énergies), LCSQA	%	Vulnérabilité
	Part de la population exposée aux champs magnétiques des antennes relais (pour les systèmes GSM et DCS, l'exposition maximale est de 280 m en milieu urbain et 1 km en milieu rural, source : Viel et al., 2009)	Nombre de résidants dans un rayon de 280m en milieu urbain et 1km en milieu rural autour de ces antennes *100 / total habitants par IRIS	2020	ANFR Open Data, LCSQA	%	Vulnérabilité
	Part des logements sociaux	Nombre de logements sociaux*100/ total des résidences principales Donnée issue du carroyage INSEE 2015	2015	INSEE	%	Résilience
	Part des résidences principales occupées gratuitement	Nombre de résidences principales occupées gratuitement*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	Résilience
	Part des résidences principales construites avant 1919	Nombre de résidences principales construites avant 1919*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des résidences principales construites entre 1919 et 1945	Nombre de résidences principales construites entre 1919 et 1945 *100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des résidences principales construites entre 1946 et 1990	Nombre de résidences principales construites entre 1946 et 1990*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des résidences principales construites entre 1991 et 2005	Nombre de résidences principales construites entre 1991 et 2005*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des résidences principales construites entre 2006 et 2014	Nombre de résidences principales construites entre 2006 et 2014*100/ total des résidences principales	2017	INSEE	%	

	Part des ménages en précarité énergétique logement	Ménages dont le taux d'effort énergétique est supérieur au seuil considéré de 8%.	2020	ONPE	%	Vulnérabilité
	Densité d'équipements et services tous types confondus (commerce, enseignement, sport, loisir, culture, santé, services aux particuliers) pour 1000 habitants	Nombre d'équipements et services *1000/ totale population par IRIS	2019	BPE INSEE	‰	Résilience
	Diversité d'équipements et services	Nombre d'équipements et services différents par IRIS (tous types d'équipements confondus).	2019	BPE INSEE	nb	Résilience
	Éloignement aux équipements et services de proximité (commerce, enseignement, sport, loisir, culture, santé, services aux particuliers)	Utilisation du Distancier METRIC temps d'accès à l'équipement et service de proximité le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	min	Vulnérabilité
	Éloignement à l'équipement sportif le plus proche	Utilisation du Distancier METRIC Éloignement en mètre à l'équipement sportif le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	m	Vulnérabilité
	Densité des stations de transports en commun	Nombre de stations de transports en commun (bus, tram, TER et métro) /la surface IRIS	2020	OpenData MEL, OpenData région HDF	nb/km ²	Résilience
	Densité des stations de vélo	Nombre des stations de vélos *100/la surface de l'IRIS	2020	OpenData_ MEL BD Topo_IGN	n/km ²	Résilience
	Part de l'ensemble des voies cyclables (pistes cyclables et voies vertes existantes) par rapport à l'ensemble des voiries dans l'IRIS	la somme des longueurs des voies cyclables (pistes cyclables et voies vertes existantes) *100/la somme des longueurs des voiries dans l'IRIS	2019-2020	OpenData MEL OpenData Région HDF BD Topo_IGN	m/ha	Résilience
	Part des zones 30 par IRIS	La somme des longueurs des voiries limitées à 30km *100/ la somme des longueurs des voiries dans l'IRIS	2020	OSM DATA	%	Résilience

	Densité d'accidents par IRIS	Le nombre d'accidents pour 5 km de route: 5 Km*le nombre d'accidents/le nombre de Km de route dans l'IRIS	2019	Data.gouv	n/km	Vulnérabilité
	Part des actifs occupés se déplaçant en véhicules personnels	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement la voiture pour aller travailler/nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des actifs occupés se déplaçant à pied	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui vont travailler principalement à pied/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%	Résilience
	Part des actifs occupés se déplaçant à vélo	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui utilisent principalement un vélo pour aller travailler/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%	Résilience
	Part des actifs occupés qui travaillent dans la commune de résidence	Nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus qui travaillent dans la commune de résidence/ nombre d'actifs occupés de 15 ans ou plus	2017	INSEE	%	Résilience
Sociale	Part des enfants de moins de 5 ans	Nombre d'enfants de moins de 5 ans*100/ population totale	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des personnes âgées de 65 ans et plus	Nombre de personnes âgées de 65 ans et plus *100/ population totale	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part de personnes de 15 ans ou plus veuves ou veufs	Nombre de personnes de 15 ans ou plus veuves ou veufs *100/ population totale	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part de personnes de 15 ans ou plus divorcées	le nombre de personnes de 15 ans ou plus divorcées *100/ population totale	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des familles monoparentales	le nombre de familles monoparentales*100/nbr total de familles	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des familles nombreuses (plus de 3 enfants)	le nombre de familles de plus de 3 enfants moins 25 ans*100/nbr total de familles	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des étrangers dans la population totale	le nombre des étrangers*100/ population totale	2017	INSEE	%	Vulnérabilité

	Part des 15 ans ou plus sans diplôme et les peu diplômés parmi la population des 15 ans ou plus (et n'ayant obtenu ni CAP, ni BEP, ni diplômes de rangs plus élevé)	Part des 15 ans ou plus non diplômés et peu diplômés parmi la population des 15 ans ou plus en 2017 (une personne peu diplômée est au plus titulaire d'un BEPC, DNB, brevet des collèges)	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Part des ménages d'une seule personne	Nombre de ménages d'une personne*100/nbr total des ménages	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Nombre de jardins familiaux	Nombre de jardin familiaux par IRIS	2019	ADULM, OSMDATA	nb	Résilience
	Taux de participation aux élections (par bureau de vote)	Nombre de personnes votantes par IRIS/ la population de 18 ans et plus par IRIS	2014	OPENDATA SOFT	%	Résilience
	Part des inactifs dans la population en âge de travailler	Nombre des inactifs de 15 à 64 ans *100/ la population en âge de travailler 15 à 64 ans	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
	Revenu médian par unité de consommation	Médiane du revenu déclaré par unité de consommation (en euros)	2017	INSEE	€	Résilience
	Part des ouvriers dans la population active de 15 ans à 64 ans	Nombre d'actifs ouvriers *100/ la population active	2017	INSEE	%	Vulnérabilité
Politique	Part de ménages éligibles à l'aide MaPrimeRenov (critère 2020)	Donnée de l'observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE) selon les critères d'éligibilité de 2020.	2020	ONPE	%	Résilience
	Part de ménages éligibles à l'aide habiter mieux Sérinité de ANAH (critère 2020)	Donnée de l'observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE) selon les critères d'éligibilité de 2020.	2020	ONPE	%	Résilience
	Part des ménages bénéficiaires de la prime AREL	Nombre de bénéficiaires d'une Aide à la Rénovation Energétique des Logement*100 / le total des ménages	2020	Géo2France	%	Résilience
Santé	Densité médicale (toutes spécialités confondues)	Nombre de professionnels de santé (toutes spécialités confondues) * 1000/ la population totale	2019	BPE-INSEE	‰	Résilience
	Diversité de l'offre de soins	Nombre de structures médicales différentes par IRIS	2019	BPE-INSEE	nb	Résilience

	Éloignement aux médecins généralistes et aux services d'urgence	Utilisation du Distancier METRIC Éloignement en mettre au médecin généraliste et au service d'urgence le plus proche par la route	2019	INSEE, IGN	km	Résilience
--	---	--	------	------------	----	------------

Annexe 3 : grille d'observation

Terrain :

Date et heure de déplacement :

Participants :

CUL-DE-FOUR					
	État	Typologie	Rue	Nombre	Autres
Bâti					
Voiries					
Pistes cyclables					

Stations de vélos					
Espaces verts					
Plans d'eau					
Jardins familiaux					
Arbres					

Stations de bus /métro					
Equipements et services (commerces...)					
Etablissements (écoles, hôpitaux....)					
Friches / foncier vacant					

Ilots					
Mobiliers urbains (lampadaires, bancs, poubelles....)					
Installations à risque					
Autres (perception, bruit, odeur....)					

--	--	--	--	--	--

N° photo	Description (lieu, rue...)