

Rapport scientifique final

Prérequis :

Il est demandé au coordonnateur scientifique du projet, en cumulant les éléments des éventuelles équipes partenaires, d'établir un rapport sur le modèle ci-dessous et de le communiquer à l'IReSP à la date indiquée sur la convention.

RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Identification du projet	
Titre du projet	Observatoire Santé Environnement Local : Identifier, Quantifier et Réduire les inégalités Sociales et environnementales de santé du nouveau-né.
Coordinateur scientifique du projet (société/organisme - laboratoire ou entité de rattachement)	Wahdia KIHAL, CNRS LIVE
Référence de l'appel à projets (nom + année)	Appel à projets Général 2017 – Volet Prévention
Citez les équipes partenaires (organismes, structures ou laboratoire de rattachement)	EHESP ORS Grand Est ATMO Grand Est Ville et l'Eurométropole de Strasbourg
Durée initiale du projet	3 ans
Période du projet (date début – date fin)	Octobre- octobre 2022
Avez-vous bénéficié d'une prolongation ? Si oui, de quelle durée ?	Oui, 2 fois 6 mois
<u>Le cas échéant</u> , expliquez succinctement les raisons de cette prolongation.	Retard dans le déroulement du projet suite à la crise du COVID-19 et la mise en place des conventions
Identification du rédacteur	
Nom du rédacteur du rapport	Wahida KIHAL et Séverine DEGUEN
Fonction au sein du projet (<i>si différent du Coordinateur scientifique du projet</i>)	
Téléphone	06 27 79 67 32
Adresse électronique	Wahida.kihal@live-cnrs.unistra.fr
Date de rédaction du rapport	Avril 2022

Liste du personnel recruté dans le cadre du projet

Nom	Prénom	Qualifications	Date de recrutement	Durée du contrat (en mois)	Type de contrat (CDD, vacation ...)
Hamann	Virgnie	Stagiaire	Février 2019	6 mois	Indemnité de stage
Pons	Thibaut	Stagiaire	Mai 2019	2 mois	contrat universitaire
Perez Marchetta	Guadalupe	Stagiaire	Février, 2019	6 mois	Indemnité de stage
Pozzar	Mario	Stagiaire	Février 2022	6 mois	Indemnité de stage

Démarrage de Thèse en 2019

Doctorant	Sujet	ED	Co-directions
Valentin SIMONCIC	Exposition environnementale et mobilité quotidienne des femmes enceintes de la région française du Grand Est - Identification des fenêtres critiques de vulnérabilité du nouveau née pour une meilleure compréhension de la genèse des inégalités socio-environnementales de la santé	ED 413	W. KIHAL & C. ENAUX
Virginie Hamann	Le rôle des aménités environnementales dans les inégalités sociales de sante des femmes enceintes de l'Eurométropole de Strasbourg	ED 413	W. KIHAL & C. ENAUX

Stage			
Pozzar Mario	2 ^{ème} année ENSAI : Quantification de l'exposition à la pollution atmosphérique avec prise en compte de la mobilité quotidienne en vue d'analyser les fenêtres critiques d'exposition	LIVE EHESP	W. KIHAL & S. DEGUEN
Thibaut PONS	Master 1 OTG : Attractivité des espaces verts public et inégalité social	LIVE/ Eurométropole de Strasbourg	W KIHAL (CNRS)
Virginie Hamann	Master 2 « Santé publique et environnement » Parcours : « Intervention en promotion de la santé » Contribution à la création d'un observatoire local de santé environnementale périnatale Sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg	ORS Grand Est	N Honoré (ORS Grand Est)

Guadalupe Perez-Marchetta	Master 2 « Master of public Health » Socio-Economic Inequalities in Infant Mortality Attributable to Air Pollution in Three French Cities - a Health Risk Assessment.	EHESP	S Deguen (EHESP)
----------------------------------	---	-------	-------------------------

Liste des autres personnes impliquées dans le projet

Nom	Prénom	Qualifications	% de son temps consacré au projet pendant la période décrite par le rapport
Deguen	Séverine	Professeur, EHESP	20%
Gardeur	Emilie	Chargé de projet- Dir adjoint	5%
Honoré	Nadia	Chargé de projet ORS GE	5%
Schwarz	Florence	Chargé de projet ORS GE	5%
Bonnefoy	Michel	Directeur ORS GE	2%
Enaux	Christophe	Professeur, unistra	10%
Rivière	Emmanuel	Directeur Atmo GE	2%
Alter	Maxime	Ingénieur d'étude Atmo GE	3%
Kihal	Wahida	Chargé de recherche, CNRS	50%

Répartition (en pourcentage) des disciplines mobilisées dans le projet

- **Data management : 30%**
- **Géographie et système d'information géographique : 30%**
- **Epidémiologie : 20%**
- **Statistique et biostatistique : 20%**

SYNTHESES ET RAPPORT SCIENTIFIQUE

Synthèse courte

Cette synthèse a vocation à être publiée sur le site de l'IReSP, et ses partenaires ou sur tout autre support de publication. Elle devra être rédigée de manière simple et claire de sorte à être compréhensible par un public initié mais non spécialiste.

Ce résumé doit satisfaire les exigences suivantes (**Max 4 pages, A4, Arial 11**) :

- Etre rédigé de façon à pouvoir être publié en l'état,
 - Rédigé en français
-

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Le nouveau-né, de par la grande fragilité de son organisme à la naissance, constitue un groupe de population particulièrement sensible à la qualité de son environnement. Plus précisément, le contexte social peut influencer la survenue de la grossesse, son déroulement et son suivi, la santé de la femme enceinte et aussi le devenir du fœtus et la survie du nouveau-né. Les inégalités sociales de santé (ISS) peuvent ainsi se creuser pour ce groupe de population. Les constructions socio-territoriales et l'aménagement du territoire pourraient contribuer à leur persistance, voire à leur augmentation sur les territoires. Ainsi, des dispositifs nationaux et régionaux sont mis en place afin de réduire les expositions environnementales et améliorer la santé pour tous.

Depuis 2015, l'Eurométropole de Strasbourg, s'est engagée dans la mise en place des seconds contrats locaux de santé (CLS II), afin de proposer des réponses adaptées aux besoins de la population ; l'enjeu principal étant bien de réduire les inégalités sociales et environnementales de santé. Grâce à une meilleure connaissance des territoires en matière de santé, l'objectif est d'investiguer l'existence des inégalités territoriales et sociales spécifiques au territoire afin de mieux cibler les interventions. Parmi les objectifs stratégiques pris en compte dans le CLS II, figure l'amélioration de la connaissance et l'observation partagée des inégalités environnementales et sociales de santé, par des mesures fines de leurs indicateurs et déterminants, et par une veille sociale et sanitaire. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'un dispositif d'observation santé-environnement à l'échelle de l'Eurométropole constitue une étape primordiale afin de répondre aux objectifs fixés dans le CLS II.

Objectifs de ce projet- Afin d'améliorer la connaissance des territoires en matière de santé, l'objectif central est de mettre en évidence les inégalités environnementales et sociales spécifiques au territoire de l'Eurométropole de Strasbourg à une échelle fine. Ainsi, la question soulevée dans ce présent projet est : « *Quelles sont les facteurs de l'environnement de vie qui en s'accumulant pourraient aboutir à la persistance, voire à l'aggravation des inégalités de santé sur les territoires de l'Eurométropole de Strasbourg ?* ». Au regard de cette interrogation générale ce projet abordera, en combinant différentes sources de données recueillies à une échelle fine spatiale les questions scientifiques suivantes :

- Quel est le rôle des expositions environnementales, de l'accès à des aménités et des caractéristiques socio-économiques dans les disparités observées en termes de santé du nouveau-né ?
- Comment s'opère la conjonction des facteurs induisant une vulnérabilité particulière chez la femme enceinte ou le nouveau-né : cumul d'une défaveur socio-économique, d'un faible (ou non) recours et accès aux soins ou à d'autres aménités, ou d'un milieu de vie marqué par des nuisances environnementales ?

Ces questions sous-tendent l'hypothèse suivante : le cumul, sur un territoire, de conditions de vie défavorables (environnement physique, socio-économique et sanitaire) et de facteurs personnels conjugués à un recours aux soins inadapté des femmes enceintes ou des mères induirait un risque sanitaire accru pour le nouveau-né.

2. METHODOLOGIE

Echelle géographique d'observation : Dans le but de révéler et d'apporter une clé d'analyse et de compréhension des inégalités sociales et environnementales sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, nous avons élaboré l'observatoire à une échelle infra-communale, IRIS pour mettre en relation et combiner l'ensemble des informations environnementale et sanitaire.

Ce projet est organisé autour de 3 étapes successives et complémentaires :

- 1- *Première étape* : décrire et analyser les disparités socio-spatiales au regard d'une variété d'expositions environnementales et d'aménités au travers d'un Observatoire Santé-Environnement Local.

- 2- *Deuxième étape* : décrire les inégalités sociales de santé vis-à-vis de la distribution spatiale de différents événements de santé observés chez le nouveau-né.
- 3- *Troisième et dernière étape* : en conjuguant l'ensemble des familles de variables considérées, comprendre comment la relation entre un événement de santé du nouveau-né et des expositions environnementales ou d'accès aux aménités est socialement différenciée ou non. Nous chercherons notamment à quantifier les relations causales directes et indirectes décrites dans notre modèle théorique (Nuisance environnementale, qualité de vie et santé du nouveau-né).

A. Méthode d'investigation de l'objectif 1- Observatoire santé - environnement Local : un système d'information unique à destination des chercheurs, des scientifiques et des décideurs - Un des objectifs majeurs et innovants de ce projet est de développer des indicateurs statistiques, à partir des bases de données sanitaires, médicales, environnementales et administratives existantes, permettant l'investigation approfondie des inégalités socio-environnementale de santé chez le nouveau-né. Le second défi vise à surmonter les difficultés pour combiner plusieurs sources d'informations collectant des informations à des échelles géographiques différentes au sein d'un observatoire unique autour de la santé-environnement.

Il s'agit tout d'abord de combiner des bases de données rarement combinées entre elles ; ce sont notamment les bases de données publiques de recensement d'équipement, d'offre de soins, les espaces verts, le fichier SIRENE ainsi que les données collectées en routine par les collectivités locales telles que les niveaux de bruit, et les données modélisées en routine par ATMO Grand Est.

Pour répondre à cette objectif, plusieurs étapes ont été déroulées :

- i) *Collecte, mise à jour et organisation des données* : identification des sources de données exploitables qui permettraient une analyse fine et complète du contexte environnementale dans lequel réside la population de l'euro métropole de Strasbourg. L'ensemble des données collecté ont fait l'objet de la construction de métadonnées.
- ii) *Elaboration des indicateurs appropriés en vue de combiner l'ensemble des informations environnementale et sanitaire* - En termes de *traitement spatial mis en œuvre*, nous avons élaboré, des indices adaptés à chaque infrastructure ; par exemple, s'agissant des équipements sportifs et des espaces verts, nous avons construits des indicateurs tels que la densité d'une ressource, la distance aux plus proches de celles-ci, le temps parcouru pour rejoindre la ressource, la présence/absence d'une ressource dans un rayon défini (zone tampon : buffer) ou encore la part de la population ayant accès à certaines aménités. Nous avons cherché ensuite parmi le panel d'indicateurs disponibles à identifier celui le plus adapté. Des indicateurs plus spécifiques tel que des indices d'attractivité, indice de desserte en transport public, potentialité de commerce ou indice composite de défaveur socio-économique ont également été définis. En termes de caractérisation des nuisances environnementales, nous avons retenu : l'exposition à des niveaux sonores moyens (en db(A)) de trois secteurs : routier, ferroviaire, ICPE, ii) *les niveaux moyens annuels d'exposition à différents polluants* (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂), et à l'échelle individuelle, avec le développement méthodologique pour la caractérisation rétrospective de l'exposition quotidienne à la pollution atmosphérique avec prise en compte de la mobilité quotidienne
- iii) *Caractérisation de la santé périnatale*- les données décrivant la santé du nouveau-né ont été collectées : faible poids (2,500 gr), naissances avant termes (<37SA), mortalité infantile (< 1 an) à partir des certificats de santé du 8^{ème} jour –CS8 du nouveau-né, les données du service d'état civil et la Base de données du PMSI :(Programme de médicalisation des systèmes d'information). Pour compléter ces données, une cohorte a été constituée ; il s'agit de femmes enceintes suivies au sein des Hôpitaux Universitaire de Strasbourg dans les deux maternités Hautepierre et

CMCO (qui réalisent plus de 70% des accouchements de l'Eurométropole de Strasbourg) sur une période de 20 mois de février 2021 à août 2022 (retard avec la date initiale prévue d'octobre 2020 à cause de la crise sanitaire). A ce jour, seules les données d'état civil et de la cohorte ont été exploitées ; l'accord CNIL pour les autres sources de données ayant été obtenue tardivement.

Ensuite, les interrelations entre les différents indicateurs environnementales, sanitaires et contextuelles au sein d'un observatoire « santé-environnement » ont été évaluées : (i) par une première analyse environnementale multi-dimensionnelle (mise en place d'une analyse factorielle multiple en groupes de variables prédéfinies suivant les 4 domaines suivi d'une Classification Ascendante Hiérarchique ; ceci afin d'identifier les profils environnementaux (aménité et nuisance environnementales) et contexte de vie ; (ii) par une analyse de inégalités socio-spatiales et environnementales avec le calcul de l'indice de Moran et l'implémentation du modèle SAR.

B - Méthode d'investigation de l'objectif 2- i) identifier spatialement les zones où le risque sanitaire est statistiquement plus élevé ou plus faible et ii) analyser les hypothèses quant aux facteurs de risque associés aux fluctuations spatiales des risques sanitaires dans les agrégats spatiaux identifiés par des méthodes statistiques classiques et spatiales. Ces 2 étapes permettront l'identification des zones de cumul de défaveur afin d'orienter les interventions.

C - Méthode d'investigation de l'objectif 3- Analyse des mécanismes de ISS- Des « modèles d'équations structurelles » (Structural Equation Modelling ou SEM) ont été implémentés pour quantifier les relations causales directes et indirectes décrites dans notre modèle théorique (Nuisances environnementales, qualité de vie et santé du nouveau-né).

3. RESULTATS

A - Apport en termes de connaissances scientifiques

Estimation, spatialisation et cartographie

- *Sanitaire* : des indicateurs de mortalité infantile et néonatale ont été estimés, spatialisés (taux pour 1000 naissances, Taux standardisé). *Le taux de mortalité infantile sur l'Eurométropole de Strasbourg et sur la ville de Strasbourg est plus élevé que le taux départemental (4.5 et 4.21, respectivement, pour 1000 naissances vivantes).*
- *Exposition* : Les indicateurs d'exposition au bruit (moyenne énergétique et arithmétique), les moyennes annuelles (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂) et la part de la population la plus exposée à des dépassements de seuils ont été spatialisés et cartographiés.
- *Aménités environnementales et environnement social* : différents indicateurs estimés, spatialisés caractérisant : la desserte en transport en commun, l'offre, l'attractivité et l'accessibilité aux espaces verts, le niveau d'équipement en commerces de proximité selon la diversité, le niveau d'équipements selon sa rareté, l'offre de soins orienté sur la santé périnatale. Différentes approches de caractérisation de l'environnement socio-économique ont été élaborées et les scores composites ont été calculés et spatialisés.

Caractérisation spatio-temporelle des inégalités socio-environnementales de santé

- Quantification des inégalités environnementales : les résultats des analyses multidimensionnelles et socio-spatiales révèlent l'existence d'une relation en forme de cloche.
- *Identification spatiale du sur-risque sanitaire* : La détection des agrégats spatiaux a mis en évidence l'existence des clusters à haut-risque, avec des risques relatifs variant entre 1,65 et 1,74.
- *Caractérisation du cumul de défaveur* : les résultats mettent en évidence un contraste entre le centre-ville de Strasbourg, la 1^{ère} et 2^{ème} couronne.

- *Meilleure compréhension des mécanismes des ISS*- Les résultats obtenus par différentes approches soutiennent 2 hypothèses pouvant se cumuler ; existence (i) d'un différentiel de vulnérabilité avec un risque de mortalité infantile plus élevé dans les IRIS défavorisés, faiblement pollués et avec un faible niveau d'aménités et (ii) d'un différentiel d'exposition avec un risque de mortalité infantile plus élevé dans les IRIS défavorisés, très peu pollués et avec un niveau élevé d'aménité.

B - Apports en termes d'action de santé publique

Appropriation et opérationnalité des résultats : *Observatoire santé - environnement Local : un système d'information unique à destination des chercheurs, des scientifiques et des décideurs*

- Ce projet a été l'occasion de fédérer différents acteurs du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg autour de cette problématique des ISS visant à contribuer à la réflexion dans la mise en place de cet observatoire. L'observatoire compte aujourd'hui 12 partenaires : l'ORS Grand Est, la Faculté de Géographie, le CNRS, l'Eurométropole et la Ville de Strasbourg ; l'EHESP, ATMO Grand Est, l'Agence de Développement et d'Urbanisme de l'agglomération Strasbourgeoise -ADEUS-, l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique -APPA, les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, l'Agence Régionale de la Santé Grand Est-, le conseil départemental CD67 (service de la PMI), le CEREMA, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, le Réseau Naître en Alsace.
- L'autre volet original de ce projet réside dans l'élaboration d'un système d'information géographique interactif destiné à l'usage des chercheurs acteurs locaux et des décideurs politiques en santé territoriale optimisant la consultation interactive des données de santé, de l'environnement et des données socio-spatiales ainsi que l'ensemble des indicateurs développés, via des requêtes prédéfinies. Ainsi, sur la base de l'observatoire local de santé de l'Eurométropole de Strasbourg actuel mis en œuvre en collaboration notamment avec l'ORS Grand Est, notre démarche a consisté à enrichir ce dispositif en intégrant des informations caractérisant les nuisances environnementales, la qualité de vie, l'aménagement urbain, les aménités et la défaveur sociale. Une telle application permet de consulter des résultats statistiques obtenus, de visualiser leurs représentations cartographiques, et d'afficher les notices d'explication et des analyses commentées.
- La singularité et l'originalité de cet Observatoire Santé-Environnement axé sur la santé du nouveau-né résident dans la mise à disposition du plus grand nombre d'indicateurs sous forme d'une plate-forme virtuelle d'information spatiale et statistique offrant une représentation très fine de la réalité des inégalités sociales et environnementales de santé périnatale. Ce dispositif unique en France centralise l'ensemble des données de divers champs (nuisances environnementales, aménités environnementales, défaveur socio-économique, offre de soins, santé périnatale) dans un système d'information transversale.

Impacts potentiels de ces résultats et perspectives pour la décision publique : *Meilleure caractérisation et quantification des ISS au travers l'observatoire- un outil d'aide à la décision*- Le croisement des différentes données au travers des profils et l'identification de zone de cumul de défaveur permettront de définir des interventions visant à promouvoir un environnement sain et réduire les inégalités.

Un tel dispositif rassemblera, à terme, de façon homogène, les données qui faciliteront l'analyse des interactions avec l'environnement au cours de la vie et ce vaudra être dynamique dans le temps en mettant à jour régulièrement les informations qui s'y trouvent.

A terme, le suivi régulier dans le temps d'indicateurs sanitaires sur une unité spatiale fine permettra d'évaluer l'efficacité des actions qui auraient été conduites ; ce dispositif s'inscrira alors dans de la recherche interventionnelle visant à mettre en place les évaluations des interventions.

Synthèse longue

La rédaction de cette synthèse (entre 12 et 20 p max.) **est optionnelle, sauf** pour les **projets financés par la CNSA** dans le cadre de l'appel à projets général 2018 et de tous les appels à projets du programme Autonomie depuis 2017.

Cette synthèse longue pourra également être publiée sur le site de l'IReSP et ses partenaires ou sur tout autre support de publication. **Toutes informations confidentielles qui ne pourront donc pas faire l'objet d'une divulgation ou qui sont sous embargo, devront être portées à la connaissance de l'IReSP.**

Ce document a pour objectif de présenter les résultats de la recherche de façon plus développée que dans la synthèse précédente tout en restant concis.

Rapport scientifique

Donner une description **complète et détaillée** (entre 50 et 100 p. max) des travaux réalisés dans le cadre du projet et des résultats obtenus. Pour cette partie, tous livrables (rapport, thèse ou mémoire de Master...) réalisés au cours du projet devront être également transmis à l'IReSP.

L'ensemble du contenu du rapport scientifique ne peut être diffusé. Les différentes parties du projet sont en cours de validation et de publication et donc ne peuvent être diffusés.

1. Contexte du projet de recherche

1.1. Expositions environnementales et inégalités sociales de santé, un enjeu de santé publique

Un nombre croissant d'études publiées a démontré que la grossesse et les premières années de vie d'un enfant sont cruciales en termes de devenir de la santé physique et émotionnelle à l'âge adulte (1,2). Le développement du cerveau, ainsi que les changements biochimiques et hormonaux opérés au cours de cette période, peuvent être sensibles et facilement influencés par les facteurs environnementaux (1) et plus généralement par l'environnement de vie. Cette fragilité peut être aggravée par plusieurs facteurs, dont l'un des plus documentés est le contexte social dans lequel les populations évoluent. Plus précisément, le contexte social peut influencer la survenue de la grossesse, son déroulement et son suivi, la santé de la femme enceinte et aussi le devenir du fœtus et la survie du nouveau-né ; les inégalités sociales de santé (ISS) peuvent ainsi se creuser particulièrement pour ce groupe de population. C'est pour cette raison qu'il nous a semblé important d'orienter ce présent projet de recherche autour de la population de la mère et du jeune enfant. Les déterminants socioéconomiques peuvent en se combinant aux expositions environnementales contribuer à la persistance, voire à l'augmentation des inégalités environnementales de santé. Deux mécanismes majeurs, agissant de manière indépendante ou cumulée, peuvent expliquer comment cette combinaison pourrait opérer : (1) les populations les plus modestes pourraient être davantage exposées aux facteurs environnementaux et/ou cumuler différentes sources d'exposition et de nuisances sur leur territoire de résidence ; (2) Ces mêmes groupes de population seraient aussi plus susceptibles aux effets sanitaires des différentes nuisances environnementales. Au travers de ces deux mécanismes, les populations défavorisées pourraient ainsi souffrir de plus forts effets sanitaires des facteurs de risque environnementaux. Plusieurs études ont déjà investigué en France ces hypothèses : à Strasbourg, une étude a démontré que les classes moyennes étaient les plus exposées à la pollution issue du trafic routier (3), situation que l'on retrouve également dans l'agglomération de Lyon (4). Ces contrastes entre populations tiennent notamment à l'histoire de la construction urbaine, propre à chaque territoire.

Au-delà de l'environnement physique, les aménagements du territoire jouent aussi un rôle déterminant dans les inégalités sociales de santé ; notamment l'organisation, la gestion et la pratique de l'espace (urbain, péri-urbain ou rural), marquées par une segmentation directement liée à la valeur foncière du terrain, du logement et de la construction. Ainsi, sauf sous l'effet de politiques volontaristes de mixité sociale, des îlots contrastés se créent. Ces derniers dérivent progressivement vers la ségrégation, voire vers l'invisibilité sociale (5) en raison des inégales capacités des groupes sociaux à porter et faire valoir leurs intérêts. La localisation géographique du lieu de résidence des populations d'intérêt constitue donc un facteur central à considérer dans l'étude des inégalités sociales de santé. En effet, les inégalités spatiales et les inégalités sociales interagissent au travers de différents facteurs tels que notamment la distance, la configuration spatiale et la division sociale de l'espace (2). La position géographique de chaque famille (déterminée ici selon l'adresse de résidence) peut permettre un accès direct ou indirect,

difficile ou facile aux infrastructures de soins, aux professionnels de santé, faciliter ou contrarier la cohésion ou l'isolement social (2). De nombreux facteurs d'accessibilité (un réseau de transport efficient, la disponibilité d'une voiture, un agencement des personnels de santé) peuvent être associés au niveau socio-économique du territoire. Les quartiers les plus recherchés et bien aménagés sont aussi les plus onéreux (1).

1.2 Constat d'un besoin d'outil

Les différents travaux de recherche impliquant de près ou de loin les acteurs locaux (métropoles ou régions) permettent d'établir le constat suivant : face aux inégalités socio-environnementales de santé, les acteurs territoriaux (élus et acteurs institutionnels) se heurtent aux mêmes faiblesses :

- 1- Absence de texte réglementaire, de plan national (ou régional) et de dispositif ciblant **explicitement** la réduction des inégalités socio-environnementales de santé comme un axe prioritaire des politiques publiques
- 2- Absence de **levier d'action efficace** permettant une planification et un ciblage optimal des interventions territoriales
- 3- Besoin accru d'une démarche d'évaluation objective et systémique des interventions territoriales

Ce constat concerne à la fois les acteurs politiques (élus, décideurs, agents des Agences régionales de santé et autres administrations compétentes) et les chercheurs de diverses disciplines (sociologie, épidémiologie, géographie de la santé, urbanisme et santé publique notamment). Ainsi, la construction d'un projet multidisciplinaire associant les chercheurs aux porteurs des actions sur le terrain apparaît tout à fait cruciale et prioritaire.

1.3. Dispositifs au regard de ces inégalités sociales et environnementales de santé

En France, afin d'améliorer la santé des populations, le territoire est aujourd'hui au cœur de nombreuses réformes telles que les réformes hospitalières avec la mise en place de la loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009, réforme de l'hôpital relative aux patients, à la santé et aux territoires (Loi « Hôpital Patient Santé et Territoires »). Ou encore comme l'atteste la loi de santé publique, réduire les inégalités sociales de santé est affiché comme un objectif phare des politiques de santé en France, pensées aujourd'hui en fonction du territoire (6).

Les dispositifs nationaux et régionaux, mis en place pour réduire les expositions environnementales et améliorer la santé, prennent désormais indirectement en compte ces ISS. Sur le plan institutionnel, la mise en place des Ateliers Santé Ville à partir de 2004 est un outil de réduction des inégalités sociales de santé, que la création des Agences régionales de santé en 2010 devait renforcer.

Depuis 2015, l'Eurométropole de Strasbourg, s'est engagée dans la mise en place des seconds contrats locaux de santé (CLS II), afin de proposer des réponses adaptées aux besoins de la population ; l'enjeu principal auquel les partenaires du CLS II souhaitent répondre est bien de réduire les inégalités sociales et environnementales de santé (7). Grâce à une meilleure connaissance des territoires en matière de santé

(incluant à la fois l'état de santé et ses déterminants), l'objectif est d'investiguer l'existence des inégalités environnementales et sociales spécifiques au territoire de la Ville afin de mieux cibler les interventions. Parmi les objectifs stratégiques pris en compte dans le CLS II, figure l'amélioration de la connaissance et l'observation partagée des inégalités environnementales et sociales de santé, par des mesures fines de leurs indicateurs et déterminants, et par une veille sociale et sanitaire. Les précédents travaux d'observation ont permis d'apporter des éléments pertinents pour mieux comprendre les territoires. Cependant, il est apparu nécessaire de renforcer ces travaux sur l'impact de l'environnement et des modes de vie sur la santé des habitants de la Ville.

2. Rappel des objectifs

Au regard de l'interrogation générale « *Quelles sont les facteurs de l'environnement de vie qui en s'accumulant pourraient aboutir à la persistance, voire à l'aggravation des inégalités de santé sur les territoires de l'Eurométropole de Strasbourg ?* », ce projet abordera, en combinant différentes sources de données recueillies à une échelle fine spatiale les questions scientifiques suivantes :

- Quel est le rôle des expositions environnementales, de l'accès à des aménités et des caractéristiques socio-économiques (donc des facteurs constituant l'environnement de vie quotidien des populations étudiées) dans les disparités observées en termes de santé du nouveau-né ?
- Comment s'opère la conjonction des facteurs induisant une vulnérabilité particulière chez la femme enceinte ou le nouveau-né : cumul d'une défaveur socio-économique, d'un faible (ou non) recours et accès aux soins ou à d'autres aménités, ou d'un milieu de vie marqué par des nuisances environnementales ?

Ces questions sous-tendent l'hypothèse suivante : le cumul, sur un territoire, de conditions de vie défavorables (environnement physique, socio-économique et sanitaire) et de facteurs personnels conjugués à un recours aux soins inadapté des femmes enceintes ou des mères induirait un risque sanitaire accru pour le nouveau-né.

3. Méthodes utilisées

Ce projet est organisé autour de 3 étapes successives et complémentaires :

- **La première étape** consistera à décrire les disparités socio-spatiales au regard d'une variété d'expositions environnementales (pollution atmosphérique, bruit, etc.) et d'aménités (espaces verts, accès aux services de soins et aux professionnelles de santé, espace de loisir, équipements sportifs, etc.).
- **La deuxième étape** se concentrera quant à elle à décrire les inégalités sociales de santé vis-à-vis de la distribution spatiale de différents événements de santé observés chez le nouveau-né (faible poids de naissance et naissance avant terme, par exemple).
- Enfin, **la dernière étape**, en conjuguant l'ensemble des familles de variables considérées dans ce projet, examinera comment la relation entre un événement de santé du nouveau-né et des expositions

environnementales ou d'accès aux aménités est socialement différenciée ou non. Nous chercherons notamment à quantifier les relations causales directes et indirectes décrites dans notre modèle théorique (Nuisance environnementale, qualité de vie et santé du nouveau-né).

3.1. Caractérisation des environnements géographiques - Collecte, mise à jour et organisation des données

A - Données environnementales

a) Cadre théorique : Réalisation d'un état de l'art, revue systémique de la littérature

Nous avons fait un travail bibliographique pour identifier les polluants les plus pertinent à prendre en compte en France pour analyser l'effet la pollution de l'air sur la santé du nouveau-né qui comprend : le faible poids (2,500 gr), les naissances avant termes (<37SA), mortalité infantile (< 1 an).

- ✓ **Expositions environnementales et mortalité infantile-** Une recherche bibliographique systématique suivie d'une meta-analyse (basée sur le protocole PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)) a été effectuée sur les études épidémiologiques publiées jusqu'au 1er avril 2019, sur l'association entre l'exposition maternelle pendant la grossesse au dioxyde d'azote (NO₂) ou à des particules fines (PM) et le risque de mortalité infantile.

Ce travail a fait l'objet d'une publication dans *International Journal of Environmental Research and Public Health*

Kihal-Talantikite W, Marchetta P, Deguen S, Infant Mortality Related to NO₂ and PM Exposure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2020, 17, doi : 10.3390/ijerph17082623.

Deguen S, Kihal-Talantikite W. Health Equity Impact Assessment Related to Air Pollution Reduction. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19:15352.

- ✓ **Expositions environnementales et les issues défavorables de grossesse-** Une recherche bibliographique systématique (basée sur le protocole PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)) a été effectuée sur les études épidémiologiques européennes publiées jusqu'au 1er avril 2020, sur l'association entre l'exposition maternelle pendant la grossesse au dioxyde d'azote (NO₂) ou à des particules fines (PM) et le risque d'issue défavorable de grossesse, notamment : faible poids de naissance et prématurité.

Ce travail a fait l'objet d'une publication dans *International Journal of Environmental Research and Public Health*

Simoncic V, Enaux C, Deguen S, Kihal-Talantikite W. Adverse Birth Outcomes Related to NO₂ and PM Exposure: European Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2020, 17.

b) Identification et localisation des données disponibles

Nous avons cherché à identifier tout d'abord le plus de sources de données exploitables qui permettraient une analyse fine et complète du contexte environnementale dans lequel réside la population de l'euro métropole de Strasbourg. A cet effet, de nombreux organismes (ARS, Eurométropole de Strasbourg, CEREMA, ADEUS ... etc) ont été sollicités. Une réunion de travail a notamment été mise en place avec différents services de l'Eurométropole de Strasbourg à savoir : le service Promotion de la santé, le service hygiène et santé, le service système d'information, télécommunication et réseaux et le service Programmation et Conception Urbaines. Après avoir réalisé des entretiens avec chacun d'entre eux, des conventions de collaboration et/ou d'engagements de partage de données ont été mises en place avec les différents services concernés.

Les différents services sollicités sont résumés dans les tableaux présentés dans la section consacrée au traitement spatial (voir §3.3).

c) Disponibilité des données

Les données collectées sont disponibles pour l'ensemble de l'Eurométropole de Strasbourg, à l'exception des données de l'habitat indigne et insalubre. En effet, la disponibilité de ces données (notamment, celles concernant la caractérisation de l'habitat indigne) est restreinte à la ville de Strasbourg uniquement. Concernant les autres communes de l'Eurométropole de Strasbourg, le recueil de cette information n'est pas centralisé et son format n'est pas standardisé : chaque commune traite la donnée de manière différente. Nous avons entamé le recueil des données auprès de chaque commune. A ce stade de l'étude, nous n'avons toujours pas pu finalisé la collecte pour l'ensemble des données.

d) Métadonnées des données recueillies et gestion des données collectées (Tableau 1)

Nous avons produit des métadonnées associées aux données collectées. Cette analyse consiste à renseigner différents éléments de la variable contextuelle : la source, le type de données (statistique ou cartographie), le mode d'acquisition, le volume du jeu de données, la précision spatiale, la couverture spatiale et la date de la dernière mise à jour des données. Des informations complémentaires sont aussi renseignées concernant les contraintes d'accès (droits éventuels et coûts), ou encore les contraintes d'utilisation (droits éventuels). Des informations concernant le fournisseur sont également décrites, notamment le contact (réfèrent et contact au sein de la structure) permettant d'accéder à la donnée.

B - Données socio-économiques

Grâce au package R développé par l'équipe porteuse du projet, un indicateur de déprivation sociale a été construit pour caractériser l'environnement socio-économique des IRIS de l'ensemble du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg. Pour cela, les données du recensement de la population de l'INSEE (2016) ont été mobilisées en entrée de la procédure consistant en réaliser une succession d'analyses en composante principale (ACP). Cette succession ACP permet de sélectionner les variables les plus discriminante sur le territoire investiguer, ici l'euro métropole de Strasbourg. Les variables socioéconomiques issues de cette procédure composeront l'indice de déprivation sociale par

combinaison linéaire de ces dernières pondérées par leur contribution respective sur la première composante principale ; en effet, la procédure cherche à maximiser la variance sur la première composante principale, sous l'hypothèse de l'existence d'une unidimensionnalité du concept de déprivation sociale. Les catégories de déprivation sociale sont constituées à partir des percentiles de la distribution standardisée de l'indice obtenu, ou bien par la méthode de Jenks.

Tableau 1. Récapitulatif des données spatiales, fournisseurs, échelle de recueil, et traitement spatial

Variables	Base de données/ échelle de recueil	Fournisseurs	Traitement spatial et indices
Domaine 1 : environnement socio-économique			
Données socio-économique	Recensement de la population générale	INSEE	Taux et indice composite
Domaine 2 : Aménités environnementales			
Transport public	Localisation des arrêts de transport et nombre de passage / localisation exacte	Eurométropole de Strasbourg	Indice de desserte
Espace vert public	Les espaces verts de la CUS, et BD occupation du sol	Eurométropole de Strasbourg	Indice d'attractivité
Equipements sportifs	Base de données RES (2008) / coor GPS	Eurométropole de Strasbourg et D.R.D.J.S. alsace et Bas-Rhin	Distance au plus proche
Commerce de proximité	SIRENE/ Localisation	Eurométropole de Strasbourg	Indice de potentialité et rareté
Domaine 3 : Système de soins :			
Médecins	FINESS (2007) / Adresse	ARS	Distance au plus proche
Centre de soins	FINESS (2008) / Adresse	ARS	Distance au plus proche
Domaine 4 : Nuisances environnementales			
Pollution de l'air	Modélisation	ATMO Grand Est	
Bruit	Modélisation	CEREMA/ Eurométropole de Strasbourg	

3.2. Caractérisation de la santé périnatale

A - Base de données issues des certificats de santé du 8ème jour –CS8 du nouveau-né

La contrainte majeure rencontrée lors de la collecte des données issues des certificats de santé du 8^{ème} jour –CS8 du nouveau-né, est le temps nécessaire en terme, tout d'abord, de mise en place des conventions mais également de l'obtention des autorisations règlementaires de la CNIL. Dans le territoire de l' Eurométropole de Strasbourg, le conseil départemental du Bas-Rhin est la seule instance à conserver ce certificat nominatif et mentionnant l'adresse de résidence des parents des nouveau-nés ; information obligatoire pour ce projet pour permettre l'estimation des événements de santé périnatale à l'échelle de l'IRIS. La convention avec le conseil département est actuellement en cours de signature.

Concernant l'accord CNIL, suite à la modification des procédures de demande, nous avons été contraints de renouveler notre demande auprès du CEERS de l'INDS, puis auprès de la CNIL. Nous avons reçu, en date du mois de février, l'accord de la CNIL pour l'analyse des données issue des CS8 (Cf. ANNEXE A).

Après une année d'échange et de travail sur la procédure de géocodage des données par les services de la PMI, le changement institutionnel (la création de la Collectivité Territoriale d'Alsace « CeA ») qui s'est opéré pendant cette période du projet a conduit le service de la PMI à mettre en attente note collaboration et par conséquent à la mise à disposition des données. La programmation de futurs échanges avec le service de la PMI de la CeA sont en cours pour reprendre ce travail de collaboration avec le conseil départementale 67 et accéder aux données du CS8.

B - Base de données de la mortalité infantile

En parallèle à ces demandes, nous avons collecté des données complémentaires pour caractériser la santé du nouveau-né disponibles sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg. Il s'agit notamment des décès infantiles sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg pour la période 2009 -2017 ; La demande auprès des services d'état civil est en cours. Les adresses postales des parents de ces enfants de moins de 1 an, disponibles sur le certificat de décès ont été géocodées. Afin de garantir l'anonymat, les données ont ensuite été agrégées à l'échelle des IRIS (l'échelle spatiale d'analyse la plus fine de ce présent projet).

C - Base de données du PMSI :(Programme de médicalisation des systèmes d'information).

La base du PMSI constitue une base de données informatisée réunissant toutes les informations hospitalières ; les données disponibles pertinentes pour ce projet sont : toutes les naissances (accouchement), la taille et le poids de naissance, l'âge gestationnel, la présence de malformation congénitale, l'âge de la mère et son IMC (Indice de Masse Corporelle) ainsi que les pathologies dont elle souffre (diabète gestationnel, hypertension gravidique, obésité et dépression post-partum), les professions des parents (ou leur CSP) et leur adresse, à ce groupe de variables s'ajoute les morts fœtales in utero ainsi que les *interruptions médicales de grossesse*.

Aussi, ces données nous permettront de collecter les données relatives à la santé de toutes les femmes enceintes résidant dans l'Eurométropole de Strasbourg ayant accouché dans le pôle de gynécologie obstétrique des Hôpitaux de Strasbourg ; avec un focus sur les variables identifiées par notre groupe d'experts, à savoir : *le diabète gestationnel, l'hypertension gravidique, dépression post-partum, l'obésité & surpoids, et le cholestase gravidique*.

Les données dont disposent les services du Département d'Information Médicale (DIM) des hôpitaux ont été extraites dans le cadre de ce projet ; parmi ces données, il y a les adresses postales des patients, nécessaires au géocodage et à l'estimation des indicateurs de santé à l'IRIS.

Après 2 ans d'attente, la CNIL a émis un avis favorable à l'exploitation des données du PMSI à l'échelle infra-communale (Décision DR-2022-045- Cf. Annexe B).

Néanmoins, la mise à disposition et l'analyse de ces données impliquent d'établir une convention d'échange et de partage de données entre l'Eurométropole de Strasbourg, l'université de Strasbourg et les service des HUS. Cette convention étant encore en cours de signature, l'exploitation des données dans le cadre de ce projet est toujours en attente.

D - Mise en place de la cohorte de femmes enceintes de nouveau-né

Une enquête prospective a été conduite sur une cohorte de femmes enceintes suivies au sein des Hôpitaux Universitaire de Strasbourg dans les deux maternités HautePierre et CMCO (qui réalisent plus de 70% des accouchements de l'Eurométropole de Strasbourg) sur une période de 20 mois de février 2021 à août 2022 (retard avec la date initiale prévue d'octobre 2020 à cause de la crise sanitaire).

La période d'inclusion des femmes enceintes s'est étendu de février 2021 à janvier 2022 avec une durée de participation de chaque patiente de 9 mois. Les patientes sont incluses dans l'étude au moment de leur échographie du premier ou du second trimestre. Ont été exclues de l'étude, toutes les femmes présentant des pathologies obstétricales : menace d'accouchement prématuré, placenta prævia, grossesse gémellaire.

- **Outils de recueil des données :** Plusieurs questionnaires auto-administrables ont été élaborés sur la base de questionnaires déjà validés scientifiquement visant à évaluer la mobilité quotidienne et le statut socio-économique des femmes enceintes.
- **Déroulement pratique :** Avant inclusion, chaque participante à l'enquête a été informée des objectifs visés par l'enquête et de la charte déontologique de la recherche. Leur consentement a été recueilli à ce moment. L'équipe de recherche a effectué le recensement des consentements et a attribué un numéro d'anonymat à chaque participante qui a permis de respecter la confidentialité des données individuelles. Les questionnaires leur ont été adressés en ligne, aux différents trimestres de leur grossesse via un lien sécurisé (plateforme de l'Unistra). Il a également été proposé en cas d'incapacité de répondre en ligne, un questionnaire au format papier ainsi que la possibilité de le compléter par téléphone.
- **Extraction des données médicales :** Une collaboration scientifique a été engagée avec les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et particulièrement le pôle de gynécologie obstétrique pour accéder au dossier médical informatisé (via le logiciel DIAMM). Les données de santé extraites de leur dossier médical après leur accouchement concernaient : *la date de conception, la catégorie socio-professionnelle et l'âge de la mère, le terme de grossesse, l'IMC, le statut vital du bébé à la naissance, le poids à la naissance les pathologies obstétricales ainsi que la voie d'accouchement.*

Une demande de recherche a été déposée auprès de Direction de la recherche des HUS au mois de mars 2020. La mise en place de la cohorte a reçu un avis favorable de la part du Comité de Protection des Personnes (N°IDRCB : 2020-A02581-38)

Ce travail a fait l'objet d'une publication en cours de révision au *journal BMJ Open*

Simoncic V, Hamann V, Huber L, Deruelle P, Sananes N, Enaux C, et al. Study protocol to explore the social effects of environmental exposure and lifestyle behaviours on pregnancy outcome: an overview of cohort of pregnant women study. *BMJ Open*. 2022;12:e058883.

3.3. Elaboration des indicateurs appropriés en vue de combiner l'ensemble des informations environnementales et sanitaires

En termes de *traitement spatial mis en œuvre*, nous avons élaboré, des indices adaptés à chaque infrastructure, en comparaison aux indices calculés à ce jour dans les études épidémiologiques.

L'ensemble des données recueillies et traitées est résumé dans le tableau 1 qui décrit les variables, les échelles de recueil, les différents fournisseurs, le traitement spatial des variables contextuelles.

Afin de caractériser les différentes ressources publiques, comme par exemple les équipements sportifs et les espaces verts, nous avons recensé différents types de données, telles que la densité d'une ressource, la distance aux plus proches ressources, le temps parcouru pour rejoindre la ressource, ou la présence/absence d'une ressource dans un rayon défini (zone tampon : buffer). Nous avons cherché à identifier la meilleure mesure adaptée à chaque ressource.

En appliquant la relation « émetteur-récepteur » (2), des indices sont calculés selon deux approches :

- soit à partir de la ressource : dans le cas où l'on considère que la ressource possède une « aire d'influence » qui est définie en fonction de ses propriétés : c'est le cas des transports en commun et des espaces verts.
- soit à partir du centroïde de la zone bâtie de chaque cellule : dans ce cas on s'intéresse à un comportement lié à un usage du territoire, tel que la distance parcourue pour atteindre une ressource, par exemple l'accès aux médecins généralistes, aux centres de soins ou aux équipements sportifs.

Les indices les plus élaborés (indice d'attractivité, de desserte et de potentialité) sont exposés plus en détails dans une note méthodologique présentée à la fin de cette partie.

A. Caractérisation des nuisances environnementales

a) Exposition à la pollution atmosphérique

Les concentrations annuelles de trois groupes de polluants (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂), (Ozone) et (Benzène) ont été modélisées à une échelle infra-communale par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air de la région du Grand Est (ATMO Grand Est), partenaire de ce projet. L'évolution temporelle des moyennes annuelles de l'ensemble du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Evolution temporelle des concentrations annuelles (2013- 2018) (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Années	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	Benzène
2013	23,8	25,8	17,1	40,7	0,9
2014	22,6	21,0	15,0	39,9	1,0
2015	22,5	21,7	16,0	43,8	0,7
2016	22,6	19,8	13,9	38,3	0,8
2017	23,2	20,4	15,5	42,2	0,8
2018	21,0	20,7	13,3	46,1	0,7

Développement méthodologique pour la caractérisation rétrospective de l'exposition quotidienne à la pollution atmosphérique avec prise en compte de la mobilité quotidienne

- **Caractérisation des déplacements quotidiens des femmes enceintes par trimestres**

Le questionnaire développé et validé est structuré de façon à recueillir les informations individuelles et d'estimer les indicateurs contextuels. Plus précisément, il permet : i) de caractériser le statut socio-économique individuel de chaque femme (âge, catégorie socio-professionnel, niveau d'éducation, ...) ; ii) de situer la trajectoire spatio-temporelle des femmes Aujourd'hui, à notre connaissance, il n'existe pas de processus automatisé facilitant la reconstitution des déplacements et des expositions quotidiennes à la pollution de l'air durant la grossesse.

- **Reconstitution rétrospective de l'exposition quotidienne**

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail était de développer des fonctions implémentées sous R afin de permettre l'évaluation de l'impact de la mobilité quotidienne sur l'exposition aux polluants atmosphériques des femmes enceintes, en intégrant le temps passé sur les lieux d'activité et lors des trajets domicile-lieux d'activités. L'objectif est ensuite de comparer les expositions induites par différents itinéraires probables. Nous avons au final évalué les expositions aux polluants atmosphériques avec des modèles d'exposition qui prennent en compte les variations spatiales des concentrations de polluants, l'activité spatio-temporelle des sujets, et les divers lieux d'activités.

Une modélisation horaire des différents itinéraires probable de chaque femmes enceintes sur un pas de 200 m a été réalisé par ATMO Grand Est afin de caractériser au mieux l'exposition quotidienne des femmes enceintes.

b) **Construction d'indicateurs de bruit à l'échelle de l'IRIS**

Le travail de caractérisation des niveaux sonores à l'échelle de l'IRIS a consisté à estimer des indicateurs de nuisances sonores liés aux transports représentant l'exposition de la population à l'échelle de l'IRIS. Ces indicateurs ont été estimés sur l'ensemble de l'Eurométropole de Strasbourg sur la base des données de modélisation des niveaux sonores (en db(A)) pour trois secteurs : routier, ferroviaire, ICPE, à l'échelle de chaque bâti (en façade la plus exposée) modélisées par le CEREMA et transmis par l'Eurométropole de Strasbourg.

Trois catégories d'indicateurs d'exposition au bruit à l'IRIS ont été estimées :

- indicateur sans prise en compte de la population,
- indicateur avec prise en compte de la population et,
- indicateur avec prise en compte de la population et du type de bâtiment.

B. Caractérisation de la qualité de vie et accessibilité/proximité aux aménités

a) Espace vert

- A partir des bases de données répertoriant les espaces verts publics, mises à notre disposition par le service de l'Eurométropole de Strasbourg, nous avons fait dans un premier temps cherché à caractériser les espaces verts, pour identifier ceux potentiellement accessible (c'est notamment, l'objet du travail de master 1 OTG : Attractivité des espaces verts public et inégalité social).
- Dans un second temps, nous avons calculé des indicateurs de disponibilité des espaces verts en estimant le pourcentage d'espaces verts dans chaque IRIS en rapportant la surface des espaces verts à la surface totale habitable de l'IRIS.
- Dans un troisième temps, en appliquant les connaissances empiriques d'attractivité des espaces verts, nous avons construit un indicateur décrivant la proportion des habitants résidants dans une zone dite d'attractivité des espaces verts. A l'aide des outils de système d'information géographique (SIG), nous avons pu construire des zones dites « d'influence » autour de chaque espace vert ; nous avons, ensuite, estimé la population résidant à l'intérieur de ces zones puis la part des habitants de chaque IRIS qui résident à proximité des espaces verts.

Un autre indicateur de végétalisation est en cours de construction : l'indice NDVI. Le travail consiste à développer un indicateur moyenné à l'échelle de l'IRIS à partir d'un maillage de 200*200m.

b) Transports en commun

Le réseau de transport en commun de l'Eurométropole de Strasbourg comprend essentiellement le tramway et les bus. Nous disposons de la localisation de l'ensemble des arrêts de bus et tramway. Ces données fournies par l'Eurométropole de Strasbourg étaient déjà géo-localisées ; c'est-à-dire que nous disposons des coordonnées (X, Y) de chaque arrêt de bus et de tramway. Sur la base de la zone d'attractivité d'une ligne de bus ou de tram de l'ordre de 300 m, nous avons élaboré un indicateur pour estimer la densité de population résidant à proximité des arrêts (cercle de 300 m), en calculant le nombre d'habitants desservis et évaluer poids de population résidant dans un rayon de 300 m autour des arrêts.

c) Commerce de proximité

Le traitement spatial de la base de données mis à disposition par l'Eurométropole de Strasbourg (le répertoire SIRENE géo-localisé) a consisté à évaluer la potentialité commerciale. Le travail consiste à estimer un indice de potentialité des commerces de proximité qui prend en compte à la fois la disponibilité du commerce de proximité et sa diversité. La valeur qui résulte de la pondération du

comptage des commerces (quantité de commerces disponibles par rapport aux commerces qui existent dans l'IRIS) par leur diversité (celle-ci de catégorisant en trois types : (i) commerce alimentaire, (ii) non alimentaire, (iii) commerce de type marché) est attribuée à chaque unité géographique.

d) Equipement de sportif

Le travail de caractérisation de l'offre en équipements sportifs à consister à développer deux indicateurs :

- la proximité au plus proche équipements sportifs ;
- la proportion des habitants résidants à proximité des équipements sportifs.

Dans un premier temps, le traitement des bases des équipements sportifs géolocalisés de l'Eurométropole, nous a conduit à quantifier, pour chaque IRIS, la distance au plus proche équipement sportif en empruntant le réseau routier.

Dans un second temps, nous avons estimé un score de disponibilité pour chaque IRIS consistant à rapporter le nombre d'équipements sportifs présents dans l'IRIS sur le nombre total d'équipements sportifs disponibles dans l'ensemble de l'Eurométropole de Strasbourg.

C. Caractérisation de l'offre de soins

Tout d'abord, une base de données géographiques, homogènes et globales des systèmes de soins, localisés sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg a été élaborée ; cette base inclut :

- les professionnelles de santé périnatale : les généralistes, les pédiatres, les gynécologues et les obstétriciens, les sages-femmes, ainsi que
- les centres de soins incluant les centres de PMI, les maisons de santé, les centres hospitaliers, les polycliniques et les centres médicaux sociaux (Tableau 3).

A partir des bases de données transmises par l'Agence régionale de la santé (ARS) issue du RPPS (Répertoire Partagé des Professionnels de Santé) sur la période 2014-2018, nous avons compté 1432 professionnels exerçant sur l'Eurométropole de Strasbourg dans les spécialités médicales retenues pour ce projet et 374 sages-femmes.

- La 1^{ère} étape du travail de sélection et d'identification des professionnels de santé, nous a permis de d'éliminer les 13,2% de praticiens sans activité clinique répertoriée comme médecins généralistes (ce sont par exemple, les médecins pompiers ou encore les médecins de l'administration publique) et les 19,3% exerçant en secteur hospitalier (hôpital, maison de retraite, EHPAD) qui ne constitue pas une offre de soins en périnatalité.
- La 2^{ème} étape du travail a consisté à documenter le secteur de conventionnement de chaque praticien afin d'intégrer cette information dans la caractérisation de l'offre disponible aux femmes en âge de procréer.

La géo-localisation de l'ensemble des bases, nous a permis de constituer une base de données géographique, homogène et globale des systèmes de soins (médecin de la santé périnatale, gynécologue, généraliste, pédiatre, sage-femme) sur l'Eurométropole de Strasbourg.

Tableau 3 : Variables choisies pour décrire l'offre de soins

Variables	Base de données source
Médecins généralistes, pédiatres, gynécologues obstétriciens, sage-femmes (âge, sexe, secteur de conventionnement, adresse postale d'exercice)	RPPS-CNAM
Maternités par type	FINESS
Centres de protection maternelle et infantile	Conseil départemental Bas-Rhin
Maisons de santé	FINESS
RPPS répertoire partagé des professions de santé	
EMS Eurométropole de Strasbourg	
CNAM Caisse nationale d'assurance maladie	

D. Caractérisation des logements

Le travail de caractérisation des logements a consisté à synthétiser par une typologie la structure du parc de logements à partir d'un croisement de 24 variables (exprimé en %) caractérisant le type d'habitat (appartement, appartement HLM, maison), l'époque de construction (avant 1919, 1919-1945, 1946-1970, 1971-1990, 1991-2005, 2006-2012, après 2012), la surface du logement (moins de 30m², 30 - 40m², 40m², 40- 60m², 60- 80m², 80-100m², 100-120m², 120m² ou plus), le nombre de pièces (1, 2, 3, 4, 5 pièces ou plus), le statut d'occupation (locataire, propriétaire, locataire HLM). La typologie réalisée par l'Eurométropole de Strasbourg a permis d'identifier 9 grands profils de parcs de logements sur le territoire.

E. Caractérisation de l'environnement socio-économique

A l'aide du package R développé par l'équipe porteuse du projet, un indicateur socio-économique a été construit pour caractériser l'environnement socio-économique des IRIS de l'ensemble du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg à l'aide des données du recensement de la population de l'INSEE (2016). La méthode utilise plusieurs ACP successives pour sélectionner les variables et créer l'indice. Les catégories de défaveur socio-économique sont constituées par une CAH sur facteurs d'ACP. Vingt variables socio-économiques, couvrant les multiples dimensions de la défaveur, sont retenues dans la constitution de l'indice socioéconomique. Une partition optimale obtenue par CAH est en trois classes qui s'ordonnent le long du premier axe de l'ACP.

3.4. Evaluation des interrelations entre les différents indicateurs environnementales, sanitaires et contextuelles

A- Analyse environnementale multi-dimensionnelle Analyse environnementale (Figure 1)

Les données contextuelles traitées préalablement ont été introduites dans l'analyse factorielle multiple (AFM) en groupes de variables prédéfinies (suivant les 4 domaines) comme l'illustre la figure ci-dessous. Cette approche présente l'avantage de pouvoir conserver en tant que telles les variables quantitatives car le fait de les discrétiser systématiquement peut engendrer des pertes d'informations parfois importantes.

Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a ensuite été conduite à partir des coordonnées des cellules des 10 premiers axes factoriels de l'AFM pour construire une typologie.

En parallèle de ce travail de caractérisation des profils, nous avons aussi construit des indexes (scores) par domaine pour caractériser les différentes facettes de l'environnement de vie séparément.

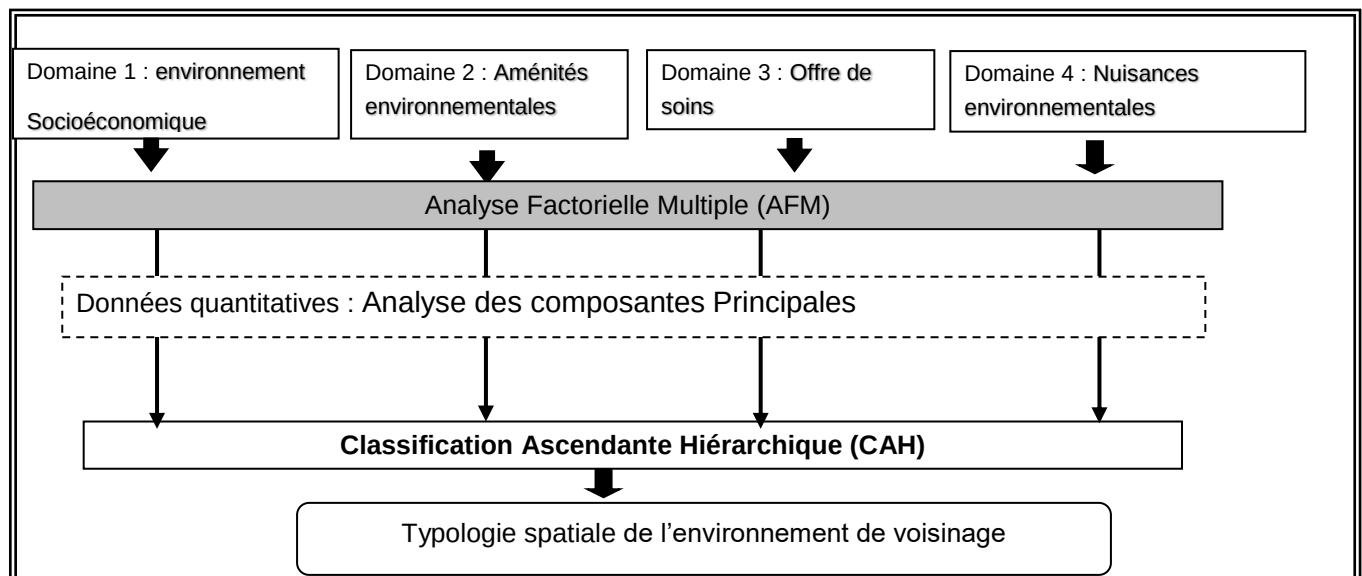


Figure 1 - Schéma explicatif de l'analyse factorielle multiple et de la classification implémentée

B - Identification des zones de cumul de défaveur afin d'orienter les interventions

Ce 2ème volet du projet mobilise à la fois des méthodes d'analyses statistiques classiques et d'analyses spatiales afin d'investiguer la répartition spatiale des risques sanitaires, des nuisances environnementales et d'accessibilité aux différentes aménités sur le territoire (9-11, 34). Les analyses spatiales s'appuient sur les méthodes de balayage spatial qui visent à détecter la localisation précise des clusters significatifs dans la zone d'étude (9-11, 34). A l'issue de cette deuxième phase du projet, il s'agissait de déterminer statistiquement sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg la présence de zones qui pourraient cumuler une défaveur socio-économique, un faible (ou non) recours et accès

aux soins ou à d'autres aménités, ou, d'un milieu de vie marqué par de fortes nuisances environnementales et sur-risque sanitaire, dans lesquels il faudrait agir prioritairement.

L'objectif de cette phase vise à déterminer si la répartition géographique des risques sanitaires est aléatoire répartie sur l'Eurométropole de Strasbourg. Sur la base des résultats de la première phase de quantification de l'impact sanitaire, le travail, dans un premier temps, consistait à dresser une représentation spatiale des taux d'évènement sanitaire.

Puis dans un second temps, notre objectif consistait à rechercher la tendance de la répartition spatiale du risque sanitaire sur notre territoire. Une approche spatiale a été mise en place afin de mettre en lumière un éventuel phénomène d'agrégation zonale de sur-risque ou sous-risque sanitaire dans l'espace (cluster). Les agrégations de cas ont été déterminées et analysées par des approches spatiales dite - *analyse de balayage spatial*-. Ces approches de type approche de Kuldorff (« spatial scan statistic ») (35) ou modèle GAM (36) éprouvées de plus en plus dans l'épidémiologie spatiale cherchent à regrouper les différentes unités spatiales voisines (les IRIS) en clusters potentiels.

Dans le cadre de ce présent projet, l'approche de Clustering de Kuldorff qui permet d'identifier les agrégats de cas sanitaire sous l'hypothèse nulle de l'absence d'agrégats statistiquement significatifs détectés sous l'hypothèse d'une distribution spatiale poissonnienne des cas (autrement dit, les risques sanitaires sont répartis aléatoirement dans l'espace) a été implémentée. Ainsi, dans une situation où l'hypothèse nulle est rejetée, la localisation approchée de l'agrégat responsable de ce rejet est possible. Cette approche spatiale envisagée est basée sur un algorithme qui permet un balayage horizontal de toute l'Eurométropole de Strasbourg grâce une fenêtre circulaire dont le diamètre varie de façon continue. La fenêtre étant placée successivement au centroïde de chaque unité spatiale (IRIS), la variation de la taille de fenêtre permet d'inclure les unités spatiales voisines à plus ou moins longue distance, ainsi les agrégats pouvant donc apparaître à différentes échelles. Les différentes fenêtres circulaires ainsi construites (de centre et rayon variables) déterminent l'ensemble des clusters potentiels. La significativité statistique est évaluée en examinant le ratio de vraisemblance, maximisé sur l'ensemble des « fenêtres » testées afin d'identifier les agrégats les plus probables. Au final, la fenêtre qui correspond au maximum de vraisemblance est le cluster le plus probable (i.e. cluster principal) et une statistique de test (p valeur), calculée à partir de simulations de Monte Carlo, est assignée à ce cluster.

C - Analyse de inégalités socio-spatiale et environnementale de la santé périnatale

a) Modèle d'analyse statistique

Les études écologiques de type géographique présentent des spécificités qu'il est important de tenir compte au risque de biaiser l'analyse et l'interprétation des résultats. En particulier, une dépendance spatiale pouvant exister entre les unités géographiques (puisque deux unités voisines auront généralement tendance à présenter des caractéristiques plus proches que deux zones très distantes l'une

de l'autre), l'hypothèse d'indépendance des observations faite dans de nombreux modèles statistiques classiquement utilisés en épidémiologie n'est donc pas respectée dans ce cas. L'importance de prendre en compte la structure spatiale des données dans les modèles a été mise en évidence précédemment (55).

Cette particularité nécessite donc d'adapter les techniques habituellement utilisées ou d'employer des techniques différentes. Parmi les modèles classiquement utilisés dans le cas d'une variable Y quantitative, le modèle de régression linéaire des moindres carrés ordinaires (MCO) est le plus courant.

Il se définit par l'équation suivante :

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

où Y représente la variable dépendante (ici le risque de mortalité infantile), X les variables explicatives utilisées, β le paramètre à estimer quantifiant la force d'association entre Y et X et ε le terme d'erreur (les résidus). Lorsqu'un phénomène d'autocorrélation spatiale est ignoré dans la définition du modèle, les estimateurs des MCO sont biaisés et non convergents. Aussi, des modèles plus adaptés doivent être implémentés parmi lesquelles l'utilisation d'un modèle spatial auto-régressif, dit SAR pour *simultaneous autoregressive*, permettant de prendre en compte la structure spatiale des données tout en ajustant sur des covariables.

Le modèle « SAR lag » est similaire à une régression linéaire ordinaire dans laquelle un terme spatial WY est introduit pour contrôler l'autocorrélation spatiale. Le modèle est alors spécifié comme suit :

$$Y = \rho WY + X\beta + \epsilon$$

où ρ est le coefficient de la composante spatiale et W est la matrice de poids spatiale.

La détermination des interactions entre les différentes unités géographiques, ici les IRIS, repose sur la définition d'une matrice de poids spatiale, W. La matrice spatiale W ici utilisée est celle dite de distance inverse. La pondération inverse à la distance est une méthode d'interpolation spatiale classique établie selon un processus permettant d'assigner une valeur à tout point d'un espace à partir de points connus, définis par leurs coordonnées X, Y, ici ce sont les centroïdes des IRIS.

L'autocorrélation spatiale (dépendance spatiale) est mesurée par la statistique I de Moran. Elle représente pour chaque variable, prise indépendamment les unes des autres, le degré d'association linéaire entre sa valeur à une certaine localisation et la moyenne pondérée spatialement de ses IRIS voisins. Cette statistique s'écrit de la façon suivante :

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} (y_{it} - \bar{y}_t) * (y_{jt} - \bar{y}_t)}{S_0 \sum_i (y_{it} - \bar{y}_t)^2}$$

où w_{ij} , est un élément de la matrice de poids spatial W et, les indices i et j définissent deux IRIS, dont on cherche à quantifier la dépendance spatiale. Les valeurs de l'indice de Moran varient, comme une mesure de corrélation classique, entre -1 (dispersion parfaite) à +1 (corrélation parfaite). Une valeur nulle est significative d'un modèle spatial parfaitement aléatoire. Les valeurs négatives (respectivement positives) de l'indice indiquent une autocorrélation spatiale négative (respectivement positive)

Une seconde façon de prendre en compte l'autocorrélation spatiale dans un modèle de régression est d'implémenter le Spatial Error Model (SErrM). Ce modèle intègre le phénomène dépendance spatiale dans le terme des erreurs. Le modèle SErrM est défini de la façon suivante :

$$Y = X\beta + \varepsilon \text{ avec } \varepsilon = \lambda W\varepsilon + u$$

Où, λ quantifie l'intensité de l'interdépendance entre les résidus de la régression et u correspond au terme d'erreur.

Le test de Wald a été utilisé ici pour tester le terme d'interaction spatial. Un risque alpha de 5% a été retenu pour la significativité des résultats.

b) Logiciels utilisés

A l'exception des analyses complémentaires, réalisées à l'aide du logiciel STATA, le logiciel R a été utilisé pour réaliser les analyses statistiques. En particulier, le package FactoMineR a été utilisé pour la réalisation des ACP a été utilisé pour l'application du modèle SAR.

Le logiciel QGIS a été, quant à lui, utilisé pour la réalisation des représentations cartographiques.

D - Analyse des mécanismes de inégalités sociales de santé

a) Description du modèle d'analyse

Dans ce 3^{ème} volet, avons développé des « modèles d'équations structurelles » (*Structural Equation Modelling* ou *SEM*) (37) souvent mis en œuvre dans divers domaines des sciences humaines, sociales ou de la santé. Cette approche innovante en santé environnementale, pour étudier les relations complexes entre l'ensemble des familles de variables considérées dans ce projet de façon simultanée.

Il s'agit d'une extension de techniques standards telles que l'analyse factorielle, la régression PLS ou l'analyse de la covariance. Ainsi, nous pourrions quantifier les relations causales directes et indirectes décrites dans notre modèle théorique (Nuisance environnementale, qualité de vie et santé du nouveau-né) décrit en figure 2.

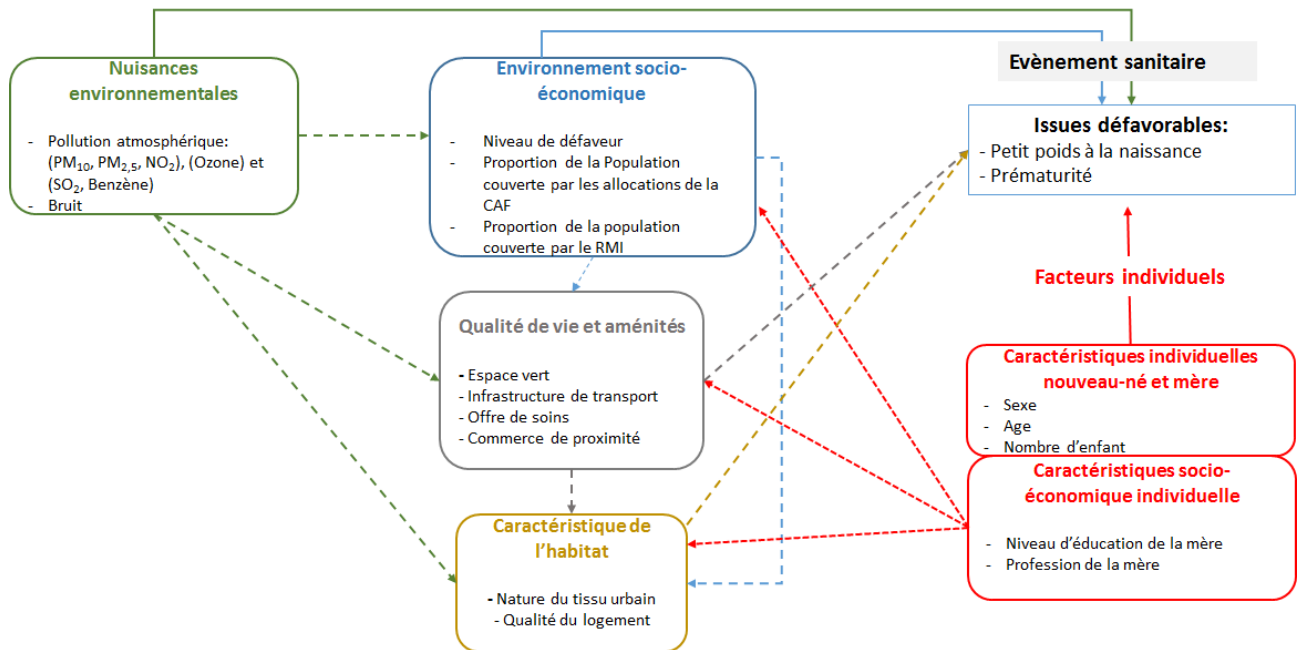


Figure 2 - Modèle théorique des facteurs influençant la santé du nouveau-né

Construire un tel modèle nécessite plusieurs étapes : la spécification du modèle, la vérification des hypothèses, l'estimation du modèle, la validation de celui-ci et enfin sa potentielle amélioration.

Une fois le modèle construit et les hypothèses vérifiées, il s'agit d'estimer les paramètres du modèle. La méthode qui a été utilisée consistait à faire une comparaison des matrices de covariance observée et estimée par le modèle. En effet, le but est d'obtenir une matrice de covariance estimée la plus proche possible de celle observée en termes de maximum de vraisemblance. Le processus d'estimation cherche donc à minimiser la différence entre ces matrices de covariance.

b) Mise en œuvre des modèles

Trois modèles ont été mis en œuvre pour comprendre le mécanisme des inégalités sociales et environnementales du : 1) risque de mortalité infantile, 2) risque de faible poids et 3) risque de naissance prématurée.

Pour chaque modèle, nous avons défini 2 variables latentes :

- Nuisances environnementales : combinant la pollution de l'air et le bruit
- Aménités environnementales : combinant les espaces verts, la disponibilité et l'accessibilité aux commerces, aux transports en commun et aux équipements sportifs

Pour l'analyse des naissances avant terme (<37 S) et naissances à faible poids (<2500g), nous avons défini une 3^{ème} variable latente nommée « Favorable Fœtal Growth Conditions (FFGC) » qui regroupe les caractéristiques individuelles de la mère et du nouveau-né.

Pour valider notre modèle, plusieurs critères ont permis de discuter de la validité du modèle construit et de comparer les différents modèles entre eux. Nous nous sommes notamment penchés sur trois critères statistiques permettant de juger de la pertinence du modèle d'une et de comparer la qualité d'ajustement des différents modèles implémentés d'autre part. A titre d'exemple, les critères de bon ajustement que nous retiendrons : le critère SRMR (pour Standardized Root Mean Square Residual) ; le critère RMSEA (pour Root Mean Square Error of Approximation) et l'indice CFI (pour Comparative Fit Index) de Bentler.

4. Description des données de santé périnatale

4.1 Mortalité infantile - Description du taux de mortalité infantile

Selon l'INSEE, le taux de mortalité infantile est de 3.8 pour 1000 enfants nés vivants en 2018. La mortalité infantile a été stable depuis les 10 dernières années après des décennies de baisse (25). Entre 2014 et 2016 le taux de mortalité infantile dans le Bas-Rhin était de 3.81 pour 1000 enfants nés vivants. D'après nos résultats le taux de mortalité infantile sur l'Eurométropole de Strasbourg et sur la ville de Strasbourg est plus élevé que le taux départemental (4.5 et 4.21, respectivement, pour 1000 naissances versus 3.81 dans la région du Bas Rhin). Nous avons choisi dans le cadre de l'observatoire de calculer le taux de mortalité infantile et néonatale sur une période d'année (2010 à 2017).

Le choix de l'indicateur retenu est le ratio standardisé de mortalité ("SMR" Standardized Mortality Ratio) qui est recommandé en épidémiologie pour comparer la mortalité d'une maladie dans une petite population.

4.2.- Distribution géographique de la mortalité infantile

Les IRIS qui présentent les taux de mortalité infantile les plus élevés se situent dans les quartiers de la première couronne suivie des IRIS des quartiers du centre de Strasbourg. A l'inverse, les IRIS qui présentent les taux de mortalité infantile les plus faibles se situent dans la 2^{ème} couronne (Tableau 4 – Figure 3) ; le taux de mortalité néonatale suit une distribution spatiale similaire (Figure 3)

Tableau 4 : Répartition du taux de mortalité infantile sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Territoire	Taux de Mortalité Infantile pour 1000 naissances
Strasbourg	4,48
1 couronne	5,2
2 couronne	3,37
Eurométropole de Strasbourg	4,5

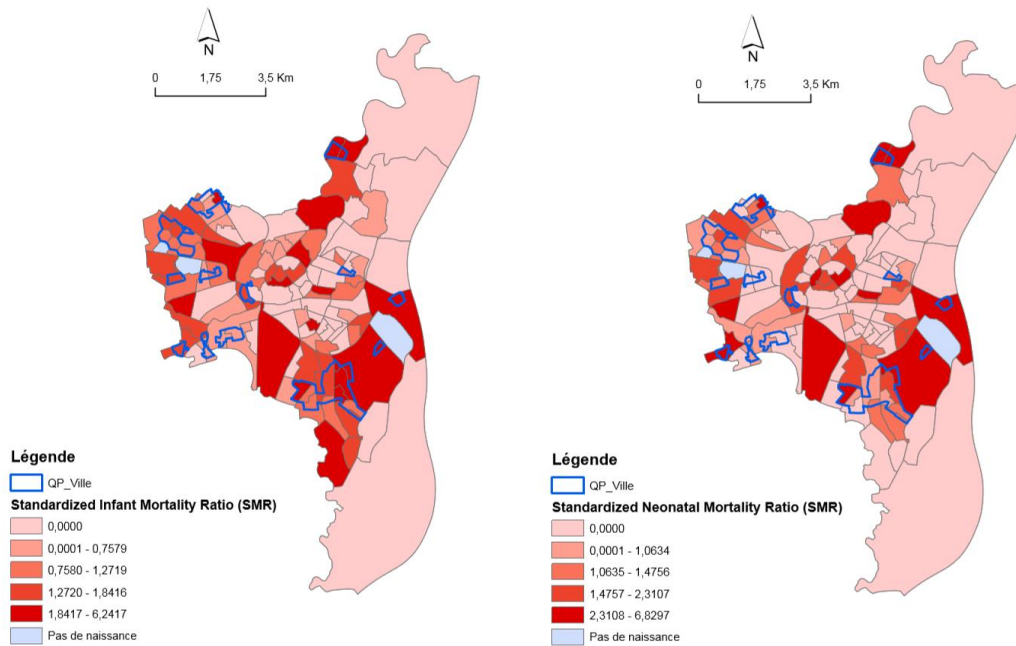


Figure 3 : Répartition spatiale du taux standardisé de mortalité infantile et de mortalité néonatale

4.3. Santé du nouveau-né

La population ciblée par la cohorte MOBIFEM est l'ensemble des mères éligibles résidant dans l'agglomération strasbourgeoise et ayant accepté de participer à l'étude. Le nombre de sujets nécessaires à l'inclusion dans la cohorte a été estimé à 600 patients. Le recrutement a débuté en février 2021 et c'est terminé en décembre 2021. Les statistiques descriptives sont synthétisées dans le tableau 5.

Au total 497 participantes ont été recrutées lors du rendez-vous d'échographie prénatale en semaine, au cours du premier trimestre, dans deux sites : Hôpitaux d'Hautepierre (63%) et au CMCO (37%). L'âge moyen des femmes de la cohorte est de 31 ans. Environ 38% des femmes enceintes étaient nullipares, 41% étaient primipares et 22% avaient déjà eu plusieurs grossesses précédemment.

D'un point de vue de leurs caractéristiques socio-économiques individuelles, la majorité d'entre elles est employée (39%), inactive (28%), ou occupe une profession intermédiaire (23%). De plus, environ 70% d'entre elles vivent en appartement (les autres vivant en maison individuelle).

L'âge gestationnel moyen à la naissance est de 38,8 semaines d'aménorrhées (SD : 4,1 sa), 16 enfants sont nés prématurés avant 36 semaines d'aménorrhées (sa), 1 avant 32 sa et 3 avant 28 sa.

Le poids moyen de naissance est de 3218 g (SD : 606 g), 24 enfants sont nés avec un petit poids de naissance (inférieur à 2500 g), 3 avec un très petit poids de naissance (inférieur à 1500 g) et 4 avec un poids extrêmement faible à la naissance (inférieur à 1000 g).

Tableau 5 : Description de la santé des nouveau-nés

Characteristics	Study group (497)
Age (years (mean +/- SD))	31yo +/- 5,3
Location of inclusion (n(%))	
Hautepierre	312 (62%)
CMCO	185 (37%)
Parity (n (%))	
Nulliparous	187 (38%)
Primiparous	202 (41%)
Multiparous	108 (22%)
Socio-professional categories (n(%))	
Small employers and own account workers	8 (2%)
Higher managerial, administrative and professional occupations	35 (7%)
Employee	182 (39%)
Inactive	131 (28%)
Workers	4 (1%)
Intermediate occupations	110 (23%)
Type of housing (%)	
Appartment	70%
House	30%
Gestational age issue (mean +/- SD)	38,8sa +/- 4,1
Preterm birth (<36sa) (n(%))	16 (3%)
Very preterm birth (<32sa) (n(%))	1 (0,2%)
Extremely preterm birth (<28sa) (n(%))	3 (1%)
Birth weight (g) (mean +/-SD)	3218g +/-606
Low birth weight (<2500g) (n(%))	24 (5%)
Very low birth weight (<1500g) (n(%))	3 (1%)
Extremely low birth weight (<1000g) (n(%))	4 (1%)

4.4. Caractérisation des environnements géographiques

A-Présentation des indicateurs spatialisés

a) *Caractérisation des nuisances environnementales*

Pollution de l'air

La répartition spatiale à l'échelle infra-communale des concentrations annuelles des polluants (PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2) pour deux années est présentée en figure 5. Les concentrations journalières mesurées dans les 5 stations d'ATMO Grand Est sur le territoire de l'Euro métropole ont été aussi collectées pour l'ensemble des années (2013-2018).

Quel que soit le polluant considéré (PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2), la répartition spatiale des concentrations (décrite dans les cartographies ou dans les histogrammes Figure 4 et 5) montrent un contraste net entre le centre-ville de Strasbourg et les 2 couronnes en périphérie.

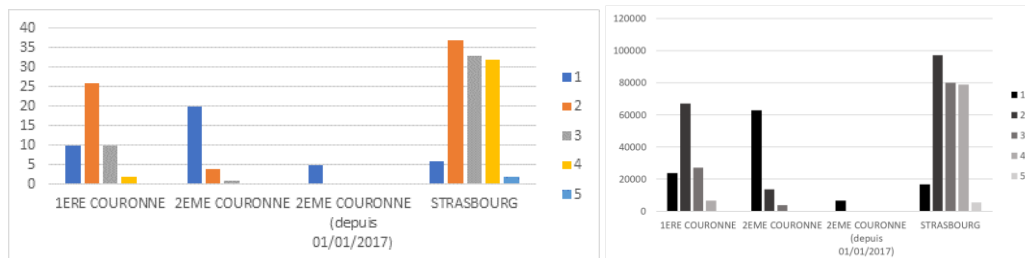
Les IRIS considérés très pollués (quelques soit le polluant) se situent principalement dans les IRIS des quartiers de la 1^{ère} couronne et du centre de l'Eurométropole avec principalement les quartiers de la ville de Strasbourg.

A l'inverse, très peu d'IRIS dans les quartiers en 2^{ème} couronne sont les moins exposés.

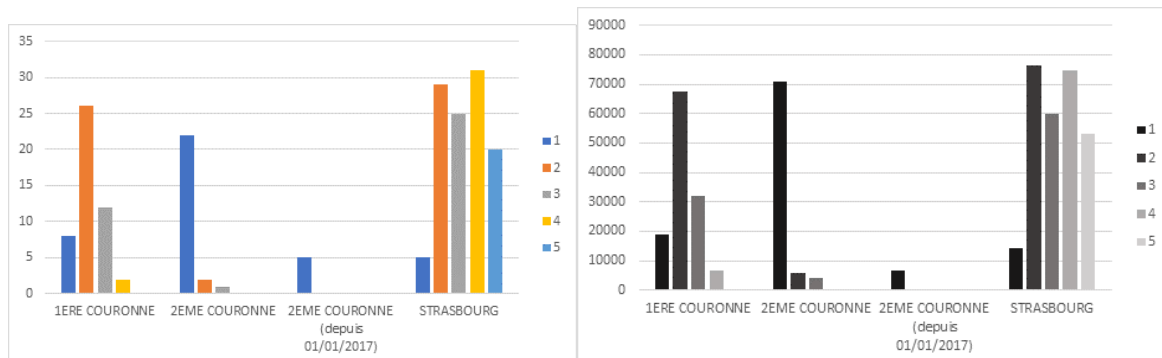
A titre d'exemple, en ce qui concerne l'exposition au PM_{10} , les IRIS les plus exposés sont tous situés dans les quartiers du centre de Strasbourg, à l'inverse les IRIS les moins exposés sont situés en grande majorité dans les quartiers de la 2^{ème} couronne avec quelques quartiers de la ville de Strasbourg et la 1^{ère} couronne. Les IRIS des quartiers de la 1^{ère} couronne sont caractérisés par les concentrations élevées.

Figure 4 : Répartition des IRIS et de leur population selon la concentration du NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} (classée selon de seuil de jenks)

Répartition des IRIS et de leur population selon la concentration du NO₂ (classée selon de seuil de jenks)



Répartition des IRIS et de leur population selon la concentration du PM₁₀ (classée selon de seuil de jenks)



Répartition des IRIS et de leur population selon la concentration du PM_{2.5} (classée selon de seuil de jenks)

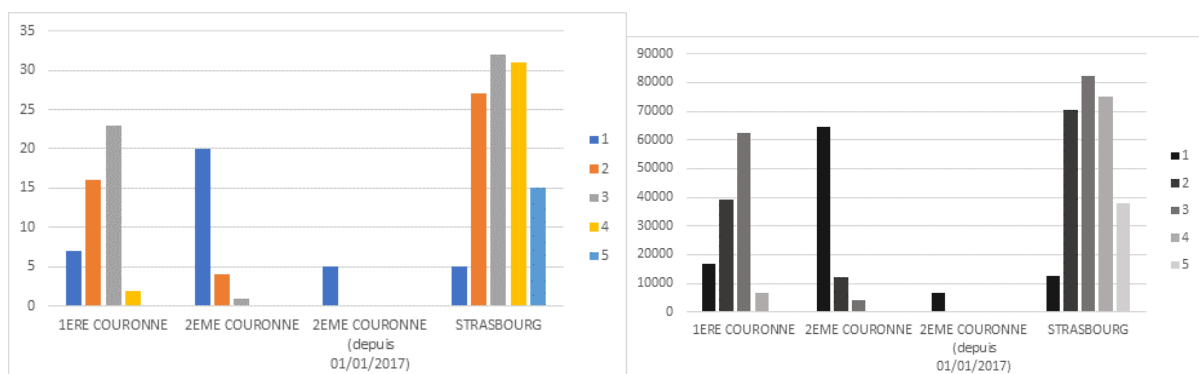
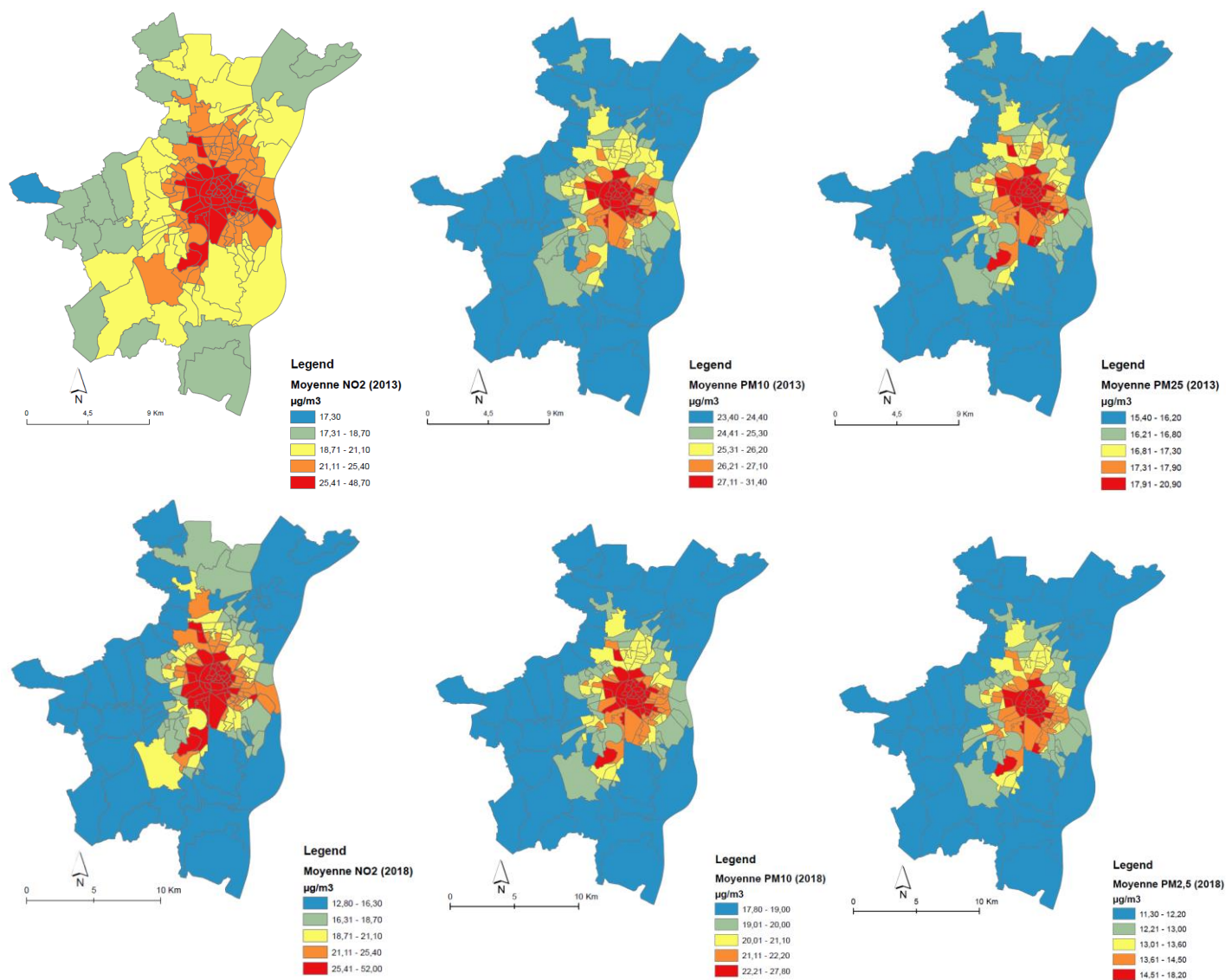


Figure 5 : distribution spatiale à l'échelle de l'IRIS du NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} pour l'année 2013 et 2018



Reconstitution rétrospective de l'exposition quotidienne : Quantification de l'exposition quotidienne des femmes enceintes avec prise en compte des déplacements

L'estimation de l'exposition à la pollution atmosphérique pendant les déplacements domicile-activité a révélé que ce type d'exposition contribue entre 4 et 9% de la dose quotidienne totale en NO₂ auquel la femme est exposée sur notre échantillon. Bien que cette contribution à l'exposition soit relativement faible en comparaison de l'exposition résidentielle et sur les autres lieux renseignés, elle n'est cependant pas négligeable par rapport au temps d'exposition relativement courts (entre 1 et 4% du temps sur une journée environ).

Un test de statistique de Student a permis d'examiner la différence entre les moyennes d'exposition estimées selon nos deux approches de reconstitution des concentrations, à savoir avec et sans prise en compte de la mobilité quotidienne.

Les résultats révèlent une différence statistiquement : la concentration moyenne journalière estimée, dans le modèle qui ne prend que les adresses résidentielles en compte, est de 37,6 µg/m³ alors que celle-ci atteint 41,1 µg/m³ lorsque la fréquentation d'autres lieux (lieu1, lieu2) et de la mobilité quotidienne sont prises en compte.

Ces résultats confirment qu'une approche fondée sur une estimation des concentrations au domicile des sujets risque de sous-estimer significativement les expositions des individus, ici les femmes enceintes, à la pollution atmosphérique.

Nous avons donc cherché à confronter nos résultats avec nos précédents travaux conduit sur le territoire de Paris afin de savoir si la sur-estimation induite par la prise en compte des déplacements dans la reconstitution des expositions peut être expliquée au regard des caractéristiques socio-économiques des sujets mêmes.

Les résultats décrits dans le tableau ci-dessous (Tableau 6), mettent en évidence que certaines variables semblent influencer significativement sur la sur-estimation des expositions :

- i) le fait de n'avoir comme diplôme qu'un baccalauréat ou moins par rapport au fait d'avoir un diplôme du supérieur long (master, doctorat, grandes écoles...) semble diminuer l'estimation de l'exposition de 3,25 µg/m³ en moyenne, avec une significativité à 5%. Cela signifie donc qu'il existerait un risque plus grand de sous-estimer les expositions pour des femmes ayant un diplôme moins élevé par rapport aux expositions de femmes plus diplômées.
- ii) le fait d'être locataire (sous/co locataire) par rapport au fait d'être propriétaire augmente la différence d'estimation de 4,64 µg/m³ en moyenne avec une significativité à 1%. Cela signifie que le risque de sous-estimation entre nos deux modèles serait moins important pour des locataires que pour des propriétaires voire que les locataires pourraient voir leur expositions sur-estimées par rapport à celles des propriétaires, supposées ici plus favorisées.

Tableau 6 : comparaison des estimations de l'exposition des femmes de la cohorte avec ou sans prise en compte de la mobilité

	<i>Différence entre estimations du modèle 1 et 2</i> <i>Y</i>
Situation (ref= Célibataire) :	
Marié(e) / vivant maritalement / pacs	-3.686** [-7.066, -0.306]
Nombre de grossesse (ref = 0) :	
1 grossesse	0.414 [-1.912, 2.740]
2 grossesses ou plus	-5.938*** [-8.887, -2.990]
Diplôme (ref= Supérieur long) :	
Baccalauréat, CAP, BEP ou moins	-3.254** [-6.429, -0.078]
Supérieur court : Bac +1 à 3 (type DUT, BTS, Licence...)	1.215 [-1.505, 3.934]
Autre	-2.432 [-9.018, 4.153]
Statut d'habitation (ref= Propriétaire) :	
Locataire ou sous / co locataire	4.640*** [1.938, 7.342]
Logé gratuitement (parents, amis. . .)	1.804 [-3.008, 6.617]
Âge	-0.477*** [-0.749, -0.204]
Poids	-0.114*** [-0.184, -0.045]
Constant	23.187*** [12.542, 33.831]
Observations	195
R ²	0.322
Adjusted R ²	0.285
Residual Std. Error	6.926 (df = 184)
F Statistic	8.732*** (df = 10; 184)

Note : Table réalisée grâce à stargazer. Les IC sont à 95%

*p<0.1 ; **p<0.05 ; ***p<0.01

Ce travail a fait l'objet d'une publication accepté dans le *Open Journal of Statistics*

Simoncic V, Pozzar M, Enaux C, Deguen S, Kihal-Talantikite W. Optimisation and Process Design Tools for estimation of weekly exposure to air pollution integrating travel patterns during pregnancy. *Open Journal of Statistics*, 2022;12:408–32.

Nuisances sonores

La figure 6 et 7 synthétise la distribution spatiale de différents indicateurs retenus à savoir :

- La moyenne énergétique et arithmétique de l'exposition au bruit (Lden en dB(A)) pondérée par la population par IRIS ;
- La moyenne énergétique et arithmétique de l'exposition au bruit (Lden en dB(A)) en fonction du type de bâtiment (enseignement, santé et habitations).

Analyse géographique de la nuisance sonore

Quelques soit l'indicateur d'exposition, la spatialisation des niveaux d'exposition au bruit met en évidence un contraste entre le centre-ville de Strasbourg et les 2 couronnes en périphérie de Strasbourg sans traduire un gradient centre-périphérie bien délimité. Les IRIS qui présentent des niveaux d'exposition au bruit les plus élevés sont localisés principalement au centre de Strasbourg (69%) et une partie de ceux en 1^{ère} couronne. A l'inverse les IRIS en 2^{ème} couronne et une partie des IRIS de la 1^{ère} couronne présente des niveaux d'exposition moyens et faibles.

Figure 6 : Répartition des IRIS et de leur population selon les niveaux de bruit (classée selon de seuil de jenks)

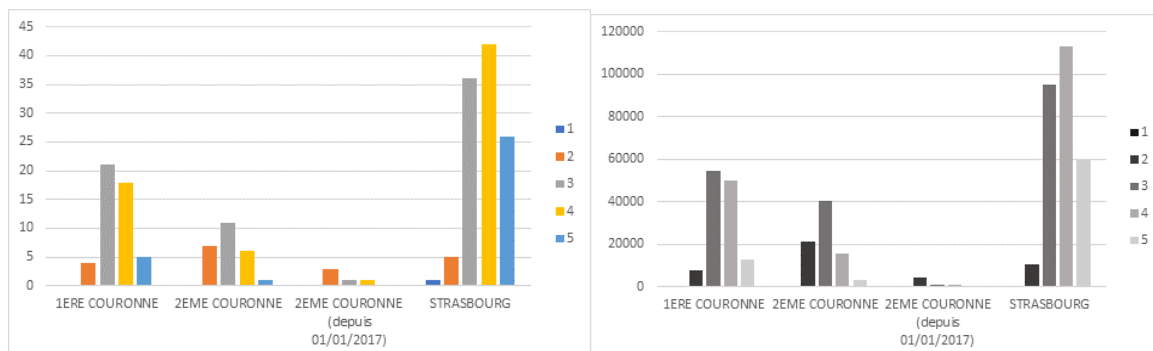
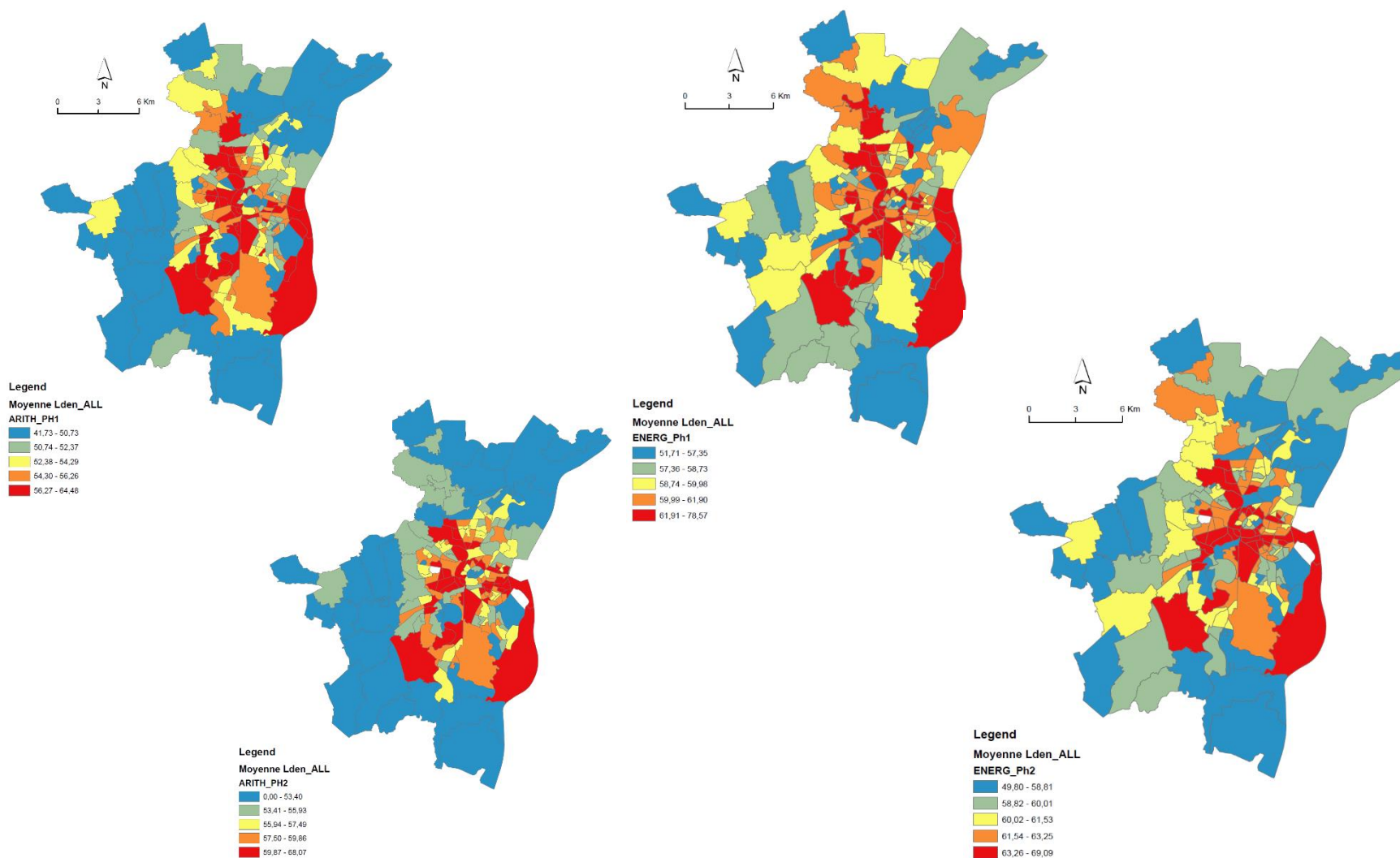


Figure 7 : Distribution spatiale des indicateurs de bruit sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg



b) Caractérisation de l'offre de soins

Concernant les 910 médecins exerçant en libéral, 80.5% d'entre eux sont conventionnés en secteur 1 sur l'Eurométropole de Strasbourg et 16.8 % en secteur 2 (secteur de convention non retrouvé pour 2.7%). Les sages-femmes sont les seules professionnelles entièrement conventionnées en secteur 1. La majorité des gynécologues (77.4%) est conventionnée en secteur 2 ; à contrario les médecins généralistes le sont majoritairement en secteur 1 (88.6%) (Tableau 7).

Le tableau 8 décrit la répartition des professionnels de santé exerçant en libéral par type de secteur de convention.

Tableau 7 : Répartition des effectifs par spécialités retenues sur l'Eurométropole de Strasbourg sur la période 2014-2018

Spécialités	Effectifs	%
Gynécologie-obstétrique	120	6.7
Libérale	84	70
Activité hospitalière	35	29.1
PMI	1	0.9
Médecine générale	1157	64.1
Libérale	759	65.6
Activité hospitalière	223	19.3
PMI	22	1.9
Sans activité clinique	153	13.2
Pédiatrie	155	8.5
Libérale	67	43.2
Activité hospitalière	77	49.6
PMI	7	4.5
Sages-femmes	374	20.7
Libérale	45	12
Activité hospitalière	303	81
Mixte	28	7
TOTAL	1806	100

PMI protection maternelle et infantile

Tableau 8 : Répartition des professionnels de santé exerçant en libéral par type de secteur de conventionnement

Spécialités	Secteur de conventionnement	%
Gynécologues	c1	21.4
	c2	77.4
	NC	1.2
'Médecins généralistes	c1	88.6
	c2	8.4
	NC	3
Pédiatre	c1	62.7
	c2	35.8
	NC	1.5
Sages-femmes	c1	100
	c2	0
	NC	0

C1 secteur 1- C2 secteur2- NC non communiqué

L'existence d'une offre de soins sans dépassement d'honoraire est un facteur d'accès aux soins d'autant plus important pour l'assuré à faibles revenus. De plus, la grossesse est un épisode de soins important dans la vie d'une femme comme les premiers mois de vie d'un enfant, ce qui peut entraîner des dépenses ou des avances de frais médicaux importants et lourds à assumer pour des populations à bas revenus. Les inégalités d'accès aux soins vont jouer différemment sur les publics qui y sont les plus exposées. Ce qui doit conduire à mesurer la densité de professionnels en secteur 1 par rapport, non pas à la seule population générale, mais aussi à la population à bas revenus (42). Les gynécologues étant à 77.4% en secteur 2, ceci peut constituer un frein à l'accès aux soins pour les femmes à bas revenus ou bénéficiaires de CMU sur le territoire. Il serait intéressant avec les données du recours aux urgences obstétricales de l'hôpital d'analyser les trajectoires de soins. De plus, on observe une concentration importante sur la ville de Strasbourg, l'accessibilité pour les personnes résidant dans la première et la deuxième couronne de l'Eurométropole de Strasbourg, peut être un frein qu'il reste à explorer.

Les sage-femmes sont toutes en secteur 1. Sur l'Eurométropole, on remarque qu'il existe des inégalités dans la répartition de la densité des sage-femmes, mais les résultats sont à interpréter au regard de l'implantation des maternités qui sont présentes dans les IRIS où la densité de population est importante et supérieure à 1.97 pour 1000 femmes. Les sage-femmes sont des acteurs incontournables dans la réduction des inégalités d'accès aux soins. Le conseil national des sage-femmes recommandait dans ses propositions pour la stratégie nationale de santé en 2016 que la sage-femme soit le professionnel de santé de premier recours pour le suivi médical des patientes tout au long de leur vie permettant la prise en charge à 100 % des soins par l'Assurance maladie. « L'orientation directe de la patiente par une sage-femme vers un professionnel de santé vise ainsi à fluidifier le parcours de soins des femmes. L'objectif est de faciliter le suivi et la prise en charge des femmes en coordonnant l'action des professionnels de santé et en contribuant à la réduction des dépenses publiques de santé. »(43). Des actions de sensibilisation et d'information sur le parcours de soins lors d'une grossesse et tout au long du suivi gynécologique des femmes pourraient être envisager notamment dans les quartiers prioritaires de la ville (QPV).

L'évaluation de l'accessibilité géographique des soins de santé dans les zones résidentielles fournit des informations cruciales aux politiques publiques. La méthode traditionnelle que nous avons effectuée (densité et déplacement le plus court) n'offre qu'une vue unidimensionnelle de l'accessibilité.

Toutefois, on peut noter que l'accessibilité et l'accès aux soins doit être exploré avec des dimensions relatives comme les perceptions du public, les comportements et la qualité de service pour avoir une analyse complète. Par exemple, dans l'enquête nationale périnatale, l'entretien prénatal précoce (EPP), dispositif de soins dans le parcours d'une grossesse, est plus répandu en 2016 qu'en 2010, mais ne concerne encore que 28,5 % des femmes, avec des disparités géographiques très fortes, montrant un investissement inégal des régions ou des réseaux de santé en périnatalité dans l'organisation des entretiens (28). De plus, seulement 35,3 % des femmes ont effectué une consultation pré-conceptionnelle

conseillée depuis 2009 par la Haute autorité de santé pour toutes les femmes désirant une grossesse. Les facteurs comportementaux et la perception du bienfait de ce suivi peuvent être des variables explicatives sur la faiblesse de ce résultat.

c) *Caractérisation de l'environnement socio-économique*

Les IRIS s'organisent autour de l'axe horizontal F1 : le plus à gauche de l'axe se situent les IRIS avec les indices de précarité socio-économique les plus faibles (revenu très élevé, très faibles taux de chômage, d'inactivité, de logement sociaux...) ; le plus à droite de l'axe se positionnent les IRIS qui présentent les indices de précarité les plus forts (très faible revenu, très forts taux de sans diplôme, d'inactivité, de logement sociaux...). La forme en parabole du nuage d'IRIS, illustrée par la courbe en figure 9, traduit un léger effet de l'axe F2 (effet Guttman) qui ne modifie pas significativement les positions relatives des IRIS autour de l'axe principal (F1) (Figure 9).

L'axe F1 résume à lui seul 85% de l'information contenue dans le tableau de données initiales, il rend compte avec une forte robustesse statistique de la hiérarchisation socio-économique des IRIS du territoire. Ce travail de typologie réalisé par l'Eurométropole de Strasbourg, nous permet d'identifier la valeur d'indice la plus faible observée au sein de l'IRIS Bon Pasteur du quartier Orangerie (Id=3,4) et la valeur la plus élevée observée au sein de l'IRIS Marschallof du quartier Neuhof (Id=8,4) (Cf : la figure 9 ci-dessous décrit la répartition spatiale de l'indicateur calculé).

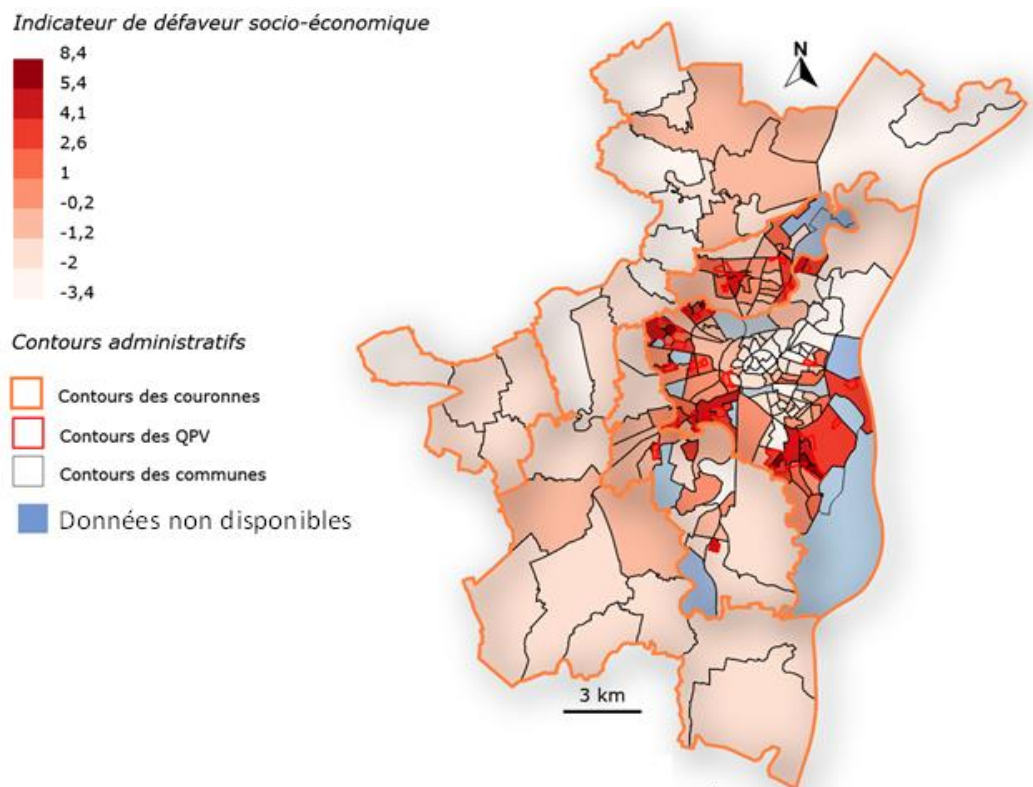


Figure 8 : Distribution spatiale de la précarité socioéconomique sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

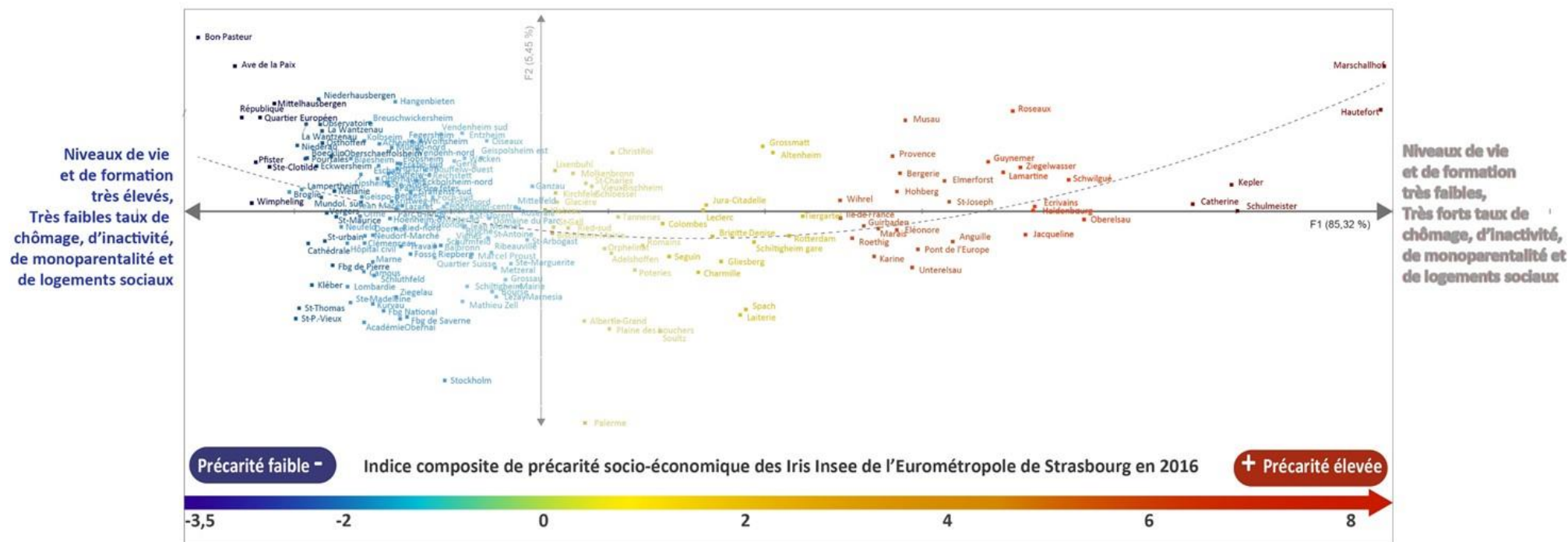


Figure 9 : Répartition de l'indicateur socioéconomique

d) Caractérisation des aménités environnementales

Espaces verts

Les catégories qui ont été retenues sous la dénomination « espaces verts » sont les suivantes : les forêts, les espaces verts, les jardins familiaux, les parcs, ainsi que dans une catégorie « autres » des étendues de verdure spécifiques constituées par exemple par des stations techniques ou des terrains dédiés à certaines activités.

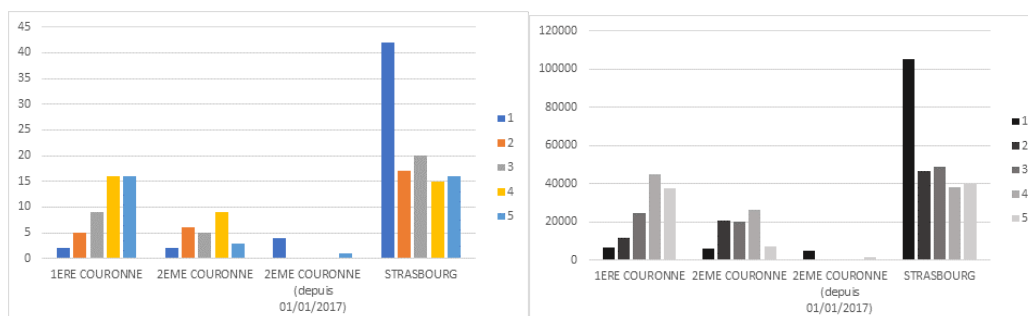
Ont été exclus les cimetières, les aéroports et les complexes sportifs. Un travail conséquent sur les bases fournies par les services espaces verts de l'euro métropole de Strasbourg a été réalisé par un stagiaire de la Faculté de la géographie de Strasbourg en collaboration avec les services des espaces verts et géomatique de l'Eurométropole de Strasbourg.

Pour la thématique des espaces verts, plusieurs indicateurs ont été construits, à savoir :

- La part de la population (proportion par IRIS) résidant à proximité (300 mètres) d'au moins un, 2, 3, 4 et 5 espaces verts ;
- La part de la population (proportion par IRIS) résidant dans un rayon d'attraction d'au moins un espace vert.
- La part (en %) de la surface des espaces verts dans la surface totale de l'IRIS ;

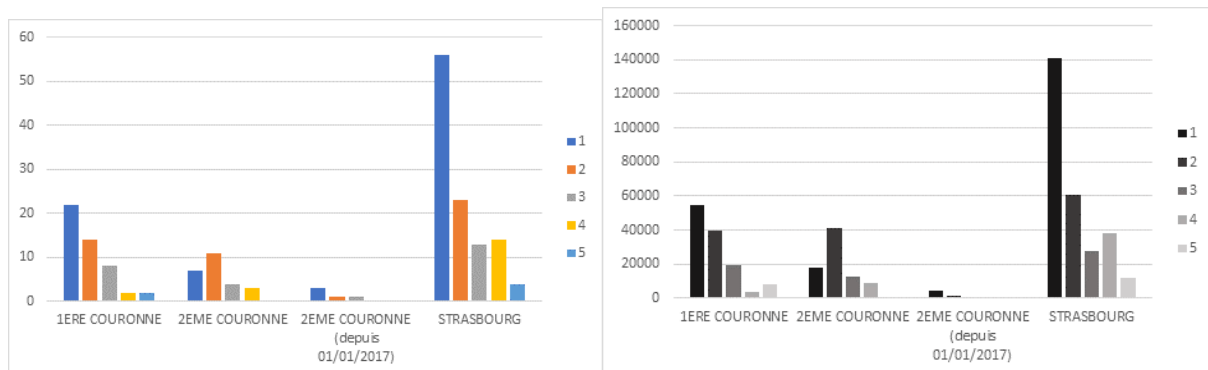
La figure 10 révèle très clairement le gradient inverse si l'on compare les IRIS de la première couronne et ceux de la ville de Strasbourg. En effet, alors que le nombre d'IRIS résidant à proximité d'au moins 5 espaces verts est maximum pour les IRIS de la première couronne, il est minimum pour les IRIS de la ville de Strasbourg.

Figure 10 : Répartition des IRIS et de leur population résidant à proximité d'au moins un, 2, 3, 4 et 5 espaces verts



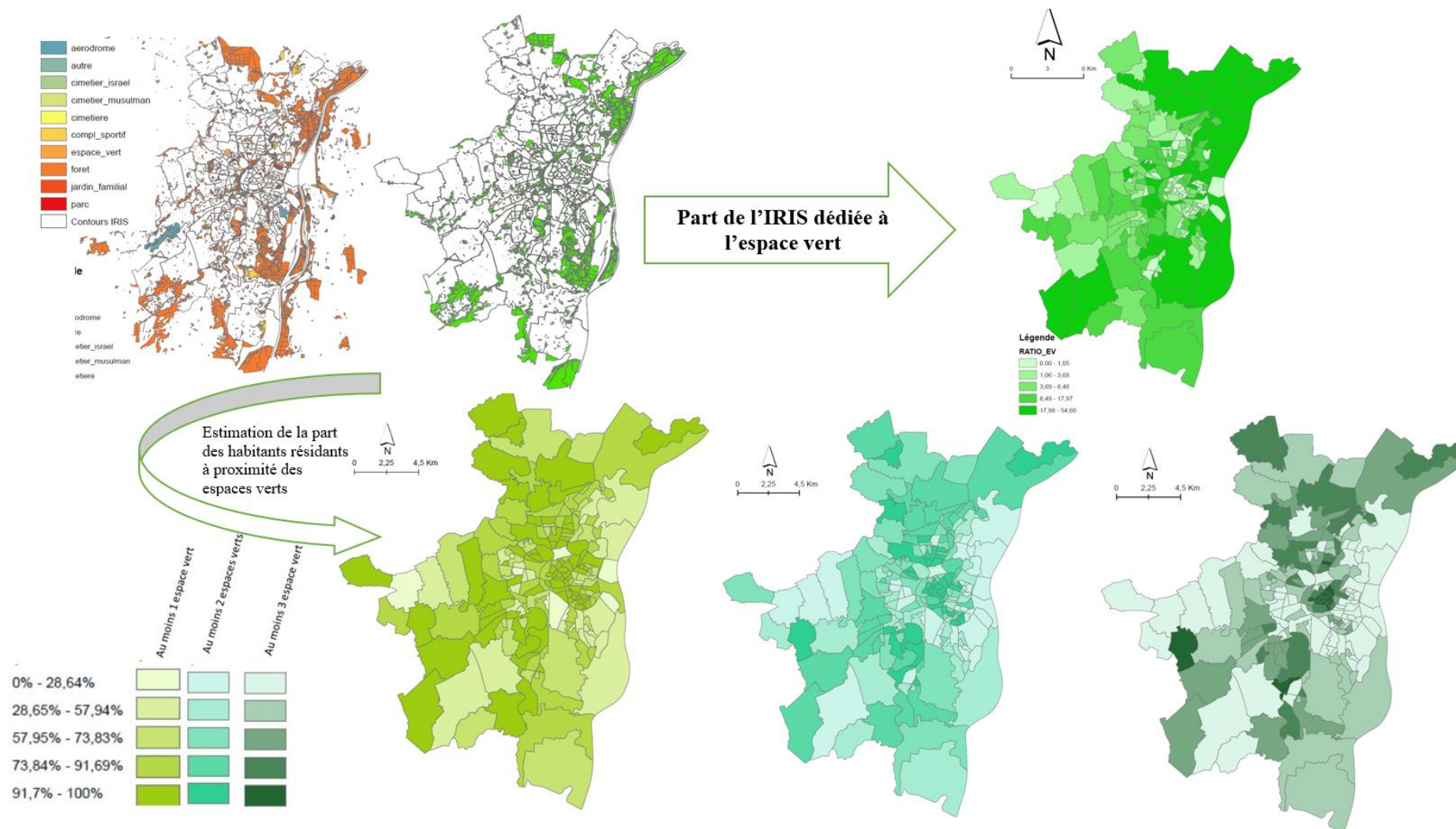
Alors que les proportions d'espaces verts sont les plus élevées dans IRIS de la première couronne ; ces proportions diminuent logiquement dans les IRIS de Strasbourg, plus densément peuplés et plus urbanisés (Figure 11).

Figure 11 : Répartition des IRIS et de leur population selon la proportion d’espaces verts (classée selon de seuil de jenks)



La figure 12 résume la distribution spatiale des différents indicateurs d’espaces verts à l’échelle de l’IRIS.

Figure 12 : caractérisation de l'attractivité des espaces verts sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg



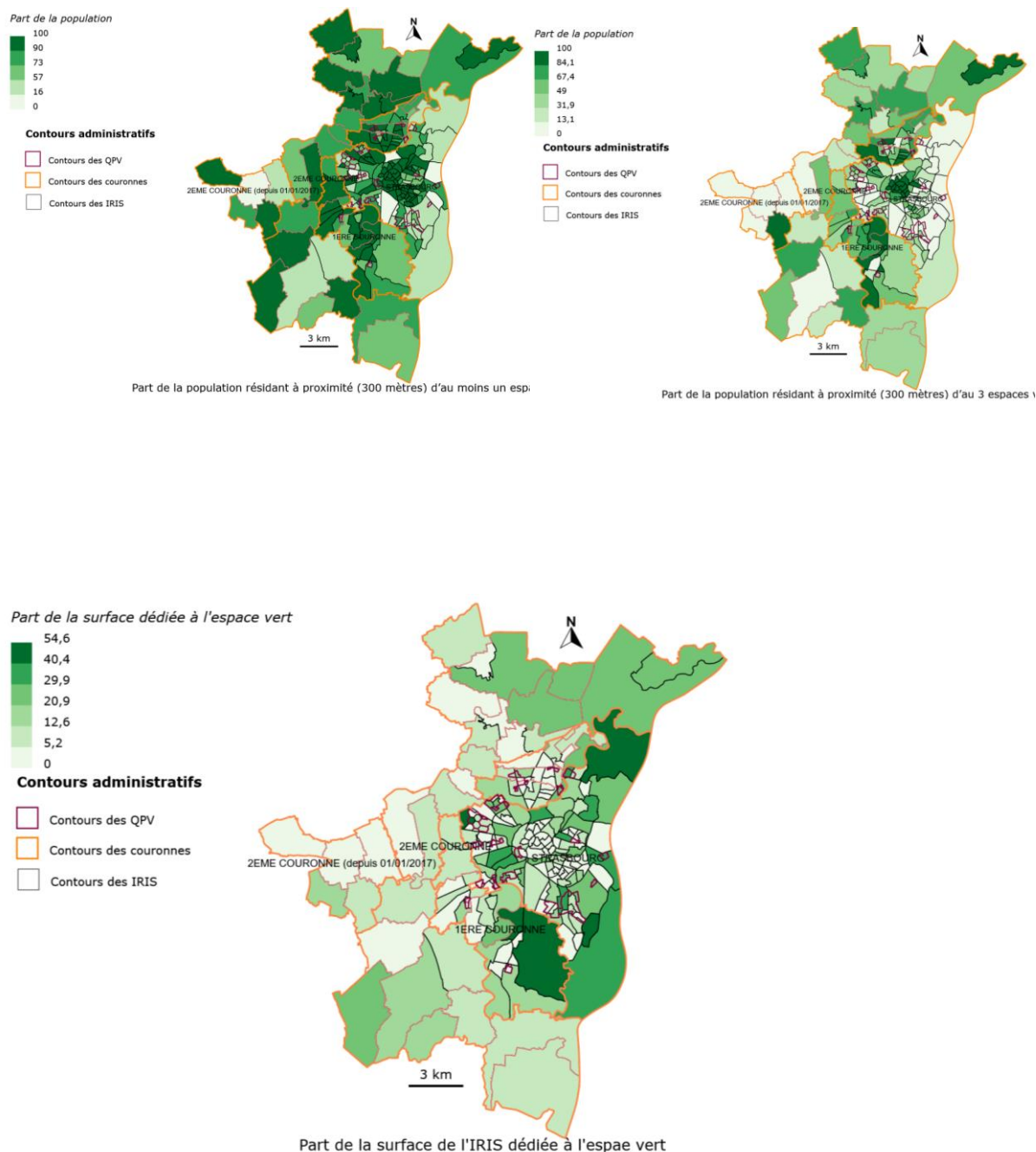


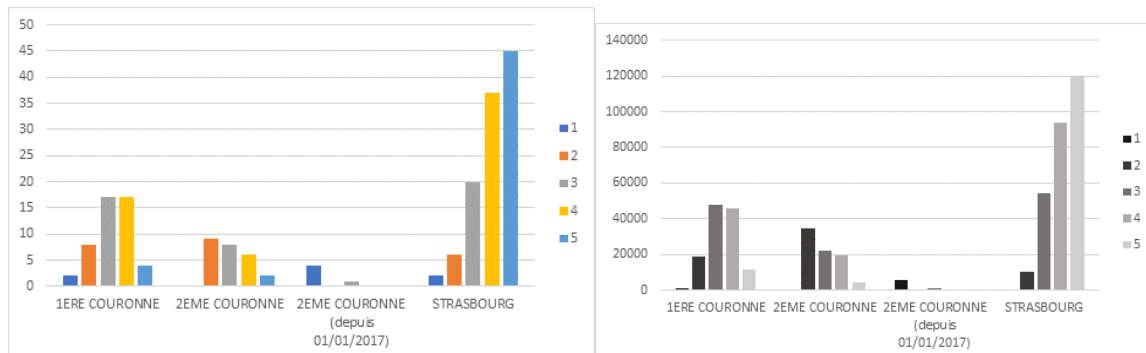
Figure 13 : Part de la population résidant à proximité d'espaces verts sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

En termes d'espaces verts, le territoire de l'euro métropole de Strasbourg se caractérise par une offre multiple et variée allant de nombreux espaces verts de tailles diverses disséminés sur le territoire, à des forêts étendues comme par exemple au nord-est de Strasbourg (forêts de La Wantzenau et de la Robertsau) ou dans le sud de la ville-centre avec la forêt du Neuhof empiétant sur le sud de Strasbourg et Illkirch-Graffenstaden.

Desserte en transports en commun

Alors que les $\frac{3}{4}$ des IRIS de Strasbourg (correspondant à environ 75% de la population de Strasbourg) ont un niveau de desserte en transports en commun élevé ou très élevé, le niveau de desserte est quant à lui de niveau moyen dans les IRIS de la 2^{ème} Couronne. Seulement 45% de la population des IRIS composant la 1^{ère} couronne ont un niveau de desserte en transports en commun élevé ou très élevé.

Figure 14 : Répartition des IRIS et de leur population selon le niveau de desserte en transports en commun (classée selon de seuil de jenks)



La figure 15 résume la distribution spatiale de différents indicateurs de desserte en transport en commun : proximité à au moins 1, 2 ou 3 arrêts de transports en commun. Alors qu'une majorité d'IRIS et de population ont accès à au moins un arrêt de transport en commun (excepté quelques IRIS localisés aux extrémités de la 2^{ème} couronne de l'euro métropole de Strasbourg), la proportion d'IRIS et de population ayant un accès à au moins 3 arrêts de transport en commun diminue très nettement. ; plus particulièrement, la distribution spatiale de la proportion de la population ayant accès à au moins 3 arrêts de transports en commun suit très clairement les lignes de transports en commun.

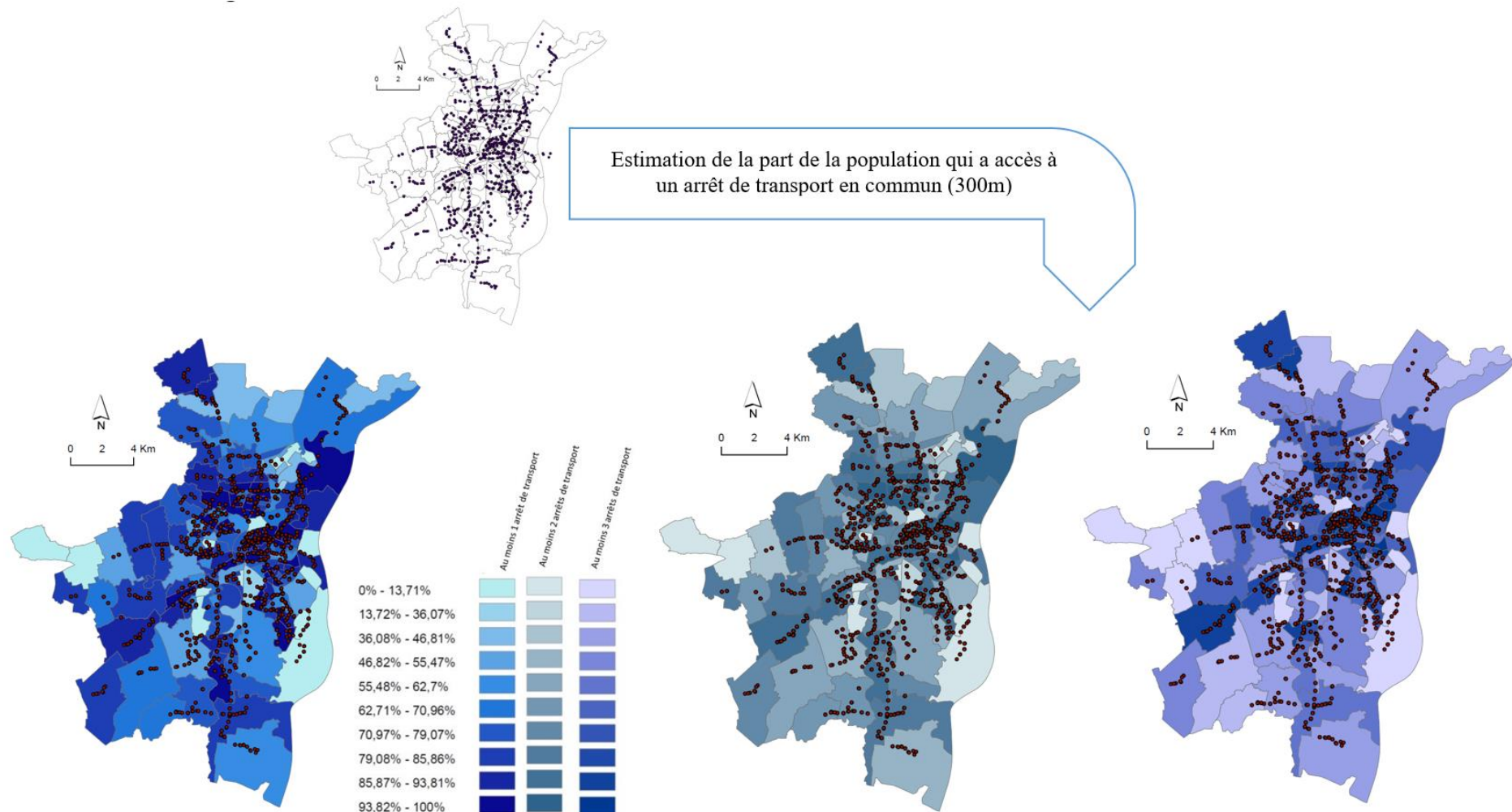


Figure 15 : Distribution spatiale des indicateurs du niveau de desserte en transports en commun : proximité à au moins 1 arrêt, 2 arrêts, et 3 arrêts de transport en commun

Commerces de proximité

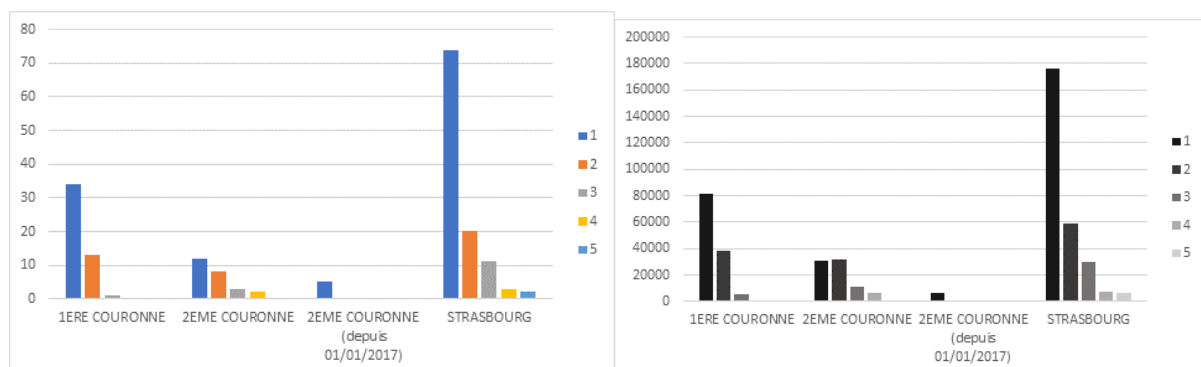
Les deux indices calculés, à partir des données 2019 de la base Sirene et de la liste des commerces de proximité de l'Eurométropole de Strasbourg, pour caractériser les commerces de proximité sont :

- Niveau d'équipement en commerces de proximité selon la rareté (indice)
- Niveau d'équipement en commerces de proximité selon la diversité (indice)

La figure 16 et 17 présentent la distribution et la spatialisation des deux indices. L'interprétation de ces indices doit être effectuée avec une grande prudence au regard de la présence d'une offre en commerces de proximité divers concentrée dans des zones commerciales existant depuis le milieu des années soixante-dix et en constante extension et réaménagement sur le territoire.

Les indices de rareté et de diversité ont été calculés pour les commerces de proximité, mais la proximité de zones commerciales nord et sud sur le territoire et de commerces dans la ville-centre est prépondérante à la compréhension de la logique de répartition de ces commerces.

Figure 16 : Répartition des IRIS et de leur population selon la proximité aux commerces (classée selon de seuil de jenks)



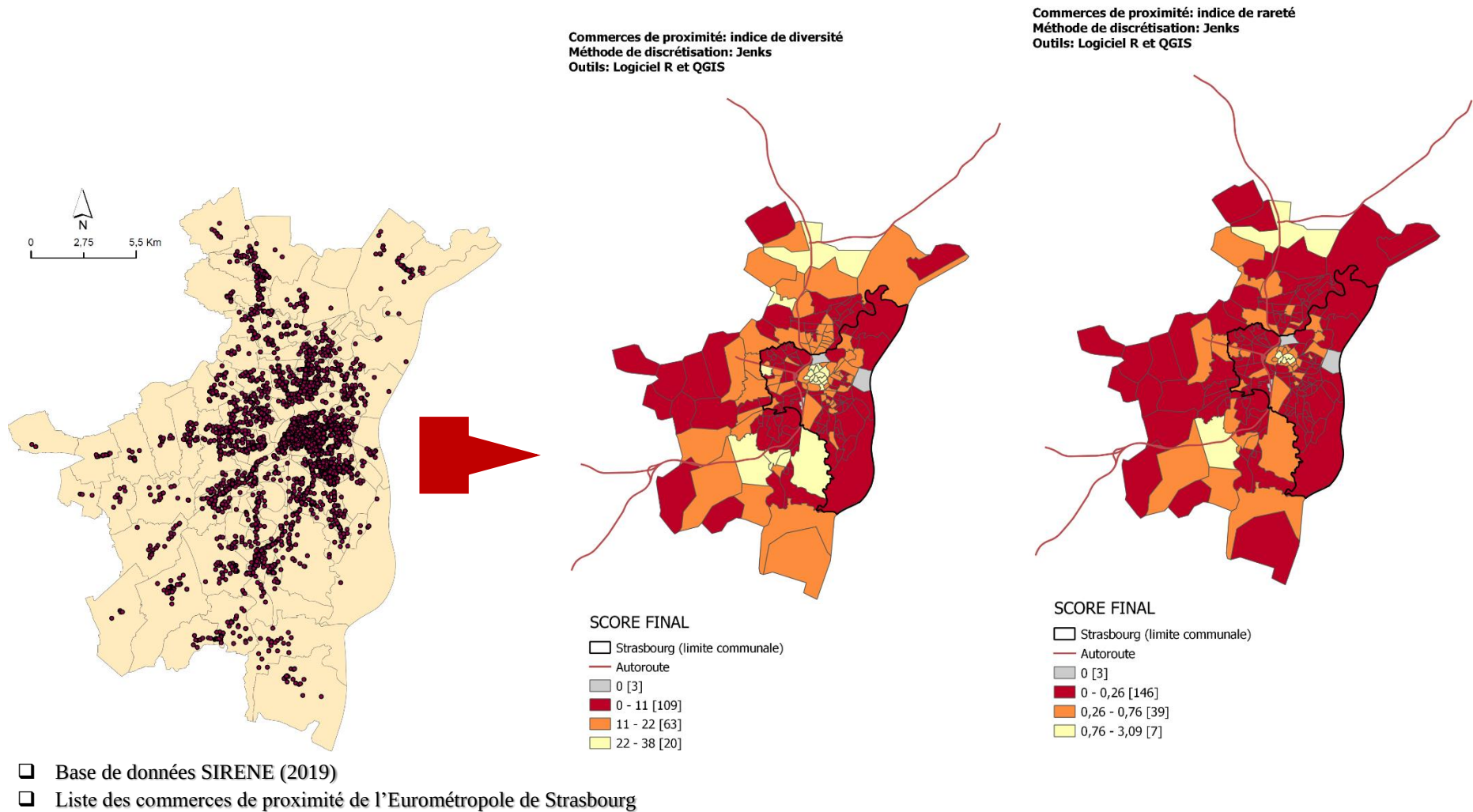


Figure 17 : Distribution spatiale du Niveau d'équipement en commerces de proximité selon la diversité (indice) et du niveau d'équipements selon la rareté (Davies)

Accès aux équipements sportifs :

A partir de la localisation des équipements sportifs sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, nous avons estimé plusieurs indicateurs :

- Distance au plus proche équipement sportif
- Nombre d'équipements sportifs pour 1000 Femmes
- Disponibilité des équipements sportifs
- Nombre d'équipements sportifs pour 1000 personnes
- Le pourcentage des habitants résidant à 500 m d'au moins un équipement sportif

Quelques soit l'indicateur estimé pour décrire l'offre en équipement sportif, la répartition géographique des indices (figure 18, 19, 20) et la spatialisation des indices (figure 21) révèlent un net contraste entre le centre-ville de Strasbourg et les 2 couronnes de la périphérie de l'Eurométropole de Strasbourg avec un fort gradient centre-périphérie. Les IRIS du centre-ville de Strasbourg présentent une très forte offre en équipements sportifs en comparaison aux IRIS de la 2^{ème} couronne qui présentent les plus faibles niveaux d'offre en équipements sportifs. Ces résultats sont un peu plus nuancés avec la prise en compte de la population, en l'occurrence dans l'analyse du nombre d'équipements sportifs pour 1000 femmes ou bien le pourcentage des habitants résidant à 500 m d'au moins un équipement sportif.

On note un nombre important d'IRIS en 1^{ère} couronne qui décrivent une bonne répartition de l'offre en équipements sportifs en comparaison à l'indice de disponibilité.

Figure 18 : Répartition des IRIS et de leur population selon le niveau d'accès aux équipements sportifs (classée selon de seuil de jenks)

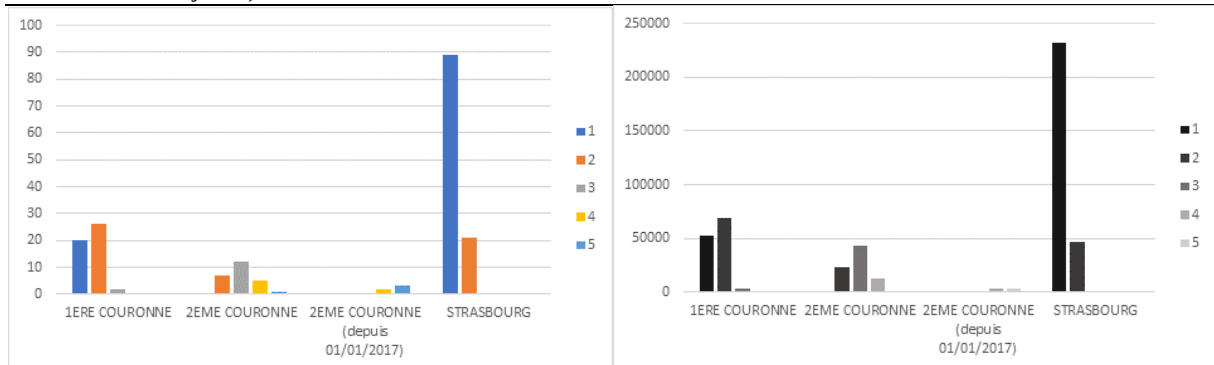


Figure 19 : Répartition des IRIS et de leur population selon nombre d'équipements sportifs pour 1000 Femmes (Classée selon de seuil de jenks)

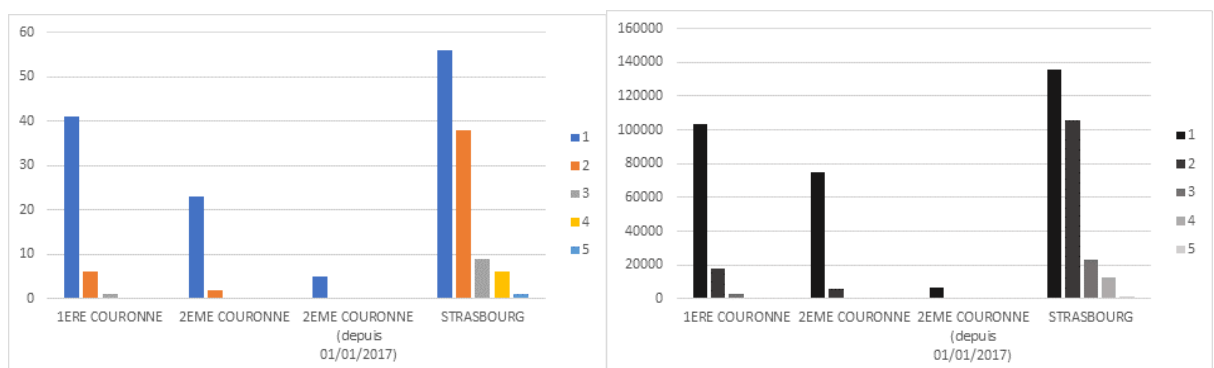
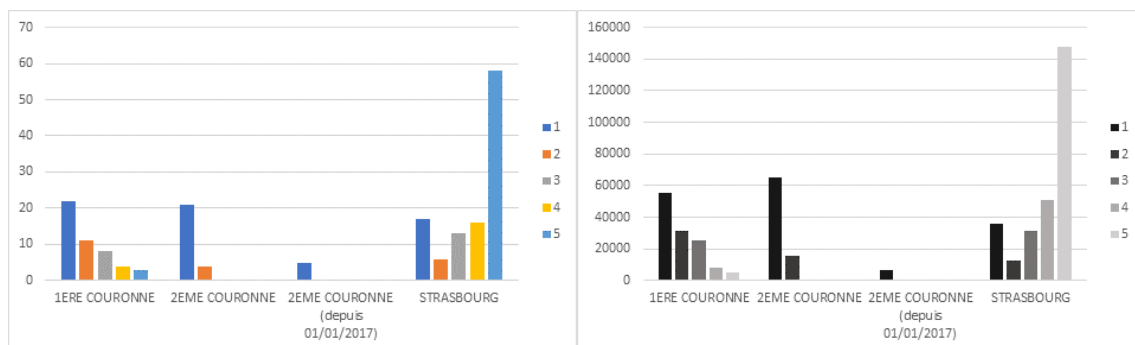


Figure 20 : Répartition des IRIS et de leur population selon le pourcentage des habitants résidant à 500 m d'au moins un équipement sportif (classée selon de seuil de jenks)



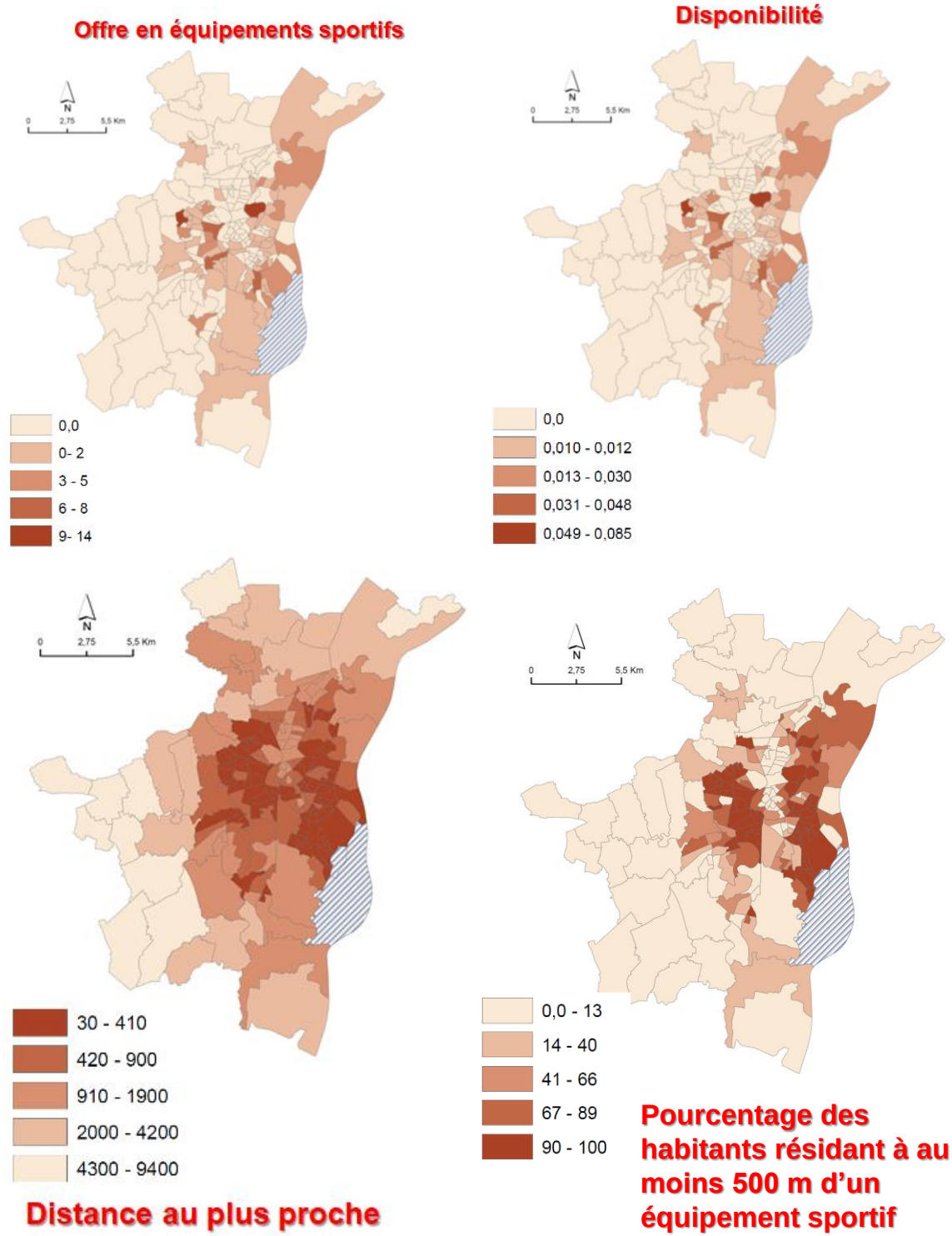


Figure 21 : Distribution spatiale à l'échelle de l'IRIS de l'offre d'équipements sportifs, de sa disponibilité, de la distance au plus proche équipement sportif et du pourcentage des habitants résidant à au moins 500m d'un équipement sportif.

B - Analyse des inégalités environnementales

a) Caractérisation des profils environnementaux du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Analyse environnementale multi-dimensionnelle

L'analyse factorielle suivi d'une classification nous a permis d'identifier 5 profils environnementaux combinant des données caractérisant les aménités environnementales ainsi que les nuisances environnementales.

Les profils identifiés mettent en lumière une spécificité du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg avec un contraste bien marqué en les aménités environnementales et les nuisances environnementales.

Les 37 IRIS avec un profil classé « 5 » qui présentent les plus forts cumuls de nuisances environnementales (bruit et pollution) sont caractérisés par les plus forts niveaux aménités environnementales incluant une très bonne attractivité aux espèces verts et une très bonne desserte en transports en commun.

Les 71 IRIS avec un profil classé « 4 » qui présentent de fort cumul de nuisances environnementales (bruit et pollution) sont aussi caractérisés par de forts niveaux aménités environnementales incluant une bonne attractivité aux espèces verts et une bonne desserte en transport en commun et une **accessibilité moyenne aux équipements sportifs.**

A l'inverse :

- Les 16 IRIS avec un profil classé « 1 » qui présentent les plus bas niveaux d'aménités environnementales incluant les plus faibles niveaux d'attractivité aux espèces verts et les plus faibles niveaux de desserte en transports en commun sont caractérisés par les niveaux les plus bas de nuisance environnementales (bruit et pollution).
- Les 53 IRIS avec un profil classé « 2 » qui présentent de faibles niveaux d'aménités environnementales incluant de faibles niveaux d'attractivité aux espèces verts et faibles niveaux de desserte en transports en commun et les plus faibles niveaux d'accessibilité aux équipements sportifs sont caractérisés par des niveaux bas de nuisances environnementales (bruit et pollution).
- Enfin, 11 IRIS avec le profil classé « 3 » dit profil « moyen » présentent des niveaux moyens en termes d'aménités environnementales, incluant des niveaux moyens d'attractivité aux espèces verts et des niveaux moyens de desserte en transport en commun et les plus faibles niveaux d'accessibilité aux équipements sportifs et de nuisances environnementales (bruit et pollution de l'air).

Tableau 9 : Caractérisation des profils environnementaux

	Nuisances	Aménité environnementales			Nombre IRIS	Population
	Pollution/ Bruit	Attractivité des espaces verts	Desserte en transport en commun	Accessibilité équipement sportif		
Profile 1	--/--	- -			16	29724,85872
Profile 2	-/-	-			53	158025,2046
Profile 3	Moyen/moyen	Moyen/moyen			11	24018,55981
Profile 4	+ /+	Moyen	Moyen	+ +	71	184318,6882
Profile 5	++/++	++			37	90466,17228
		++	++	+		

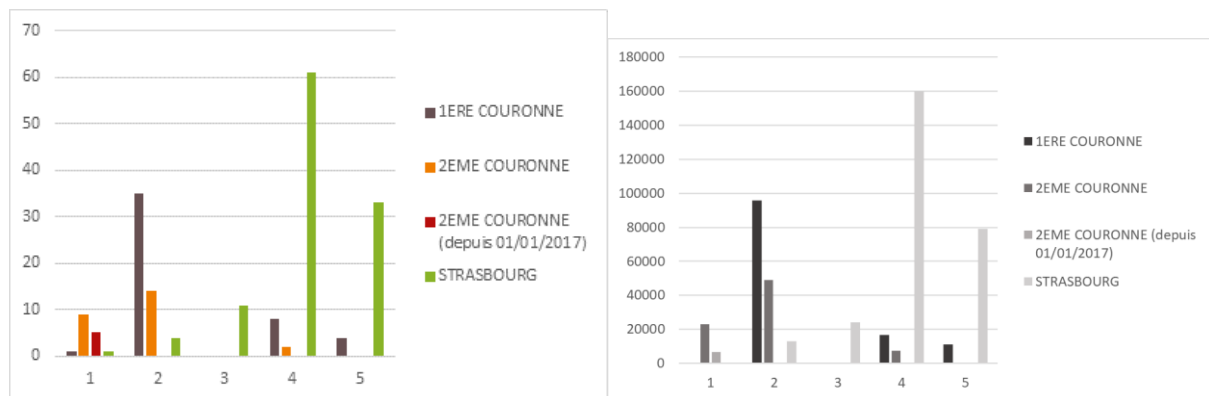


Figure 22 : Répartition des IRIS et leur population selon le profil environnemental sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg (classée selon de seuil de jenk)

Analyse géographique des profils environnementaux

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils de nuisances environnementales défavorables et favorable aux aménités environnementales se situent principalement dans les quartiers de Strasbourg et quelques quartiers de la 1^{ère} Couronne (Eckbolsheim, Lingolsheim, Ostwald, Bishheim Ouest, Illkirch - Nord-Ouest / Est et centre/sud et Libermann, Hoenheim, Schiltigheim sud/ouest) et 2 quartiers de la 2^{ème} couronne (Mundolsheim et Eschau).

Alors que les IRIS présentant des profils de faibles niveaux d'aménités environnementales et très peu de nuisances environnementales se situent principalement dans les quartiers de la 1^{ère} couronne et de la 2^{ème} couronne et 4 quartiers de Strasbourg (ZA Port du Rhin, Koenigshoffen, Meinau-ZA plaine des Bouchers).

Les IRIS présentant des profils moyens en termes de nuisances et d'aménités environnementales se situent uniquement dans les quartiers de la commune de Strasbourg (Figure 22).

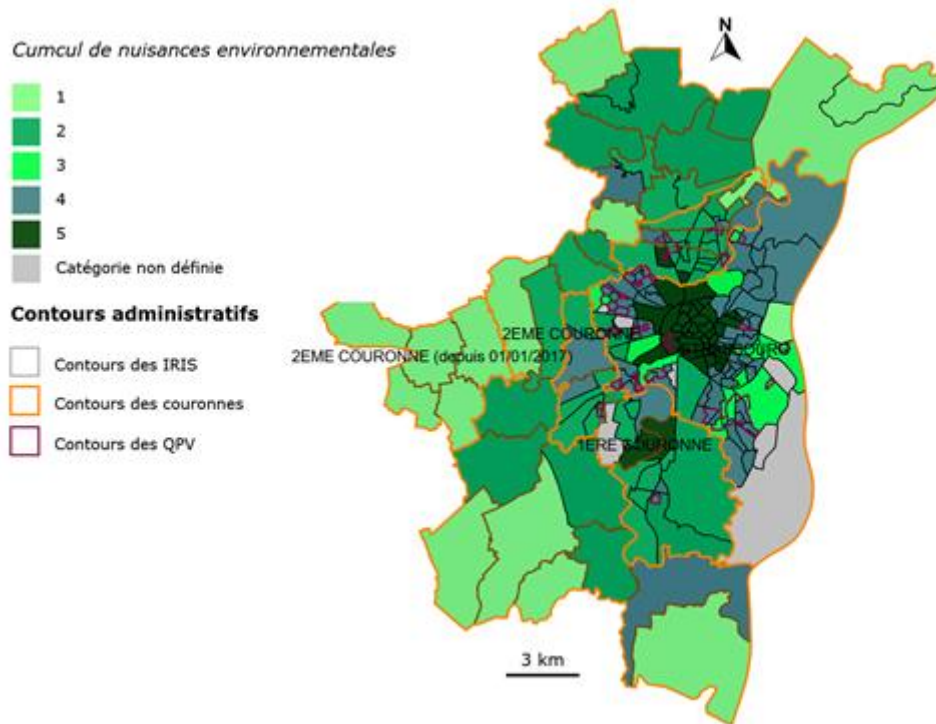


Figure 23 : Distribution spatiale des classes de cumul de nuisances environnementales

Analyse du contexte de vie (Aménités environnementales, Nuisances, Offre de soins)

L'analyse factorielle suivie d'une classification nous a permis d'identifier 4 profils qui décrivent le contexte de vie des femmes de l'Eurométropole de Strasbourg combinant des données caractérisant les aménités environnementales, les nuisances environnementales et l'offre de soins (Tableau 10).

La prise en compte de l'ensemble des caractéristiques du contexte de vie de l'Eurométropole de Strasbourg qui influence de près ou de loin les conditions de grossesse, de naissance et les premières années de vie des nouveau-nés permet de mettre en évidence 4 profils contextuelles bien contrastés.

Les 10 IRIS avec un profil classé « 4 » qui présentent les plus forts cumuls de nuisances environnementales (bruit et pollution) sont caractérisés par les plus forts niveaux d'aménités environnementales incluant une très bonne attractivité aux espèces vertes et une très bonne desserte en transports en commun et un bon accès à l'offre de soins

Les 125 IRIS avec un profil classé « 3 » qui présentent de forts cumuls de nuisances environnementales (bruit et pollution) sont aussi caractérisés par de forts niveaux d'aménité environnementales incluant une bonne attractivité aux espèces vertes et une bonne desserte en transports en commun et une **accessibilité faible aux équipements sportifs et un accès moyen à l'offre de soins.**

Au l'inverse :

- Les 33 IRIS avec un profil classé « 1 » qui présentent les plus bas niveaux d'aménités environnementales incluant les plus faibles niveaux d'attractivité aux espèces vertes et les plus

faibles niveaux de desserte en transports en commun sont caractérisés par les niveaux les plus bas de nuisances environnementales (bruit et pollution) et l'accès à l'offre de soins les plus bas.

- Les 20 IRIS avec un profil classé « 2 » qui présentent de faibles niveaux d'aménités environnementales incluant de faibles niveaux d'attractivité aux espaces verts et faibles niveaux de desserte en transports en commun et un niveau d'accessibilité aux équipements sportifs moyen sont caractérisés par les niveaux bas de nuisances environnementales (bruit et pollution) et les niveaux d'accès à l'offre de soins les plus élevés.

Tableau 10 : Caractérisation des profils combinant nuisances et aménités environnementales

	Nuisances		Aménités environnementales		Offre de soins	Nombre IRIS	Population
	Pollution/ Bruit	Attractivité des espaces verts	Desserte en transports en commun	Accessibilité équipements sportifs			
Profil 1	--	--	--	--	--	33	88762
Profil 2	-	-	-	-	++	20	46824
Profil 3	+	+	+	Moyen	Moyen	125	325101
Profil 4	++	++	++	+	+	10	25866

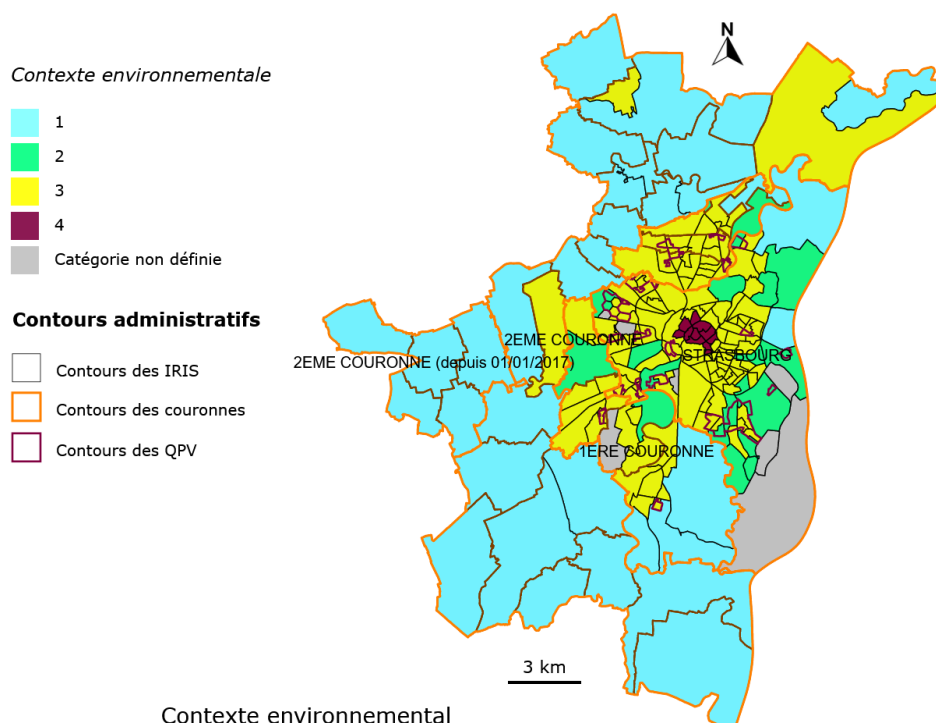


Figure 23 : Distribution spatiale des classes de cumul de nuisances environnementales

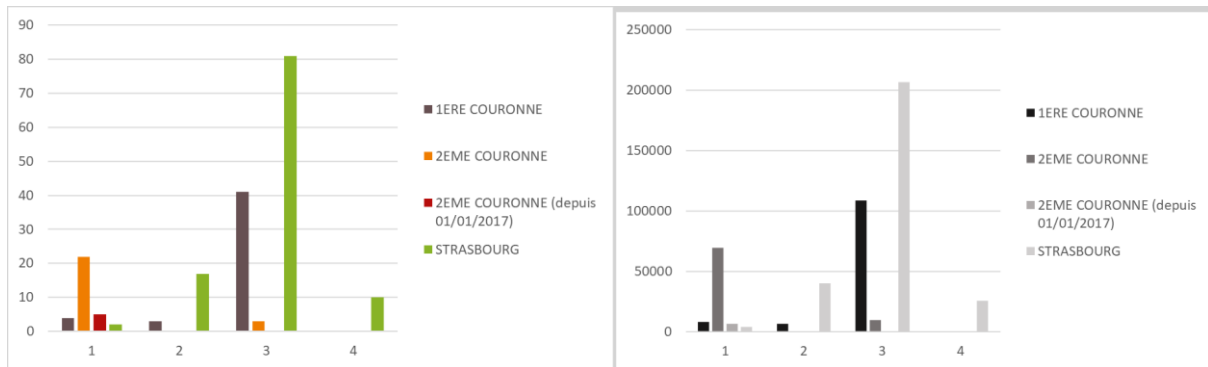


Figure 24 : Répartition des IRIS selon le contexte de vie et leur densité de population sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

Analyse géographique du contexte de vie :

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils de très faibles niveaux d'aménités environnementales et très peu de nuisances environnementales avec un accès très faible à l'offre de soins (profil 1) se situent principalement dans les quartiers de 2^{ème} couronne et quelques quartiers dans la 1^{ère} couronne et de la ville Strasbourg.

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils avec de faibles nuisances environnementales et de faibles niveaux d'aménités environnementales avec un accès très élevé à l'offre de soins (profil 2) se situent principalement dans les quartiers de Strasbourg et quelques quartiers dans la 1^{ère} couronne.

Alors que les IRIS présentant de fortes nuisances environnementales et de forts niveaux d'aménités et un accès moyen à l'offre de soins (profil 3) se situent principalement dans les quartiers de la 1^{ère} couronne et de la ville de Strasbourg, et quelques quartiers de la 2^{ème} couronne.

Alors que les IRIS présentant de très fortes nuisances environnementales et de très forts niveaux d'aménités et un bon accès à l'offre de soins (profil 4) se situent principalement dans les quartiers de la ville de Strasbourg.

Analyse de inégalités environnementale par l'implémentation du Modèle SAR et le calcul de l'indice de Moran

	commerce	équipements sportifs	transports en commun	espaces verts	sage-femmes	médecins	NO2	PM10	PM2,5	chomage	ouvrier	non scolarisés	revenu médian	familles monoparentales	precaire	cadre	non diplômé	niveau CAP - BEP	diplôme supérieur	maison individuelle	non propriétaire	logement HLM	
commerce	0,23	1,00																					
équipements sportifs	-0,21	-0,03	1,00																				
transports en commun	0,41	0,38	-0,39	1,00																			
espaces verts	0,06	0,35	0,03	0,15	1,00																		
médecins	-0,30	-0,15	0,60	-0,44	-0,09	1,00																	
sage-femmes	-0,21	-0,07	0,61	-0,41	0,00	0,44	1,00																
NO2	0,39	0,27	-0,40	0,42	0,10	-0,37	-0,39	1,00															
PM10	0,35	0,38	-0,45	0,52	0,15	-0,45	-0,52	0,92	1,00														
PM2,5	0,39	0,32	-0,50	0,52	0,13	-0,47	-0,55	0,92	0,98	1,00													
chomage	-0,02	-0,29	-0,44	0,04	-0,23	-0,27	-0,31	0,16	0,12	0,14	1,00												
ouvrier	-0,12	-0,45	-0,11	-0,22	-0,20	-0,04	0,01	-0,20	-0,30	-0,24	0,76	1,00											
non scolarisés	-0,17	-0,09	0,25	-0,32	-0,11	0,14	0,27	-0,19	-0,29	-0,27	-0,27	0,01	1,00										
revenu médian	-0,02	0,31	0,40	0,09	0,19	0,21	0,28	-0,15	-0,09	-0,14	-0,82	-0,78	0,08	1,00									
familles monoparentales	0,21	-0,22	-0,36	0,07	-0,17	-0,24	-0,31	0,12	0,10	0,13	0,79	0,64	-0,24	-0,74	1,00								
precaire	0,40	0,19	-0,43	0,41	-0,01	-0,39	-0,44	0,57	0,64	0,60	0,37	-0,02	-0,31	-0,33	0,35	1,00							
cadre	0,27	0,46	0,00	0,44	0,19	-0,09	-0,13	0,33	0,44	0,37	-0,56	-0,84	-0,17	0,73	-0,47	0,22	1,00						
non diplômé	-0,21	-0,42	-0,20	-0,24	-0,20	0,00	-0,04	-0,22	-0,31	-0,26	0,72	0,84	-0,21	-0,75	0,60	-0,04	-0,81	1,00					
niveau CAP - BEP	-0,21	-0,24	0,41	-0,41	0,02	0,29	0,45	-0,58	-0,69	-0,62	-0,07	0,46	0,38	-0,09	-0,04	-0,64	-0,58	0,29	1,00				
diplôme supérieur	0,24	0,41	0,08	0,39	0,17	-0,01	-0,03	0,19	0,28	0,24	-0,68	-0,83	-0,06	0,81	-0,56	0,00	0,90	-0,82	-0,41	1,00			
maison individuelle	-0,25	-0,06	0,74	-0,46	0,03	0,55	0,66	-0,59	-0,67	-0,68	-0,54	-0,11	0,36	0,48	-0,51	-0,66	-0,07	-0,16	0,65	0,06	1,00		
non propriétaire	0,09	0,00	-0,60	0,26	-0,06	-0,41	-0,54	0,52	0,58	0,56	0,68	0,27	-0,39	-0,63	0,62	0,67	-0,12	0,33	-0,57	-0,29	-0,86	1,00	
logement HLM	0,02	-0,34	-0,32	-0,07	-0,18	-0,17	-0,19	-0,02	-0,07	-0,03	0,84	0,79	-0,28	-0,77	0,83	0,21	-0,63	0,77	0,12	-0,69	-0,38	0,59	1,00

Cellules grisées : corrélation statistiquement significative au risque $\alpha < 5\%$

La matrice des corrélations met en évidence l'existence d'association statistiquement significative entre quasiment tous les indicateurs impliqués dans ce projet, et ce quel que soit la dimension abordée : socioéconomique, environnementale, aménité, ou encore offre de soins. Ceci justifie pleinement la mise en œuvre de méthodes d'analyse multidimensionnelle adaptée pour prendre en compte cette multi-corrélation.

Tableau 11 : Indice de Moran

Indicateurs aménités et soins	I-Moran	Indicateurs socioéconomiques	I-Moran
commerce	0.130	chomage	0.054
équipements sportifs	0.093	ouvrier	0.160
transports en communs	0.101	non scolarisés	0.062
espaces verts	0.087	revenus médians	0.081
médecins	0.064	familles monoparentales	0.036
sage-femmes	0.107	precaire	0.182
		cadre	0.209
		non diplômé	0.136
Indicateurs environnementaux	I-Moran	niveau CAP - BEP	0.294
Bruit	0.024	diplôme supérieur	0.124
NO2	0.224	maison individuelles	0.182
PM10	0.304	non propriétaires	0.140
PM2.5	0.259	logement HLM	0.046

Le tableau 11 résume l'autocorrélation spatiale pour chacun des groupes d'indicateurs : aménités et soins, environnementaux et socioéconomique. L'indice de Moran quantifie l'autocorrélation spatiale présente dans les données ; même si pour certains indicateurs l'indice de Moran est relativement faible, ils sont tous statistiquement significatifs (c'est-à-dire significativement différents de 0). Ces résultats rappellent l'importance de prendre en compte cette dépendance spatiale dans les modèles de régression implémentés pour l'analyse des inégalités. L'indice de Moran le faible est observé pour l'indicateur de bruit et celui des familles monoparentales ; tandis que les plus valeurs de corrélation sont obtenues les PM₁₀ et PM_{2,5}.

b) Déprivation sociale et le cumul d'expositions environnementales

Dans un premier temps, pour examiner les inégalités environnementales, nous avons mis les profils du cumul d'expositions environnementales au regard des profils socio-économiques pour identifier la tendance du schéma relationnel (Tableau 12).

Le croisement des profils met en évidence que les IRIS très favorisés tendent à avoir de faibles nuisances environnementales et de faibles niveaux d'aménités environnementales (définissant les IRIS des Profils 1 et 2, respectivement).

A l'inverse, les IRIS très défavorisé socioéconomiquement ont tendance à avoir de fortes nuisances environnementales et de forts niveaux d'aménités environnementales (Profil 4).

Les IRIS avec des niveaux de défaveur socio-économique moyens présentent également de plus fortes nuisances environnementales et des niveaux d'aménités environnementales plus élevés.

Tableau 12 : Caractérisation du cumul d'expositions environnementales au regard des profils socio-économiques

	Cumul d'expositions environnementales				
	1	2	3	4	5
	Nuisance	Nuisance	Nuisance	Nuisance	Nuisance
	- -	-	Moyen	+	++
Très favorisé (1)	14	26	0	7	2
Moyen (3)	1	1	2	22	29
Défavorisé (2)	1	20	2	20	6
Très défavorisé (4)		6	7	22	
	- -	-	Moyenne	+	++
	Aménité	Aménité	Aménité	Aménité	Aménité

Dans un deuxième temps, nous avons mis en place une série de modèles statistiques pour quantifier la relation entre la déprivation sociale et le cumul d'expositions environnementales.

Le tableau 12 synthétise les résultats testant l'existence d'un lien entre la déprivation sociale et le cumul d'expositions environnementales, indicateurs mesurés à l'échelle de l'IRIS ; cette étape visant à investiguer la question du différentiel d'exposition en défaveur des plus défavorisés socioéconomiquement. Globalement tous les résultats sont statistiquement significatifs (ou proche de la significativité), et ce quel que soit le modèle implémenté. Plus précisément, ces résultats révèlent l'existence d'une relation en forme de cloche, le maximum de déprivation sociale étant atteint pour la classe 3 de cumul d'expositions environnementales.

Les modèles SAR et SErrM, confirment l'existence significative d'une dépendance spatiale entre les unités statistiques, ici les IRIS, excluant l'utilisation du modèle MCO pour estimer les paramètres d'association, au risque d'en biaiser l'interprétation (Tableau 13).

Tableau 13 : association entre le cumul d'expositions environnementales et la défaveur sociale par 3 modèles statistiques

Modèle	MCO	SAR	SErrM
Profils d'IRIS selon le cumul d'expositions environnementales			
	<i>(Référence)</i>		
2	1,79***	1,24**	1,13*
3	4,84***	4,04***	3,92***
4	2,62***	2,25***	2,31***
5	0,44	1,88***	1,71**
☐		3,56***	
☐			3,44**

* : significatif à 10%, ** : significatif à 5% ; *** : significatif à 1%

c) Inégalité accès à l'offre de soins

L'analyse factorielle suivie d'une classification nous a permis d'identifier 5 profils combinant les données caractérisant l'offre de soins et la déprivation sociale.

Les profils identifiés mettent en lumière une spécificité du territoire de l'Eurométropole de Strasbourg avec un contraste bien marqué entre le type de l'offre de soins et les niveaux de déprivation sociale.

Les 34 IRIS avec un profil classé « 1 » qui présentent de bons niveaux d'accessibilité à l'offre de soins sont caractérisés par les plus hauts niveaux de déprivation sociale (très défavorisés).

Les 27 IRIS avec un profil classé « 2 » qui présentent un bon niveau d'accessibilité aux sages-femmes sont caractérisés par des niveaux de déprivation sociale moyens.

Les 67 IRIS avec un profil classé « 3 » qui présentent un bon niveau d'accessibilité aux médecins spécialistes de la périnatalité sont caractérisés par à la fois des niveaux de déprivation sociale moyens et élevés (défavorisés).

Les 34 IRIS avec un profil classé « 4 » qui présentent des niveaux d'accessibilité à l'offre de soins moyens sont caractérisés par des niveaux de déprivation sociale faibles (favorisés).

Les 26 IRIS avec un profil classé « 4 » qui présentent des niveaux d'accessibilité à l'offre de soins les plus faibles sont caractérisés par des niveaux de déprivation sociale les plus faibles (très favorisés).

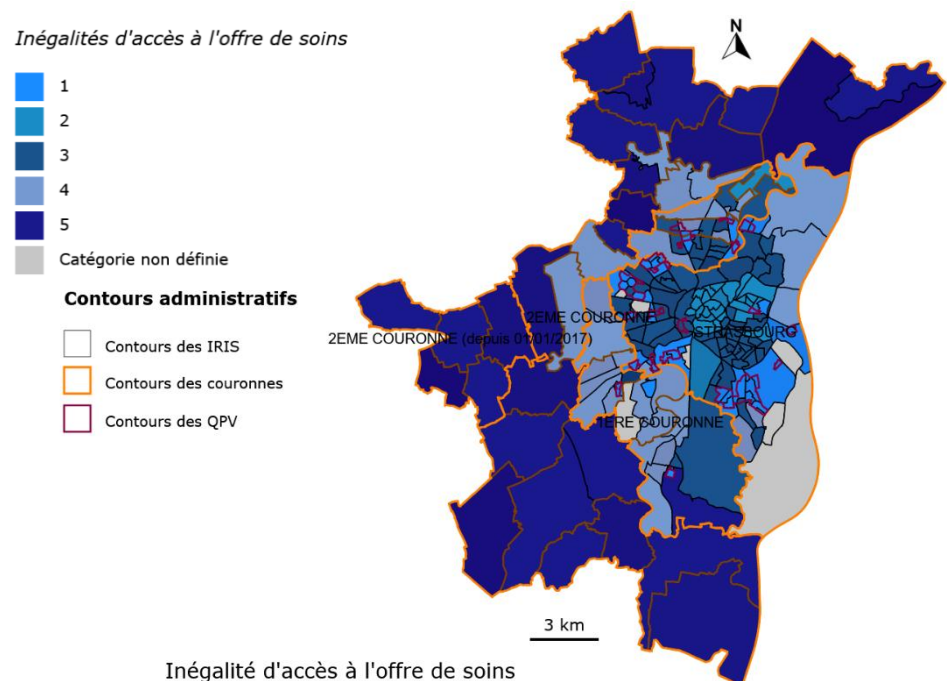


Figure 25 : Distribution spatiale de l'offre de soins

La figure 25 permet l'analyse géographique de l'inégalité sociale d'accès à l'offre de soins. Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant de bons niveaux d'accessibilité aux sages-femmes et aux

médecins spécialisés de la périnatalité sont localisés essentiellement dans les quartiers de la commune de Strasbourg et des quartiers de la 1^{ère} couronne (pour la majorité une bonne accessibilité aux médecins spécialistes).

Plus particulièrement, les IRIS présentant une bonne accessibilité aux médecins spécialisés se situent en grande partie dans les quartiers de la commune de Strasbourg et dans les quartiers de la 1^{ère} couronne, contrairement aux IRIS présentant une bonne accessibilité aux sage-femmes qui se situent majoritairement dans les quartiers de la commune de Strasbourg (Figure 26).

Les IRIS présentant des niveaux d'accès à l'offre de soins moyens se situent majoritairement dans les quartiers de la 1^{ère} couronne et quelques quartiers de la 2^{ème} couronne.

Inversement, les IRIS présentant des faibles niveaux d'accès à l'offre de soins se situent majoritairement dans les quartiers de la 2^{ème} couronne et quelques quartiers de la 1^{ère} couronne.

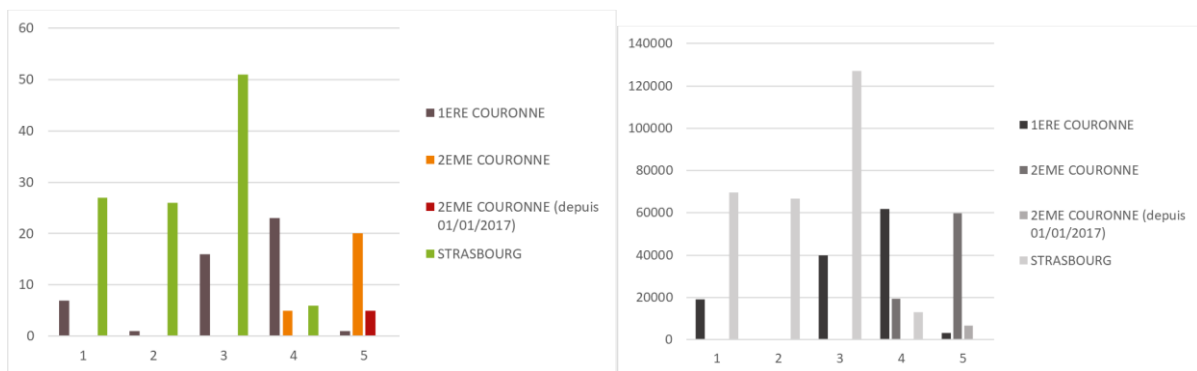


Figure 26 : Répartition des IRIS selon l'offre de soins et leur densité de population sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg

B- Analyse des inégalités sociales de santé périnatale

a) *Analyse de la répartition du risque de mortalité infantile : gradient du risque sanitaire au regard des environnement défavorisés*

Les tableaux ci-dessous synthétisent la distribution du risque de mortalité infantile par profil d'IRIS définis selon l'indice de déprivation sociale (tableau 1), le cumul d'expositions environnementales et d'aménités (tableau 2) et le cumul de déprivation sociale et d'accès aux soins (tableau 3).

Ces tableaux révèlent de fortes variabilités des risques selon les différents profils d'IRIS ; mais aucune des comparaisons 2 à 2 des risques moyens ne s'est révélée statistiquement significative, certainement dû à un manque de puissance statistique compte tenu du nombre faible d'IRIS dans chacun des groupes. Malgré tout, on note que le risque de mortalité infantile est notamment plus élevé dans les IRIS les plus défavorisés (la classe 4 du tableau 14), dans les IRIS où le cumul d'expositions environnementales est de niveau faible à moyen (Classe 2 et 3 du Tableau 15) et dans les IRIS où le niveau de déprivation sociale et d'accès aux soins y est plus faible (classe 1 du tableau 16)

Tableau 14 : Statistiques descriptive du risque relatif selon la classe de déprivation sociale

	Nb d'observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Classe 1 : IRIS favorisés	49	1,015	1,23	0	4,46
Classe 2	49	1,22	2,31	0	13,82
Classe 3	55	0,726	1,14	0	6,42
Classe 4 : IRIS défavorisés	35	1,21	1.01	0	4.024

Tableau 15 : Statistiques descriptive du risque relatif selon la classe de cumul d'expositions environnementales

	Nb d'observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Classe 1	16	1.054	1.44	0	3.69
Classe 2	53	1.396	2.36	0	13.82
Classe 3	11	1.322	1.36	0	4.02
Classe 4	71	0.886	0.93	0	4.46
Classe 5	37	0.638	0.86	0	2.93

Tableau 16 : Statistiques descriptive du risque relatif selon le cumul d'accès aux soins et de déprivation sociale

	Nb d'observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Classe 1	34	1.262	1.01	0	4.02
Classe 2	27	0.807	1.39	0	6.42
Classe 3	67	0.971	2.01	0	13.82
Classe 4	34	1.136	1.23	0	4.46
Classe 5	26	0.904	1.21	0	3.69

b) Analyse de l'environnement de vie et la santé périnatale

En ce qui concerne les caractéristiques environnementales autour du domicile des femmes enceintes, la concentration moyenne en NO₂ est de 15.45 µg/m³ avec un minimum à 7.26 µg/m³ pour la commune de Griesheim et un maximum à 20.72 µg/m³ pour la commune de Schiltigheim (la moyenne à Strasbourg est de 17.43 µg/m³), la concentration moyenne en PM₁₀ est de 15.88 µg/m³ avec un minimum à 13.01 µg/m³ pour la commune de Saessolsheim et un maximum à 17.27 µg/m³ pour la commune de Schiltigheim (la moyenne à Strasbourg est de 16.46 µg/m³), la concentration moyenne en PM_{2.5} est de 9.12 µg/m³ avec un minimum à 6.50 µg/m³ pour la commune de Innenheim et un maximum à 10.82 µg/m³ pour la commune de Pfulgriesheim (la moyenne à Strasbourg est de 9.48 µg/m³).

L'environnement de vie de la femme enceinte a ensuite été déterminé à partir d'une zone tampon de 250 mètres autour de l'adresse du domicile ; on retrouve en moyenne dans cette zone tampons 0,2 sage-femmes, 2 médecins généralistes, 10193 m² d'espaces verts, 5 arrêts de transport en commun. Pour Strasbourg, on observe en moyenne dans l'environnement de vie à 250 m, 0,2 sage-femmes, 3 médecins,

9328 m² d'espaces verts et 7 arrêts de transport en commun. L'indice socio-économique moyen sur l'Eurométropole de Strasbourg est de 0,41 avec un minimum de -2,37 pour la commune de Lampertheim et un maximum de 1,32 pour la commune de Strasbourg.

C - Analyse du cumul de défaveur

a) Analyse des inégalités socio-spatiale et environnementales de santé périnatale

L'analyse factorielle suivi d'une classification nous a permis d'identifier 4 profils qui décrivent le cumul de condition défavorables sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg combinant à la fois l'environnement social et sanitaire (aménités environnementales, les nuisances, l'offre de soins)

Les profils identifiés caractérisant les différentes dimensions environnementales, sanitaire, sociale et condition de vie, mettent en évidence un contraste bien marqué.

Les 34 IRIS avec un profil classé « A » qui présentent les niveaux de déprivation sociale plus faibles (très favorisés) sont caractérisés par les plus faibles niveaux de nuisances environnementales (bruit et pollution) et des niveaux les plus bas d'aménités environnementales et des risques sanitaires faibles.

Les 36 IRIS avec un profil classé « B » qui présentent les niveaux de déprivation sociale plus élevés (très défavorisés) sont caractérisés par de faibles niveaux de nuisances environnementales (bruit et pollution) et des niveaux bas des aménités environnementales et des risques sanitaires très élevés.

A l'inverse :

- Les 109 IRIS avec un profil classé « C » qui présentent les niveaux de déprivation sociale moyens et élevés (défavorisés) sont caractérisés par des niveaux moyens de nuisances environnementales (bruit et pollution) et des niveaux moyens d'aménités environnementales et des risques sanitaires faibles.
- Les 9 IRIS avec un profil classé « D » qui présentent les niveaux de déprivation sociale moyens sont caractérisés par des niveaux moyens de nuisances environnementales (bruit et pollution) et des niveaux moyens des aménités environnementales.

D - Caractérisation du cumul de défaveur sociale, environnementale et sanitaire

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils classé « A » (favorisés avec de très faibles niveaux de nuisances et très faibles niveaux d'aménités environnementales) se situent principalement dans les quartiers de la 2^{ème} couronne quelques quartiers de la 1^{ère} couronne et des quartiers de la ville de Strasbourg.

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils classé « B » (très défavorisés avec des faibles niveaux de nuisances et faibles niveaux d'aménités environnementales) se situent principalement dans les quartiers de la ville de Strasbourg et quelques quartiers de 1^{ème} couronne.

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils classé « C » (défaveur élevée et moyenne avec des niveaux moyens de nuisances environnementales (bruit et pollution) et des niveaux moyens d'aménités environnementales) se situent principalement dans les quartiers de la ville de Strasbourg et des quartiers de la 1^{ère} couronne et quelques quartiers de la 2^{ème} couronne.

Les IRIS de l'Eurométropole de Strasbourg présentant des profils classés « D » (niveau de défaveur moyen avec des niveaux de nuisances et d'aménités environnementales moyens) se situent principalement dans les quartiers de la ville de Strasbourg.

	Profile A	Profile B	Profile C	Profile D
	Nuisance	Nuisance	Nuisance	Nuisance
	--	-	Moyen	+
Très favorisé (1)	30	1	18	
Moyen (3)	3	2	41	9
Défavorisé (2)	1	4	44	
Très défavorisé (4)		29	6	
	--	-	Moyenne	+
	Aménité	Aménité	Aménité	Aménité

Tableau 17 : Caractéristiques des profils cumulant défaveur sociale, environnementale et sanitaire

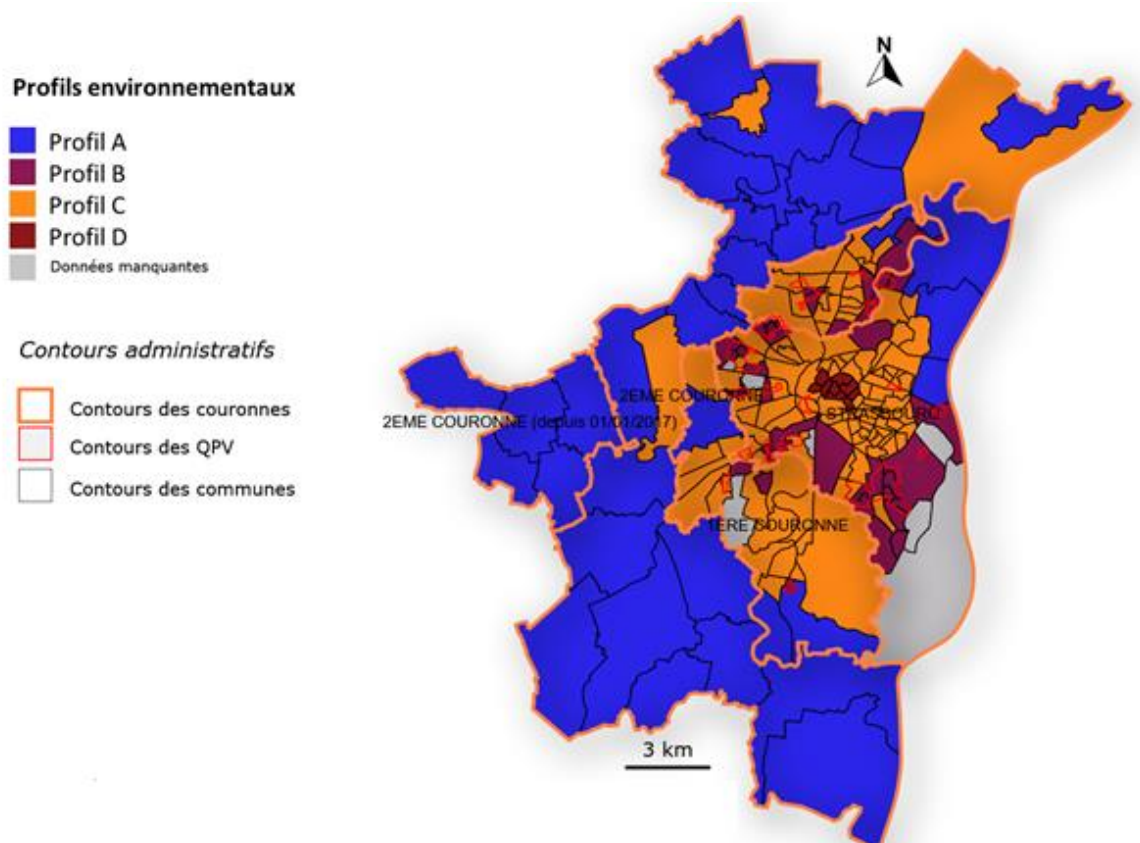


Figure 27 : Distribution spatiale des profils d'IRIS défini selon leur cumul de défaveur sociale, environnementale et sanitaire

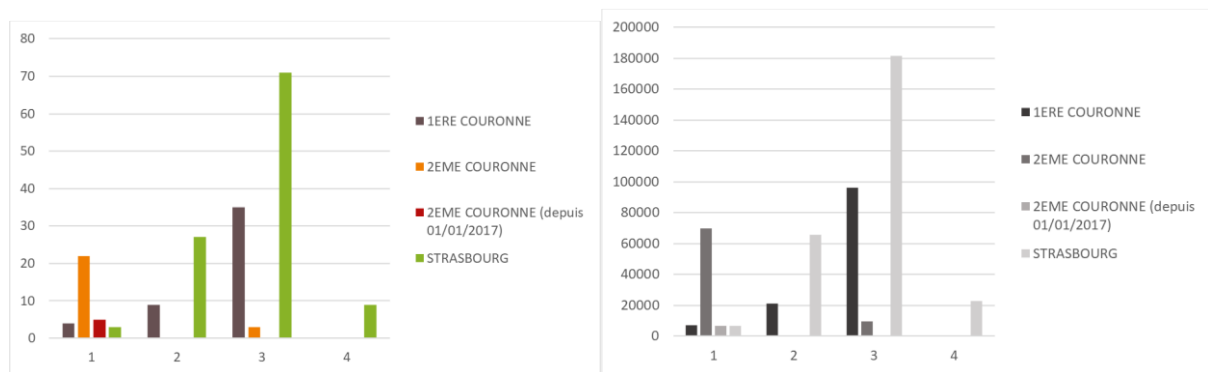


Figure 28: Répartition des IRIS et de leur densité de population en fonction du cumul de défaveur (sociale, environnementale, sanitaire)

Identification des zones de sur-risque sanitaire

Cette étape du projet nous a permis d'investiguer spatialement la répartition du risque de mortalité infantile à l'échelle infra-communale. Cette analyse nous a permis d'explorer l'existence d'agréats plausibles de même que leur localisation. Ainsi, nous avons pu déterminer et localiser spatialement quels agrégats ont des taux élevés (hot-spot). La détection des agrégats spatiaux par le test de scan spatial de Kulldorff a mis en évidence l'existence des clusters à haut-risque, avec des risques relatifs variant entre 1,65 et 1,74.

Le premier cluster de sur-risque de mortalité infantile est composé de 13 IRIS et localisé au sud-est de la ville de Strasbourg. Plus particulièrement, ce cluster comprend les quartiers : 3 Neuhof – Polygone, Meinau-Villas, Musau, 4 Neuhof – Stockfeld et 3 Meinau-Canardiére) (Figure 29)

Le deuxième cluster de sur-risque de mortalité infantile est localisé à l'interface de la ville de Strasbourg et la première couronne. Ce cluster comprend plusieurs quartiers de la première couronne : 3 quartiers de Lingolsheim, 2 quartiers de Eckbolsheim et les quartiers suivants de la ville de Strasbourg : 3 quartiers de Koenigshoffen, parc de la poterie, montagne verte (Figure 29)

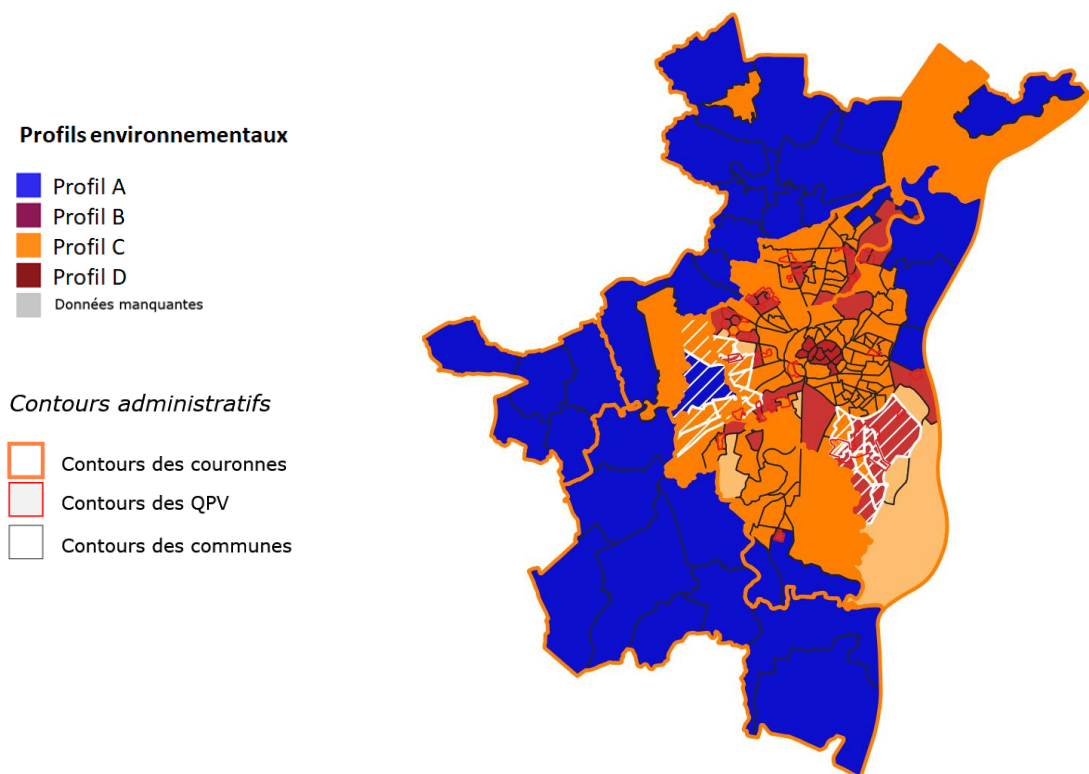


Figure 29 : Localisation spatiale d'agréats significatifs de sur-risque de mortalité infantile (En blanc) identifiés dans l'Eurométropole de Strasbourg

D - Analyse des facteurs environnementaux associés aux fluctuations spatiales des risques sanitaires - Caractérisation environnementale des clusters de sur-risque sanitaire

La caractérisation environnementale de ces clusters de sur-risque de mortalité infantile permet analyser les hypothèses quant aux facteurs de risque associés aux fluctuations spatiales des risques sanitaires dans les agrégats spatiaux identifiés.

Les clusters de sur-risque de mortalité infantile identifiés sont composés d'IRIS avec des profils bien définis soit :

- Des IRIS caractérisés par des niveaux très défavorisés avec un profil environnemental de type 2 (faible niveau de nuisances environnementales et faible niveau d'aménités environnementales). En termes de cumul de défaveur social et environnementale, il s'agit des IRIS du profil (B).
- Des IRIS caractérisés par des niveaux de défaveur défavorisés avec un profil environnemental de type 4 (forts niveaux de nuisances environnementales et forts niveaux d'aménités environnementales). En termes de cumul de défaveur social et environnementale, il s'agit des IRIS du profil (D).

E - Analyse des inégalités socio-environnementales de la santé périnatale

a) Analyse des inégalités sociales de santé

Les résultats des analyses investiguant la relation entre le risque de mortalité infantile et les profils des IRIS de résidences sont présentés dans les tableaux ci-dessous en tenant compte des différentes spécifications du modèle présentées (MCO, SAR et SErrM). Pour normaliser la variable dépendante, Y, ici le risque de mortalité infantile, et ainsi respecter l'hypothèse du modèle de régression, le logarithme de Y a été modélisé.

Le profil des IRIS est basé sur l'indice de déprivation sociale (tableau 18), sur les caractéristiques environnementales (tableau 19) et sur les caractéristiques contextuelles (tableau 20).

Tableau 18 : Association entre la défaveur sociale et le risque de mortalité infantile par 3 modèles statistiques

Modèle	MCO	SAR	SErrM
Profils d'IRIS selon le niveau de déprivation sociales			
(les plus favorisés) Référence			
2	-0,16	0,01	-0,13
3	-0,21	-0,03	-0,23*
(les plus défavorisés) 4	-0,28	-0,09	-0,23
R		-1.96	
L			-1.69*

* : singificatif à 10%, ** : significatif à 5% ; *** : significatif à 1%

Globalement, il n'existe pas d'association significative entre le risque de mortalité infantile et le déprivation sociale ; excepté pour le modèle SErrM : le log du risque de mortalité infantile est significativement plus faible pour la classe de déprivation sociale 3 (correspondant à des IRIS de niveau de déprivation moyenne) par comparaison à la classe 1 regroupant les IRIS les plus favorisés. Le paramètre λ reflétant l'intensité de l'interdépendance entre les résidus de la régression, est proche de significativité statistique, plaidant en faveur de ce dernier pour l'interprétation non biaisée des résultats.

Tableau 19 : Association entre le cumul d'expositions environnementales et le risque de mortalité infantile par 3 modèles statistiques

Modèle	MCO	SAR	SErrM
Profils d'IRIS selon le cumul d'expositions environnementales			
Référence			
2	-0,43	-0,46	-0,40
3	-0,37	-0,41	-0,27
4	-0,53**	-0,57	-0,51**
5	-0,63**	-0,67*	-0,63**
R		-0,30	
L			-2.34**

* : significatif à 10%, ** : significatif à 5% ; *** : significatif à 1%

La prise en compte de l'interdépendance spatiale entre les résidus de la régression, malgré sa significativité statistique, ne modifie pas la force d'association entre le log du risque de mortalité infantile et les profils d'IRIS définis en fonction des indicateurs d'aménités et de nuisances environnementales. Globalement, quel que soit le modèle statistique, le log du risque de mortalité est plus faible pour les IRIS de la classe 4 et 5 (c'est-à-dire ceux les plus pollués et avec un fort niveau d'aménités) par comparaison à la classe 1 (IRIS les moins pollués et avec le plus niveau d'aménités).

Tableau 20 : Association entre le cumul de défaveur contextuelle et le risque de mortalité infantile par 3 modèles statistiques

Modèle	MCO	SAR	SERRM
Profils d'IRIS selon les indicateurs contextuels (inclus SES, offre soins)			
<i>Référence</i>			
2	0,087	0,094	-0,036
3	0,098	0,091	0,044
4	0,164	0,116	0,136
5	0,402*	0,265	0,358*
R		-1,04	
L			-1.83*

* : singificatif à 10%, ** : significatif à 5% ; *** : significatif à 1%

Les résultats synthétisés dans le tableau 20 mettent en évidence une augmentation du log du risque de mortalité avec l'augmentation de la classe ; cette augmentation est statistiquement significative pour les IRIS de la classe 5 par comparaison à ceux de la classe 1. Cette augmentation est légèrement plus faible lorsque l'interdépendance spatiale entre les résidus de la régression est pris en compte.

b) Analyse des hypothèses des inégalité sociale de santé sur le territoire de l'Eur métropole de Strasbourg

Deux mécanismes majeurs, agissant de manière indépendante ou cumulée, peuvent expliquer comment cette combinaison pourrait opérer : (1) les populations les plus modestes pourraient être davantage exposées aux facteurs environnementaux et/ou cumuler différentes sources d'exposition et de nuisances sur leur territoire de résidence ; (2) Ces mêmes groupes de population seraient aussi plus susceptibles aux effets sanitaires des différentes nuisances environnementales. Au travers de ces deux mécanismes, les populations défavorisées pourraient ainsi souffrir de plus forts effets sanitaires des facteurs de risque environnementaux. Plusieurs études ont déjà investigué en France ces hypothèses : à Strasbourg, une étude a démontré que les classes moyennes étaient les plus exposées à la pollution issue du trafic routier (3), situation que l'on retrouve également dans l'agglomération de Lyon (4). Ces contrastes entre populations tiennent notamment à l'histoire de la construction urbaine, propre à chaque territoire.

Les résultats de nos travaux, incluant des approches spatiales, épidémiologiques et geo-statistiques soutiennent 2 hypothèses qui peuvent se cumuler, à savoir l'existence d'un différentiel de

vulnérabilité : le risque de mortalité infantile est élevé dans les IRIS défavorisés, faiblement pollués et avec un faible niveau d'aménités et un différentiel d'exposition : le risque de mortalité infantile est élevé dans les IRIS défavorisés, très peu pollués et avec beaucoup d'aménité.

Afin de compléter notre compréhension sur les mécanismes des inégalités sociales de santé, nous avons réalisé un travail bibliographique sur les « **Expositions environnementales et les inégalités sociales de santé tout au long de la vie, introduisant le concept d'Exposome social** ».

Un état de l'art a été réalisé dans l'objectif principal de documenter comment le statut socio-économique (SSE) pourrait modifier l'association entre les nuisances environnementales et les problèmes de santé, à différents âges (stade de la vie), pour introduire le concept émergent d'exposome social.

La recherche bibliographique a été effectuée en utilisant la base de données PubMed pour recenser l'ensemble des revues systématiques de la littérature publiées entre janvier 2010 et août 2021. L'ensemble des revues publiées en anglais traitant de l'interaction entre le SSE, les nuisances environnementales et les problèmes de santé a été retenu. Les indicateurs socio-économiques considérés comprennent l'éducation, le niveau de revenu, l'environnement du quartier de résidence. Les nuisances environnementales ont pris en compte de nombreuses nuisances environnementales, principalement la pollution de l'air et le bruit. Parmi 242 revues de littérature recensées, 11 d'entre elles abordent la question de la modification de l'effet. Dans l'ensemble, nos travaux révèlent que les nuisances environnementales étaient principalement associées à une dégradation de la santé, et que le SSE modifiait cette association, en augmentant le risque pour la santé chez les plus défavorisés socialement. Ce travail rapporte l'existence de cette interaction à différents âges de la vie dont la grossesse, l'enfance et l'âge adulte, et pour différentes nuisances environnementales.

Ce travail a fait l'objet de deux publications :

1. Deguen S, Mary, Simoncic V, Kihal-Talantikite W. Exposome and social vulnerability: an overview of the literature review *nt. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19(6), 3534.
2. Deguen S, Vasseur P, Kihal-Talantikite W. [Societal inequalities and the urban exposome: Social origins for different exposures]. *Med Sci MS.* 2022;38:75–80

4.5. Analyse des mécanismes des inégalités sociales de santé

Afin d'entamer notre analyse des différents pathways hypothétiques possibles pouvant expliquer les inégalités sociales de santé périnatale ainsi que sur les comportements pouvant influencer directement ou indirectement la santé du nouveau-né nous avons réalisé deux revues de la littérature.

Ce travail a fait l'objet de deux publications :

- 1- Simoncic V, Deguen S, Enaux C, Vandentorren S, Kihal-Talantikite W. A comprehensive review on social inequalities and pregnancy outcome - Identification of relevant pathways and mechanisms. *Int J Environ Res Public Health* 2022, 19, 16592.
- 2- Hamann V, Deruelle P, Enaux C, Deguen S, Kihal-Talantikite W. Physical activity and gestational weight gain: a systematic review of observational studies. *BMC Public Health*. 2022;22:1951.

A - Analyse structurelle du risque de mortalité infantile

Les résultats préliminaires de l'analyse des mécanismes des Inégalités sociales de santé sont présentés dans les tableaux 22 et 23 et les figures 30 et 31. Les résultats présentés dans les figures décrivent les liens pouvant relier chaque caractéristique de l'environnement de vie (aménité environnementale, nuisance et défaveur socio-économique) et le risque de mortalité infantile. Ces liens peuvent être directs et/ou indirects, à savoir par le biais de variable latente environnementale.

La prise en compte dans le second modèle de la défaveur socio-économique tend à produire de meilleurs résultats d'ajustement (Tableau 21).

Tableau 21 : Indicateurs statistiques sur la qualité d'ajustement pour 2 modèles SEM avec et sans prise en compte de la défaveur socioéconomique.

Model	chi2	p-value	RMSEA	AIC	BIC
Mode 1	798,22	<0.000	0,29	77,51	216,67
Model 2	59,71	<0.000	0,22	43,36	114,56

Ces résultats préliminaires suggèrent l'existence de liens directs et indirects entre les variables contextuelles environnementales incluant les aménités, les nuisances environnementales et la déprivation socio-économique.

les tableaux 22 et 23 et les figures 30 et 31 tendent à suggérer qu'avec et sans prise en compte de la défaveur, les caractéristiques environnementales peuvent avoir à la fois : i) un effet direct sur la variation du risque sanitaire de mortalité infantile ; ii) un effet indirect agissant par l'intermédiaire de la variable latente environnementale.

Des analyses approfondies sont prévues en perspectives de ce travail pour permettre d'identifier les liens directs et indirects les plus significatifs et déterminants sur lesquelles des actions (ou interventions) pourraient être mises en place sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg pour réduire le risque de mortalité infantile.

Tableau 22 : Estimation des effets direct des caractéristiques environnementales sur 2 variables latents et des effets indirects sur le risque de mortalité infantile (Modèle 1)

<i>Variable latent</i>	Estimate	Std. Err	p-value
<i>Aménités environnementales=</i> ~			
<i>Attractivité des espaces verts</i>	1	0	0
<i>Commerces</i>	0,57	0,17	<0,001
<i>Desserte en transports en commun</i>	2,08	0,84	<0,02
<i>Nuisances environnementales =</i> ~			
<i>NO₂</i>	1	-0	-0
<i>Bruit</i>	0,47	0,062	<0,00001
<i>PM₁₀</i>	0,39	0,023	0
Regressions among latent variables			
<i>Amenite ~ nuisance</i>	1,40	0,62	<0,03
Regression with outcome variable			
<i>Mortalité infantile ~amenite</i>	0,35	0,13	<0,001
<i>Mortalité infantile ~ nuisance</i>	-0,52	0,13	<0,0001

Tableau 23 : Estimation des effets direct des caractéristiques environnementales sur 3 variables latents et des effets indirects sur le risque de mortalité infantile (Modèle 2)

<i>Variable latent</i>	Estimate	Std. Err	p-value
<i>Aménités environnementales=</i> ~			
<i>Attractivité des espaces verts</i>	1	0	0
<i>Commerce</i>	0,52	0,12	<0,0001
<i>Desserte en transport en commun</i>	1,42	0,40	<0,001
<i>Nuisances environnementales =</i> ~			
<i>NO₂</i>	1	0	0
<i>Bruit</i>	0,47	0,062	<0,00001
<i>PM₁₀</i>	0,39	0,024	0
<i>Déprivation socio-économique=</i> ~			
<i>Ouvrier</i>	1	0	0
<i>Chomage</i>	-72,04	780,9	0,92
<i>Famille monoparentale</i>	-55,47	600,3	0,92
<i>Employ Precaire</i>	-17,89	192,7	0,92
<i>Residence de type HLM</i>	-212,21	2300,5	0,92
<i>Part des non propriétaire</i>	-150,16	1621,7	0,92
Regressions among latent variables			
<i>Amenite ~ nuisance</i>	1,62	0,57	0,01
<i>Deprivation~ nuisance</i>	-0,012	0,13	0,92
<i>Deprivation~ amenite</i>	0,0058	0,062	0,92
Regression with outcome variable			
<i>Mortalité infantile ~amenite</i>	0,23	7152145,8	0,99
<i>Mortalité infantile ~ nuisance</i>	2,02	6638062,9	0,99
<i>Mortalité infantile ~ Deprivation</i>	-4,98	172154442,8	0,99

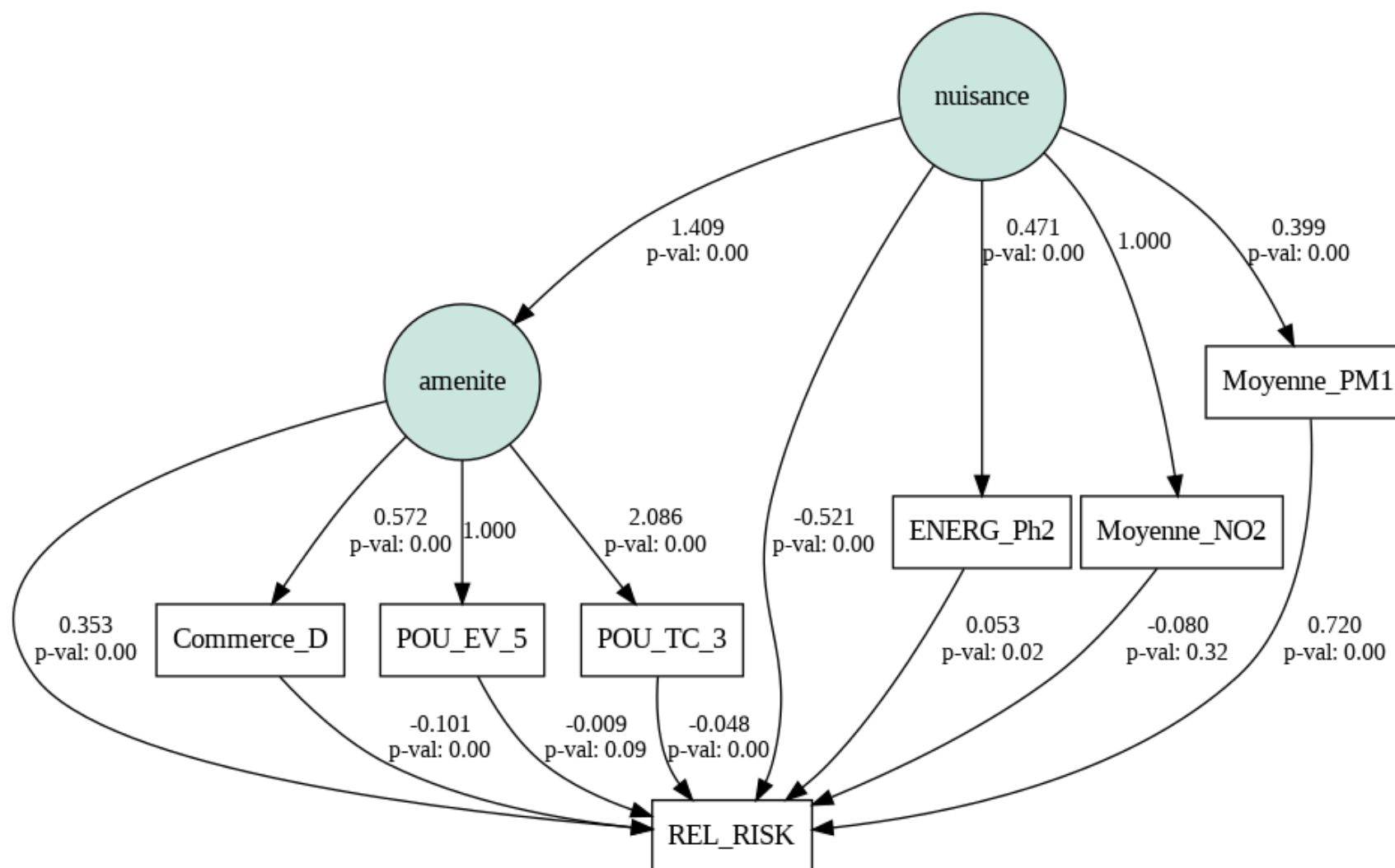


Figure 30 : Schéma structurel du modèle avec les nuisances et aménités environnementales- Effets des caractéristiques environnementales sur la mortalité infantile

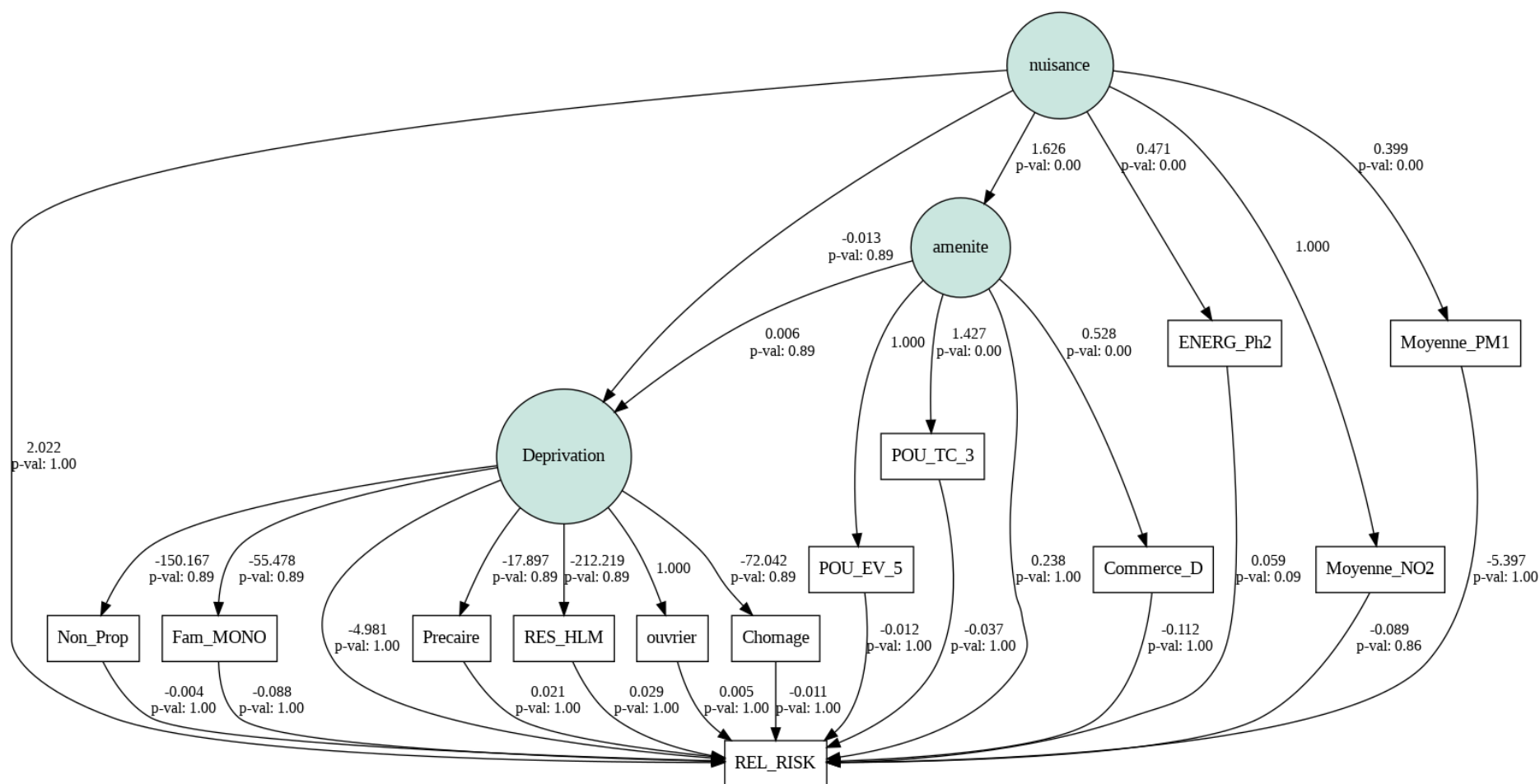


Figure 31 : Schéma structurel du modèle avec les nuisances et aménités environnementales et défaveur socio-économique- Effets des caractéristiques environnementales sur la mortalité infantile

B - Analyse structurelle des issues défavorables de grossesses : Faible poids et naissance avant terme

Tout comme le risque de mortalité infantile, les résultats préliminaires suggèrent des liens directs et indirects entre les variables contextuelles environnementales incluant les aménités et les nuisances environnementales. La figure 32 et les tableaux 25 et 26 suggèrent que les caractéristiques environnementales peuvent avoir à la fois : i) un effet direct sur la variation du risque de faible poids à la naissance et de naissance avant terme ; ii) un effet indirect par l'intermédiaire de variable latente environnementale. Des analyses de sensibilité plus approfondies (PLS-SEM- partial least squares path modeling (PLS)) prenant en compte la structure hiérarchique des données (individuelles et contextuelles) pour valider les résultats permettront d'identifier les variables ayant un effet direct et indirect en introduisant des variables latentes hiérarchiques (Hierarchical Latent Variable) ; ces analyses complémentaires permettront d'explorer des pistes causales multi-niveaux.

Tableau 24 : Indicateurs de qualité d'ajustement du modèle

Model parameters	chi2	p-value	RMSEA	AIC	BIC
Model	862,04	<0.00	0,084	129,971	378,57

Tableau 25 : Estimation des effets indirects des caractéristiques des parents sur 3 variables latents : FFGC (conditions défavorables de grossesse), nuisances et aménités environnementales

Variable latente	Age gestationnel			Poids à la naissance		
	Estimate	Std. Err	p-value	Estimate	Std. Err	p-value
FFGC	-3,72	1,73	<0,05	-4,01	2,16	<0,07
Amenités environnementales	-32,48	0,0087	0	70,01	0,11	0
Nuisances environnementales	2,73	0,35	<10-15	379,50	5,61	0

Tableau 26 : Estimation des effets direct des caractéristiques des parents sur 2 variables latents : FFGC (conditions défavorables de grossesse) et nuisances environnementales

<i>Variable latente</i>	<i>Estimate</i>	<i>Std. Err</i>	<i>p-value</i>
<i>FFGC~</i>			
<i>Level of Mother occupational</i>			
<i>Employe</i>	1	0	0
<i>Profession intermédiaire</i>	-0,35	0,12	<0,01
<i>Artisan - responsable</i>	-0,04	0,019	<0,05
<i>Cadre supérieur</i>	-0,17	0,054	<0,01
<i>Mother's characteristics</i>			
<i>Tabac</i>	0,0024	0,0011	<0,05
<i>Age gestationel</i>	0,0099	0,0053	<0,07
<i>Alcool</i>	-0,00018	0,00032	0,55
<i>Taille</i>	-0,022	0,016	0,16
<i>Age</i>	-0,052	0,023	<0,05
<i>Poids</i>	0,045	0,036	0,21
<i>Parite</i>	0,0061	0,0034	0,079
<i>Amenité ~</i>			
<i>Accessibilité aux équipements sportifs</i>	1	0	0
<i>Accessibilité aux sage-femmes</i>	-130,33	11,87	0
<i>Accessibilité aux Médecins</i>	-6,93	3,047	<0,05
<i>Desserte en transport en commun</i>	-194,43	7,97	0
<i>Commerce de proximité</i>	0,070	0,22	0,75
<i>Attractivité des espaces verts</i>	3,18	1.139e-07	0
<i>nuisance~</i>			
<i>Bruit</i>	1	0	0
<i>PM₁₀</i>	0,52	0,072	<0,00001
<i>PM₂₅</i>	0,36	0,054	<0,00001
<i>NO₂</i>	1,91	0,24	<0,00001

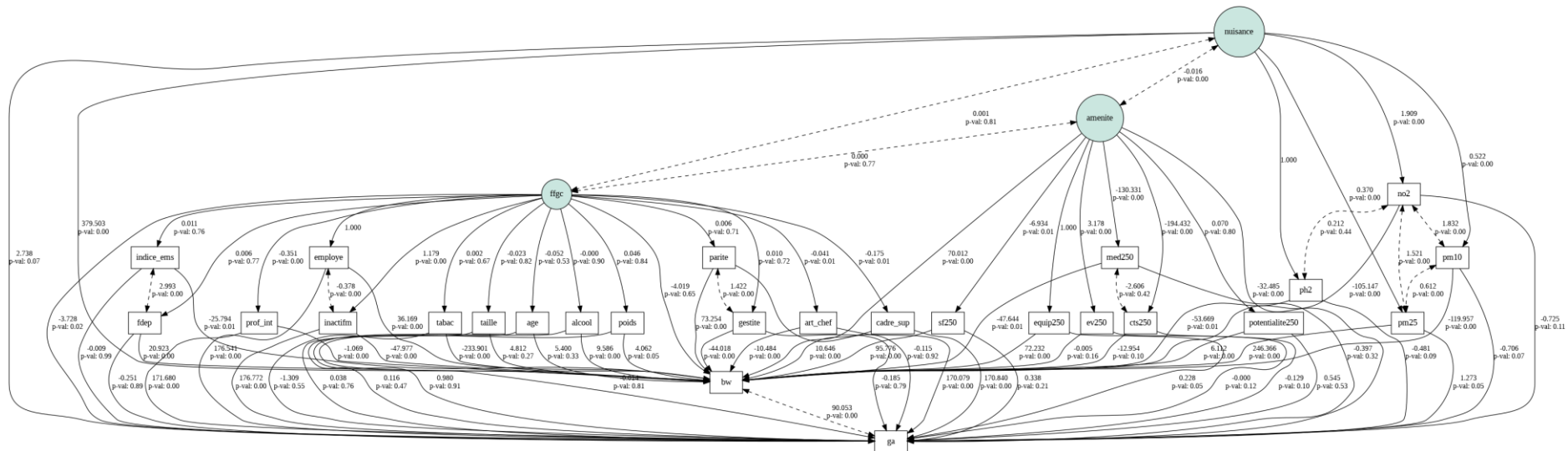


Figure 32 : Schéma structurel du modèle avec les variables latentes FFGC, nuisances et aménités environnementales- Effets des caractéristiques individuelles, familiales et environnementales ainsi que de la variable latente FFGC, nuisances et aménités environnementales sur les issues de grossesse

4.4. Création de l'observatoire des inégalité sociale et environnementales de la santé périnatale

A/ Observatoire santé - environnement Local : un système d'information unique à destination des chercheurs, des scientifiques et des décideurs

En France, plusieurs bases de données existent couvrant de nombreux domaines incluant la santé, la démographique des populations, les caractéristiques socioéconomiques, les expositions environnementales, ect. Ces données sont globalement sous-exploitées et dispersées au sein de différentes institutions qui peuvent varier d'un territoire à un autre.

Un des objectifs majeurs et innovants de ce projet est de développer des indicateurs statistiques, à partir des bases de données sanitaires, médicales, environnementales et administratives existantes, permettant l'investigation approfondie des inégalités socio-territoriales de santé chez le nouveau-né. Le second défi vise à surmonter la difficulté de combiner plusieurs sources d'informations collectant des informations à des échelles géographiques différentes au sein d'un observatoire unique autour de la santé-environnement.

Une plateforme de partage du contenu SIG, qui agrégera l'ensemble des données collectées dans les précédentes étapes ainsi que les indicateurs spatialisés a été développée (cf. figure 33). Il s'agit d'une application internet dédiée aux chercheurs scientifiques et décideurs politiques, optimisant la consultation interactive des données de santé, de l'environnement et des données socio-spatiales, via des requêtes préétablies. L'application, hébergée par le CNRS, permet de consulter des résultats statistiques obtenus par regroupement spatial à plusieurs échelles géographiques, de visualiser leurs représentations cartographiques, et d'afficher les notices d'explication et des analyses commentées.

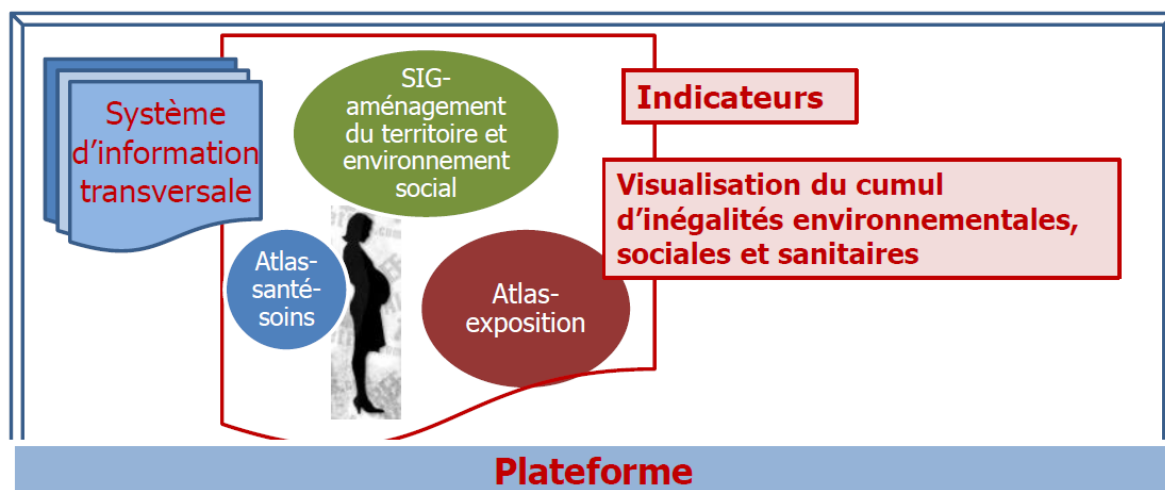


Figure 33 : schéma conceptuel de la plateforme d'échange SIG

B - Plateforme

Nous avons élaboré le développement de l'application webmapping avec la solution QGIS et son plugin Lizmap faisant appel à la BD SIG du projet. Cette solution permet de disposer d'une interface facilement modifiable, d'un serveur cartographique, de cartes interactives riches et d'une gestion des droits d'accès aux données.

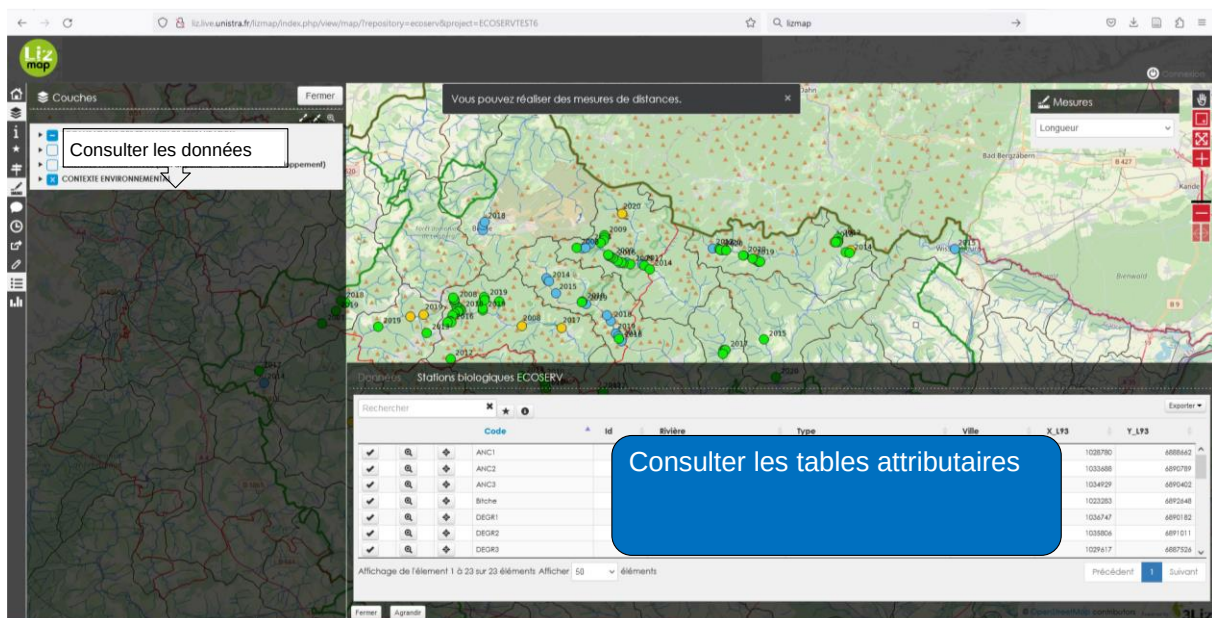
Le travail de développement consiste à élaborer l'organisation et la mise en forme (symbologie) des données, des indicateurs spatialisés et le croisement des données de différentes dimensions, le classement des couches et son paramétrage. La configuration et la publication du projet QGIS se configurent avec le plugin Lizmap et ses options de publication (échelles, fonds de carte, métadonnées, sécurité et droits, ...). Un travail nécessaire doit être réalisé sur la synchronisation sécurisée du projet avec le serveur.

La visualisation des données est accessible sur internet. Cependant, selon le droit d'utilisation, certaines données spatiales peuvent être téléchargées. Un travail est en cours de finalisation sur les différents droits d'utilisation des partenaires et acteurs impliqués dans le projet.

Cette application développée propose plusieurs outils :

a) Un outil de visualisation

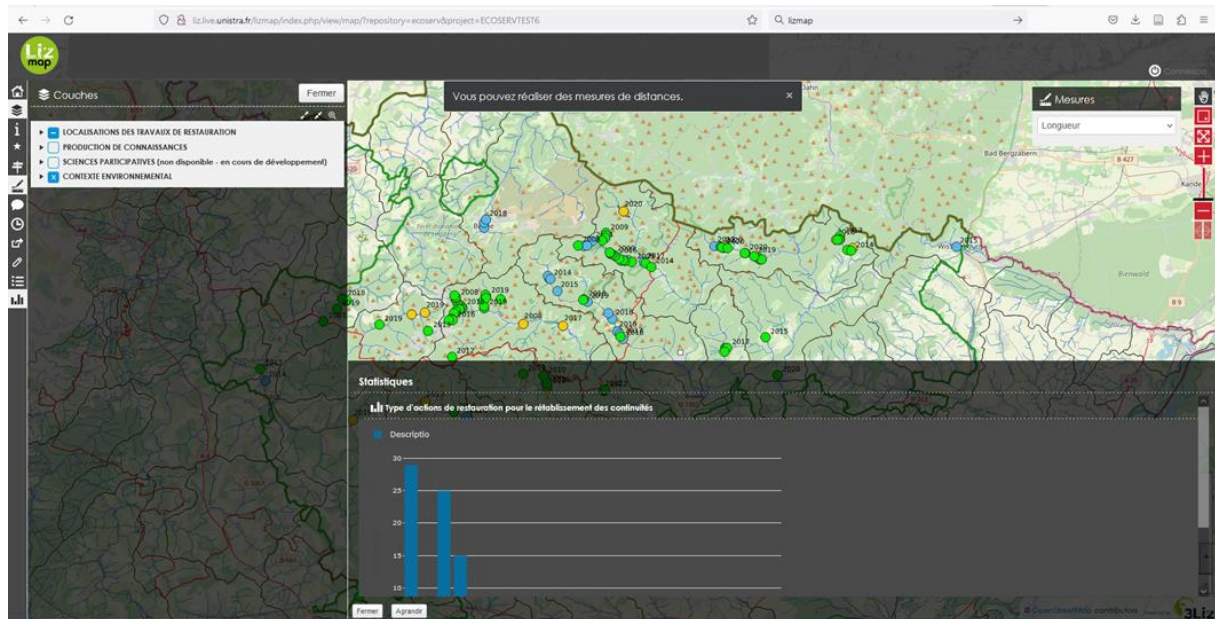
L'application Lizmap de l'Observatoire Santé périnatale-Environnement se trouve hébergée dans les serveurs du LIVE (CNRS). Voici un extrait de l'interface du point de vue du profil client (utilisateur) :



L'application propose des cartes en ligne ayant plusieurs fonctionnalités, à savoir :

- Consultation des informations du projet et des données

- Un affichage des données par dimension (nuisances environnementales, aménités environnementales, offre de soins, défaveur socio-économique, santé périnatale, inégalités environnementales, inégalités sociales de santé)
- Choix des données à afficher via la légende (possibilité de cacher la légende) ;
- Déplacement sur la carte ;
- Zoom (zoom avant et arrière, sélection d'un niveau de zoom via une barre de niveau, ...) ;
- Interrogation d'un objet (coordonnées géographiques, identification, emprise ...) ;



b) Un outil d'exportation et d'impression

- L'application permet l'impression des cartes des différentes données avec plusieurs formats (.pdf, .jpeg, .png et .svg),
- L'application permet l'exportation de la donnée (3 formats d'exports GeoJson, GML2 et GML3)

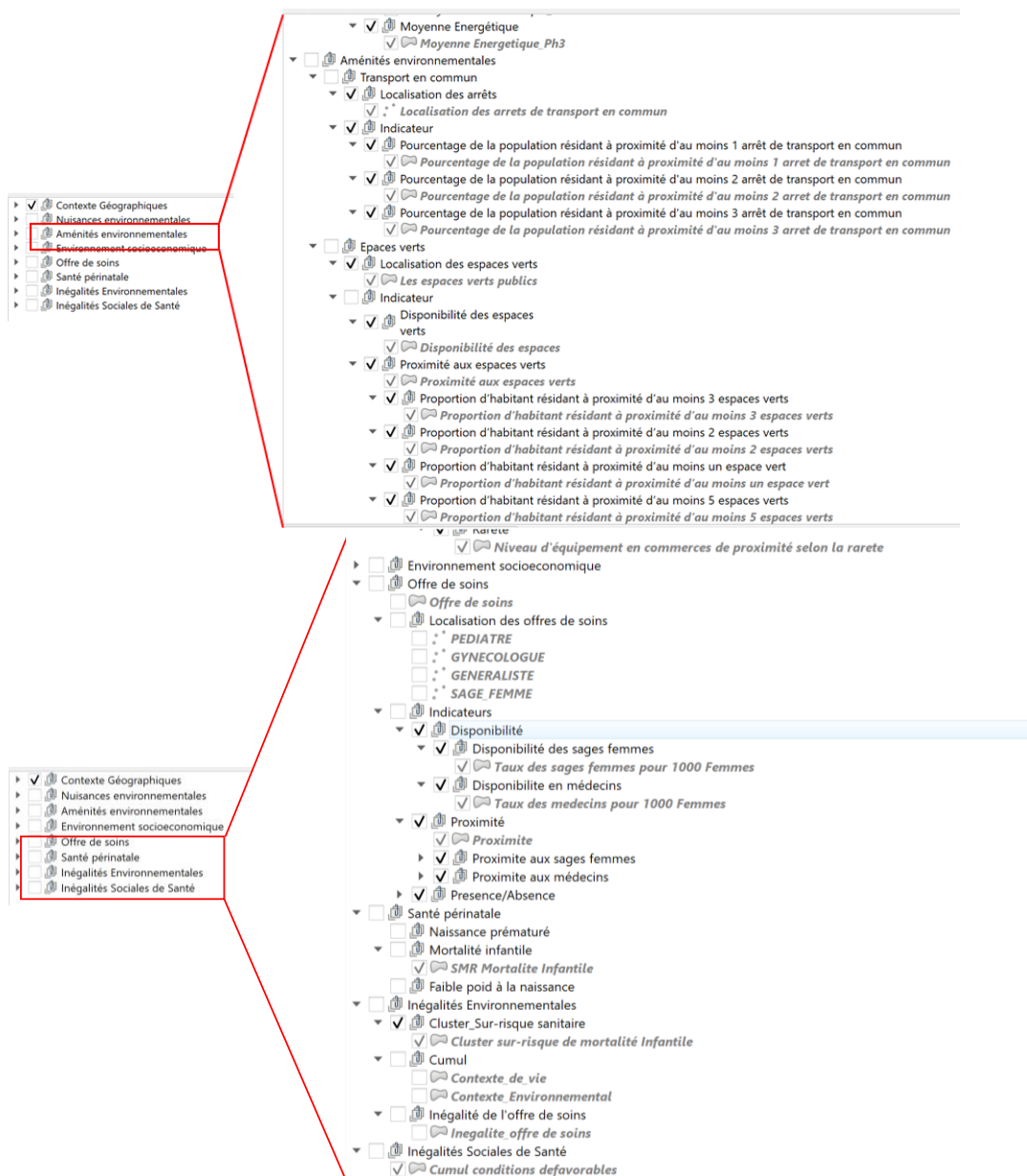
c) Un outil d'extraction des données

Cette application, permet à l'utilisateur de réaliser des requêtes sur les données en fonction de ses questions scientifiques. L'extraction des données concerne à la fois : i) les données brutes (exemple : localisation des arrêts du transport en commun, de l'offre de soins, de l'espace vert...) ; ii) les indicateurs spatialisés et catégorisés ; iii) les profils environnementaux, cadre de vie, sanitaire et socio-économique.

C - Gestion des droits d'accès par répertoire pour des groupes utilisateurs.

Le développement de cette application nécessite un travail sur les droits d'accès aux données par dimension. L'ensemble des données, comme illustré dans la figure ci-dessous, peut être disponible. En tant qu'administrateur, nous sommes en mesure de restreindre l'accès à certaines données spatiales. Nous avons travaillé collectivement pour étudier les différentes configurations de partage des données. L'ensemble des partenaires du projet, en s'identifiant avec des codes d'accès, auront un droit d'accéder à ces données.

Une dernière réunion avec l'ensemble des partenaires et les élus est programmée pour valider cette configuration de partage et publier l'application.



The screenshot displays a hierarchical tree structure for data access configuration. The tree is organized into several main categories, each with a sub-tree of specific data items. Checkmarks indicate which items are currently selected or accessible.

- Contexte Géographiques**
 - Nuisances environnementales
 - Aménités environnementales
 - Environnement socioéconomique
 - Offre de soins
 - Santé périnatale
 - Inégalités Environnementales
 - Inégalités Sociales de Santé
- Moyenne Énergétique**
 - Moyenne Énergétique Ph3
- Aménités environnementales**
 - Transport en commun
 - Localisation des arrêts
 - Localisation des arrêts de transport en commun
 - Indicateur
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 1 arrêt de transport en commun
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 1 arrêt de transport en commun
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 2 arrêt de transport en commun
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 2 arrêt de transport en commun
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 3 arrêt de transport en commun
 - Pourcentage de la population résidant à proximité d'au moins 3 arrêt de transport en commun
- Espaces verts**
 - Localisation des espaces verts
 - Les espaces verts publics
 - Indicateur
 - Disponibilité des espaces verts
 - Disponibilité des espaces
 - Proximité aux espaces verts
 - Proximité aux espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 3 espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 3 espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 2 espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 2 espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins un espace vert
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins un espace vert
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 5 espaces verts
 - Proportion d'habitant résidant à proximité d'au moins 5 espaces verts
- Niveau d'équipement en commerces de proximité selon la rareté**
- Environnement socioéconomique**
 - Offre de soins
 - Localisation des offres de soins
 - PEDIATRE
 - GYNECOLOGUE
 - GENERALISTE
 - SAGE_FEMME
 - Indicateurs
 - Disponibilité
 - Disponibilité des sages femmes
 - Taux des sages femmes pour 1000 Femmes
 - Disponibilité en médecins
 - Taux des medecins pour 1000 Femmes
 - Proximité
 - Proximité
 - Proximité aux sages femmes
 - Proximité aux médecins
 - Presence/Absence
 - Santé périnatale**
 - Naissance prématuré
 - Mortalité infantile
 - SMR Mortalité Infantile
 - Faible poids à la naissance
 - Inégalités Environnementales**
 - Cluster_Sur-risque sanitaire
 - Cluster sur-risque de mortalité Infantile
 - Cumul**
 - Contexte de vie
 - Contexte Environnemental
 - Inégalité de l'offre de soins**
 - Inégalité offre de soins
 - Inégalités Sociales de Santé**
 - Cumul conditions défavorables

D - Site web :

La singularité et l'originalité de cet Observatoire Santé périnatale-Environnement axé sur la santé du nouveau-né résident dans la mise à disposition du plus grand nombre d'indicateurs sous forme d'une plate-forme virtuelle d'information spatiale et statistique offrant une représentation très fine de la réalité des inégalités sociales et environnementales de santé périnatale, et permettant de comprendre certains facteurs y contribuant.

Ce dispositif unique en France centralise l'ensemble des données de divers champs (nuisances environnementales, aménités environnementales, défaveur socio-économique, offre de soins, santé périnatale) dans un système d'information transversale.

Créé à des fins d'information auprès de toutes les parties intéressées, et notamment des pouvoirs publics et des décideurs, le site de l'Observatoire des inégalités sociales et environnementales de la Santé périnatale propose des cartographies détaillées sur la mortalité infantile et la santé périnatale selon *i) les caractéristiques socio-économiques du territoire, ii) les nuisances environnementales, iii) l'offre de soins et iv) les aménités environnementales*, montrant de fortes disparités du risque dans le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg.

Les habitants sont-ils inégalement exposés au bruit, à la pollution atmosphérique ? Il apparaît déjà que les situations sont variées et dépendent pour une part importante des choix d'aménagement urbain opérés au fil de l'histoire.

En choisissant de rendre public et facilement accessible ces données, les responsables du programme de recherche entendent sensibiliser le plus largement possible à la problématique des inégalités environnementales et sociales de la santé dès la naissance. Ils aspirent à la mobilisation des acteurs susceptibles d'agir aujourd'hui et pour les générations futures.

Cet observatoire des inégalités sociales et environnementales de la Santé périnatale à travers le temps a pour objectif de publier en ligne un nombre croissant de résultats et de données au fil de leur analyse.

Une dernière réunion avec l'ensemble des partenaires et les élus est programmée pour valider le contenu du site web et le publier officiellement.

<https://oseeweb.live.unistra.fr/>



The screenshot shows the website <https://oseeweb.live.unistra.fr/>. The header includes a search bar and navigation links. The main content area features the title "OBSERVATOIRE des Inégalités Sociales et Environnementales de santé" with sub-topics: "Santé périnatale", "Femmes enceintes", "Nouveau-nés", and "Enfants". Logos for "Eurométropole de Strasbourg", "CNRS", and "Image Ville Environnement" are displayed. A navigation menu includes: Accueil, L'observatoire, Indicateurs, Publications, Données, Inégalités, and Actualités.

Qui sommes nous

L'Observatoire Santé Environnement Local : Identifier, Quantifier et Réduire les inégalités Sociales et environnementales de santé du nouveau-né.

Dans une politique dynamique de développement durable et de préservation de l'environnement que l'Eurométropole de Strasbourg a initié depuis les années 2000, **l'Observatoire Santé Environnement Local** est une occasion unique d'alimenter et documenter le lien entre l'environnement et la santé sur le territoire. Au travers une approche multidisciplinaire et multi-acteurs des inégalités socio-environnementales de santé, alliant des chercheurs (de différentes disciplines épidémiologie et géographie de la santé), des acteurs locaux (ATMO Grand Est et ORS Grand Est), collectivité et des décideurs (élus de l'Eurométropole de Strasbourg), l'observatoire répond à la fois aux objectifs du CLS II dans lequel l'Eurométropole de Strasbourg s'est engagée, et aux objectifs de recherche prioritaires dans un contexte de santé publique français.

Cet observatoire piloté par le LIVE propose une analyse innovante de la combinaison environnement-santé via i) une plateforme unique à destination des chercheurs, des scientifiques et des décideurs. Une telle plateforme rassemblera, à terme les données d'expositions environnementales (pollution atmosphérique, bruit, etc.) et d'aménités (espaces verts, accès aux services de soins et aux professionnelles de santé, espaces de loisir, équipements sportifs, etc.). Il s'agit d'une application internet dédiée aux chercheurs scientifiques et décideurs politiques, et acteurs territoriaux optimisant la consultation interactive des données de santé, de l'environnement et des données socio-spatiales, via des requêtes préétablies. L'application permettra de consulter des résultats statistiques

5. Les difficultés rencontrées et les solutions mises en œuvre

La difficulté majeure rencontrer dans le déroulement de ce projet est l'accès aux données de santé. La première contrainte rencontrée est l'obtention des accords CNIL. Les nouvelles procédures liées à la nouvelle réglementation RGPD et les procédures de l'INDS nous ont beaucoup ralenti dans notre démarche. A cette difficulté s'ajoute la crise de COVID qui a reporté le traitement de notre demande par la CNIL. Nous avons tout de même obtenu les accords CNIL pour analyser à l'échelle infra-communale (l'IRIS) les données du CS8 (cf. Annexe A) et les données hospitalières du PMSI (cf. annexe B).

Malgré l'obtention des accords CNIL, nous avons été confrontés à une difficulté de type purement administrative, à savoir :

- i) D'une part, après une année d'échange et de travail sur la procédure de géocodage des données par les services de la PMI, le changement institutionnel (la création de la Collectivité Territoriale d'Alsace « CeA ») qui s'est opéré pendant cette période du projet a conduit le service de la PMI à mettre en attente notre collaboration et par conséquent à la mise à disposition des données. La programmation de futurs échanges avec le service de la PMI de la CeA sont en cours pour reprendre ce travail de collaboration avec le conseil départementale 67 et accéder aux données du CS8.
- ii) D'autre part, la mise à disposition et l'analyse de ces données hospitalières (PMSI) impliquent d'établir une convention d'échange et de partage de données entre l'Eurométropole de Strasbourg, l'université de Strasbourg et les service des HUS. Cette convention étant encore en cours de signature (depuis une année), l'exploitation des données dans le cadre de ce projet est toujours en attente.

6. Les interactions entre les équipes, les efforts en matière d'interdisciplinarité

Un premier Comité de pilotage -COPIL (en présence de l'ensemble des partenaires du projet et les élus de l'Eurométropole de Strasbourg) a été organisé en octobre 2018 afin d'acter le démarrage officiel du projet. Ce COPIL était aussi l'occasion de déterminer la démarche de travail à mettre en place pour l'élaboration d'un Observatoire Santé Environnement Local- santé périnatale ; observatoire qui se veut être opérationnel, accessible à tous les acteurs concernés par la santé environnementale, incluant les inégalités environnementales et sociales de santé et plus particulièrement un observatoire qui perdure dans le temps.

Nous avons donc opté à l'unanimité à mettre en place des Comités techniques pour travailler collectivement sur les différentes dimensions de l'Observatoire (données sanitaires, données environnementales, données contextuelles).

Nous avons travaillé sur la constitution des différents comités techniques (cf. Figure 1) afin de fédérer le plus grand nombre d'acteurs concernés par cette problématique dans le but de travailler collectivement sur l'élaboration de cet observatoire Santé Environnement Local.

Ainsi, ce projet a été une occasion pour fédérer les différents partenaires autour de cette problématique des inégalités environnementales et sociale de santé dans l'optique de contribuer à la réflexion la mise en place et la mise à disposition des données des différents partenaires.

Ainsi, au-delà des acteurs ORS Grand Est, Faculté de Géographie, CNRS, Eurométropole et Ville de Strasbourg ; EHESP, ATMO Grand Est, différents acteurs ont intégré l'élaboration de cet observatoire : L'Agence de Développement et d'Urbanisme de l'agglomération Strasbourgeoise **-ADEUS-**, ***L'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique -APPA-***, les Hôpitaux Universitaire de Strasbourg (**CHRU**), l'Agence Régional de la Santé **-ARS Grand Est-**, le conseil départemental **CD67 (service de la PMI)**, le **CEREMA**, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement **-DREAL-**, le **Réseau Naître en Alsace**. Ainsi, aujourd'hui cet observatoire compte 13 partenaires (cf. Annexe C).

Le déroulement de ce projet est basé sur une réflexion collégiale que nous avons eue lors des ateliers thématiques couvrant les 3 volets thématiques (données sanitaires, données environnementales, données contextuelles) au nombre de 3 par an. Chaque atelier thématique impliquant l'ensemble des partenaires de diverses disciplines et de compétences complémentaires nous a permis d'échanger sur les différentes facettes des inégalités environnementales et sociales de santé avec un regard différent et très enrichissant. Ces ateliers thématiques ont donné lieu à des prises de décision pour orienter les tâches à accomplir dans le cadre du projet.



Figure 34. Mise en œuvre et déroulement des atelier thématique de la première année du projet

7. Eventuellement, justification des écarts par rapport aux prévisions initiales

En raison de la crise sanitaire (pandémie liée à la COVID-19) qui a duré plus d'un an et des différentes contraintes (période de confinement et télétravail) que nous avons subies sur une longue période, le fonctionnement des différents partenaires a été bouleversé avec une priorité absolue accordée à la crise sanitaire en l'occurrence les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et le Conseil Départemental 67. Le traitement et l'analyse des données de santé en lien avec notre projet ont été momentanément en arrêt pendant plusieurs mois.

Les conséquences de cette situation sur le déroulement de notre projet sont nombreuses :

- Aucun d'accès aux données de santé pendant une longue période. La crise sanitaire a ralenti l'avancée du travail de collecte de données, étant donné que le conseil départemental 67 est complètement inversé dans la gestion de la crise sanitaire engendrant un retard dans la signature

de la convention (en attente depuis des mois) et dans l'extraction des données (aujourd'hui non effectuée).

- Le travail des stagiaires (M1 et M2) sur les données de santé du nouveau-né prévu pendant cette période a été annulé (n'ayant pas pu avoir les données et étant en incapacité d'accueillir des stagiaires).
- Le traitement de notre demande d'accord de la CNIL pour la mise en place de notre plateforme de l'observatoire santé-environnement a été mis à l'arrêt pour une longue période, et ce, malgré de nombreuses relances de notre part (et celle de la DPO de l'université de Strasbourg) depuis 1 an (le traitement des études en lien avec le COVID étant prioritairement traité)
- Le planning des rencontres avec les partenaires a été également perturbé et retardé. Il a été difficile de reprendre l'organisation des plannings avec des partenaires dont les priorités ont changé suite à la crise sanitaire (ARS Grand Est, l'Eurométropole de Strasbourg, les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, ORS GE, Conseil départemental (CD67), ATMO Grand Est).

Nous avons déjà obtenu une prolongation (de 6 mois) suite au premier confinement, mais malheureusement, même si nous avons pu avancer sur le volet environnemental, nous avons été confrontés à un réel problème que nous ne pouvions pas anticiper : la mise à disposition des données de santé qui a pris un retard considérable qui s'étend bien au-delà de la période de la crise sanitaire.

Nous avons donc formulé une deuxième demande pour l'obtention d'une prolongation supplémentaire d'une durée de 6 mois afin de finaliser le projet et réaliser l'ensemble des tâches initialement prévues.

Nous avons donc obtenu 12 mois de prolongation pour mettre en place notre projet.

Au-delà de la crise sanitaire à laquelle nous avons dû faire face, les délais de mise en place des conventions d'échange de données nous ont conduit à reporter, à adapter voir à modifier nos Plans analyses statistiques en attendant d'avoir les données de santé manquantes.

8. Les apports pour la recherche en matière de production de connaissances scientifiques

8. 1. Les perspectives en termes d'aide à la décision pour l'action publique

Ce projet a permis la mise en place d'un dispositif unique en France qui centralise l'ensemble des données de divers champs (nuisances environnementales, aménités environnementales, défaveur socio-économique, offre de soins et santé périnatale) dans un système d'information transversal.

A terme, grâce à ce dispositif, qui sera alimenter à fur et à mesure de la mise à jour des données, le suivi régulier dans le temps d'indicateurs sanitaires, environnementales et sociales sur une unité spatiale

donnée permettra d'évaluer l'efficacité des actions qui auraient été conduites ; ce dispositif s'inscrira alors dans de la recherche interventionnelle visant à mettre en place de l'évaluation des interventions. Aussi, le croisement des différentes données au travers des profils et l'identification de zone de cumul de défaveur permettront de définir des interventions visant à promouvoir un environnement sain et réduire les inégalités en s'appuyant sur une démarche stratégique telle celle décrite par Marmot (*Proportionate Universalism*) ; cette dernière définit que si des actions doivent être menées en faveur de la santé pour la population générale, elles doivent cependant avoir une intensité proportionnelle au désavantage social préexistant et ainsi cibler des interventions sur des groupes de populations à haut-risque.

8.2. La stratégie de valorisation scientifique et de diffusion des résultats

Au-delà de la valorisation scientifique que nous avons réalisée et qui est en cours, une valorisation pédagogique des données est facilitée par l'implication de l'université de Strasbourg en tant que partenaire du projet, dont une de ces missions est l'enseignement, **une valorisation pédagogique** est envisagée au sein de différentes formations, notamment en unité d'enseignement autour de la dynamique dans le cadre du Master Géographie Environnementale (GE), dans la Mention- Géographie, Aménagement, Environnement, Développement.

Sur le plan de la santé publique, la valorisation des résultats auprès des acteurs locaux, élus, habitants, professionnels de santé et de l'aménagement urbain, etc., visera également à nourrir les réflexions sur les actions de réduction des inégalités de santé à mettre en place au sein de l'Eurométropole de Strasbourg.

Ainsi, ce projet pourra avoir des retombées en matière d'appui aux politiques locales, nationales ou internationales de santé publique. Plusieurs membres du projet sont impliqués dans des instances d'expertise en appui aux politiques de santé (ORS, Eurométropole de Strasbourg, Atmo Grand Est, Haut Conseil de la Santé Publique, groupes d'experts de l'OMS-Euro ...) qui sont des lieux naturels où les résultats issus du projet seront présentés pour contribuer à l'élaboration des rapports et préconisations de ces instances sur le sujet des inégalités sociales de santé.

8.3. Atteinte des objectifs par tâche

Objectif	Tâches	Dans quelle mesure les objectifs ont été atteints	L'état d'avancement de la tâche (réalisée, retardée, révisée, abandonnée)	Leur apport dans le domaine
1. Elaboration de l'observatoire Santé-Environnement -Mise en œuvre et valorisation-	1.1. Caractérisation des environnements géographiques	Atteints	Réalisée	Production d'indicateurs spatialisés et de cartographies
	1.2. Evaluation des interrelations entre les différents indicateurs environnementales, sanitaires et contextuelles	Atteints	Réalisés en partie, mais révisée en termes d'indicateurs de santé du nouveau- né	Production de connaissance en termes de cumul de défaveur
2. Identification des zones de cumul de facteurs de vulnérabilités (sanitaire, sociale, environnementale)	2.1. Identifier spatialement les zones où le risque sanitaire est statistiquement élevé ou faible	Atteints (seulement pour un événement de santé- la mortalité infantile	Réalisée en partie, mais révisée en termes d'indicateurs de santé du nouveau- né	Identification des zones prioritaires pour la mise en place d'actions locales
	2.2. Détermination facteurs de risque associés aux fluctuations spatiales des risques sanitaires	Atteints (seulement pour un événement de santé- la mortalité infantile	Réalisée en partie, mais révisée en termes d'indicateurs de santé du nouveau- né	Identification des facteurs sur lequel des actions peuvent être mss en place
3. Investigation des relations de causalité	Développement du Modèle à Equation Structurelle	Atteints	Réalisée en partie, mais révisée en termes d'indicateurs de santé du nouveau- né	Meilleure connaissance des mécanismes des inégalités sociales et environnementales de santé
Réunion	Réunion d'étape	Atteints	Réalisée	Réflexion collégiale et interdisciplinaire
	Réunion de travail	Atteints	Réalisée	Réflexion collégiale et interdisciplinaire

9. Diffusion et communication

Les résultats de ce projet sont pour certains aspects déjà publiés dans des revues à comité de lecture (voir la liste ci-dessous) alors que de nombreux autres sont encore en cours de valorisation (voir d'analyse). Pour cette raison, nous souhaitons que à ce stade, tous les résultats issus de ce travail restent confidentiels excepté évidemment les travaux déjà publiés.

Articles scientifiques

- 1- Simoncic V, Deguen S, Enaux C, Vandentorren S, Kihal-Talantikite W. A comprehensive review on social inequalities and pregnancy outcome - Identification of relevant pathways and mechanisms. *Int J Environ Res Public Health* 2022, 19, 16592.
- 2- Deguen S, Amuzu M, Simoncic V, Kihal-Talantikite W. Exposome and Social Vulnerability: An Overview of the Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar 16;19(6):3534. doi: 10.3390/ijerph19063534.
- 3- Deguen S, Kihal-Talantikite W. Health Equity Impact Assessment Related to Air Pollution Reduction. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:15352.
- 4- Hamann V, Deruelle P, Enaux C, Deguen S, Kihal-Talantikite W. Physical activity and gestational weight gain: a systematic review of observational studies. *BMC Public Health*. 2022;22:1951.
- 5- Simoncic V, Hamann V, Huber L, Deruelle P, Sananes N, Enaux C, et al. Study protocol to explore the social effects of environmental exposure and lifestyle behaviours on pregnancy outcome: an overview of cohort of pregnant women study. *BMJ Open*. 2022;12:e058883.
- 6- Simoncic V, Pozzar M, Enaux C, Deguen S, Kihal-Talantikite W. Optimization and Process Design Tools for Estimation of Weekly Exposure to Air Pollution Integrating Travel Patterns during Pregnancy. *Open J Stat*. 2022;12:408–32.
- 7- Kihal-Talantikite W, Marchetta P, Deguen S, Infant Mortality Related to NO₂ and PM Exposure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 2020, 17, doi : 10.3390/ijerph17082623.

Communications :

1. Simoncic, V.; Enaux, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Adverse Birth Outcomes Related to NO₂ and PM Exposure: European Systematic Review and Meta-Analysis. Colloque ISEE conference of International Society for Environmental Epidemiology, sept 2022, Lisbon, Portugal.
2. Simoncic, V.; Pozzar, M.; Enaux, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Optimization and Process Design Tools for Estimation of Weekly Exposure to Air Pollution Integrating Travel Patterns during

Pregnancy. Colloque ISEE conference of International Society for Environmental Epidemiology, sept 2022, Lisbon, Portugal.

3. Simoncic, V.; Hamann, V.; Huber, L.; Deruelle, P.; Sananes, N.; Enaux, C.; Alter, M.; Schillinger, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Study Protocol to Explore the Social Effects of Environmental Exposure and Lifestyle Behaviours on Pregnancy Outcome: An Overview of Cohort of Pregnant Women Study. Colloque ISEE conference of International Society for Environmental Epidemiology, sept 2022, Lisbon, Portugal.
4. Simoncic, V.; Hamann, V.; Huber, L.; Deruelle, P.; Sananes, N.; Enaux, C.; Alter, M.; Schillinger, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Study Protocol to Explore the Social Effects of Environmental Exposure and Lifestyle Behaviours on Pregnancy Outcome: An Overview of Cohort of Pregnant Women Study. Colloque ISES conference of International Society of Exposure Science, sept 2022, Athens, Greece.
5. Simoncic, V.; Enaux, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Adverse Birth Outcomes Related to NO₂ and PM Exposure: European Systematic Review and Meta-Analysis. Colloque ISES conference of International Society of Exposure Science, sept 2022, Athens, Greece.
6. Simoncic, V.; Pozzar, M.; Enaux, C.; Deguen, S.; Kihal-Talantikite, W. Optimization and Process Design Tools for Estimation of Weekly Exposure to Air Pollution Integrating Travel Patterns during Pregnancy. Colloque ISES conference of International Society of Exposure Science, sept 2022, Athens, Greece.
7. Simoncic V, Kihal-Talantikite W, Enaux C. Optimization and process design tools for estimation of weekly exposure to air pollution integrating travel patterns during pregnancy, IMGS, 19-24 june 2022, Edinburgh, United Kingdoms.

Séminaires

- 1- Séminaire « bilan intermédiaire PRSE 3 » – Région Grand Est. *Titre de la communication* : Inégalités socio-territoriales : quelle contribution de l'environnement ? HARPET C et KIHAL W, 28 novembre 2019.
- 2- Séminaire sur les ISS de la *Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES)*. *Titre de la communication* « Observatoire Santé Environnement Local : identifier, quantifier et réduire les inégalités sociales et environnementales de santé du nouveau-né. » KIHAL W, 4 juin 2019, Paris.

Communication accepté- annulé pour cause de COVID

Rencontres territoriales de la santé (CNFPT) « agir ensemble pour la sante dans les territoires: enjeux et pratiques »-16, 17 septembre 2020. *Titre de la communication* : Observatoire Santé Environnement Local : Identifier, Quantifier et Réduire les inégalités Sociales et environnementales de santé du nouveau-né

ANNEXE A : Accords CNIL obtenu pour l'analyse des données du CS8 de la PMI à l'échelle infra-communale



La Vice-Présidente déléguée

Monsieur Denis ZMIROU
DIRECTEUR
ECOLE DES HAUTES ETUDES EN SANTÉ
PUBLIQUE - EHESP
15 AVENUE DU PROFESSEUR LÉON
BERNARD
35043 - RENNES

Paris, le **21 FEV. 2020**

N/Réf. : SLN/OTB/AR1913842

Objet: AUTORISATION

Décision DR-2020-010 autorisant l'ECOLE DES HAUTES ETUDES EN SANTÉ PUBLIQUE à mettre en œuvre la modification d'un traitement de données ayant pour finalité une étude portant sur la vulnérabilité sociale et environnementale du nouveau-né. Une étude à fine échelle géographique sur l'Eurométropole de Strasbourg, intitulée "Périnatalité et inégalités sociales et environnementale de santé". (Demande d'autorisation n° 914118V1)

Monsieur le Directeur,

Vous avez saisi notre Commission d'une demande de modification d'autorisation relative à un traitement de données à caractère personnel ayant pour finalité :

ÉTUDE PORTANT SUR LA VULNÉRABILITÉ SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE DU NOUVEAU-NÉ. UNE ÉTUDE À FINE ÉCHELLE GÉOGRAPHIQUE SUR L'EUROMÉTROPOLE DE STRASBOURG, INTITULÉE "PÉRINATALITÉ ET INÉGALITÉS SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALE DE SANTÉ"

Les modifications envisagées portent principalement sur l'allongement de la durée de l'étude et l'ajout de l'Eurométropole de Strasbourg.

Ce traitement, qui présente une finalité d'intérêt public, relève de la procédure des articles 66, 72 et suivants de la loi du 6 janvier 1978 modifiée.

Les services de notre Commission ont étudié les caractéristiques de votre dossier, en particulier le protocole de l'étude et les modalités d'information et d'exercice des droits des personnes concernées.

En application de l'article 14-5-b du Règlement général sur la protection des données (RGPD) et de l'article 69 de la loi informatique et libertés modifiée, l'obligation d'information individuelle de la personne concernée peut faire l'objet d'exceptions dans l'hypothèse où la fourniture d'une telle information se révèle impossible, exigerait des efforts disproportionnés ou compromettrait gravement la réalisation des objectifs du traitement.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

3 Place de Fontenoy, TSA 80715 - 75334 PARIS CEDEX 07 - 01 53 73 22 22 - www.cnil.fr

Les données personnelles nécessaires à l'accomplissement des missions de la CNIL sont traitées dans des fichiers destinés à son usage exclusif.
Les personnes concernées peuvent exercer leurs droits Informatique et Libertés en s'adressant au délégué à la protection des données (DPO) de la CNIL
via un formulaire en ligne ou par courrier postal. Pour en savoir plus : www.cnil.fr/donnees-personnelles.

ANNEXE B : Accords CNIL obtenu pour l'analyse des données du PMSI à l'échelle infra-communale



La Présidente

Monsieur Michel DENEKEN
PRÉSIDENT
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
4 RUE BLAISE PASCAL
97081 - STRASBOURG

Paris, le 15 février 2022

N/Réf. : MLD/MFN/VCS/AR205910

Objet : AUTORISATION

Décision DR-2022-045 autorisant l'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG à mettre en œuvre un traitement de données ayant pour finalité une étude portant sur les inégalités sociales et environnementales de la santé de la mère et du nouveau-né. (Demande d'autorisation n° 920060)

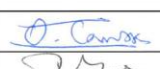
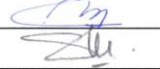
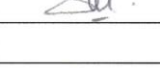
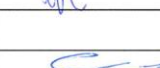
La Commission a été saisie d'une demande d'autorisation relative à un traitement de données à caractère personnel. Ce traitement, dont la finalité présente un caractère d'intérêt public, relève de la procédure prévue aux articles 66, 72 et suivants de la loi du 6 janvier 1978 modifiée.

Responsable de traitement	L'Université de Strasbourg
Avis du comité	Avis réservé du Comité d'expertise pour les recherches, les études et les évaluations dans le domaine de la santé du 30 octobre 2019.
Finalité	Étude portant sur les inégalités sociales et environnementales de la santé de la mère et du nouveau-né.
Point de non-conformité à une méthodologie de référence	Le dossier de demande mentionne que le traitement mis en œuvre pour les besoins de cette étude est conforme à la méthodologie de référence MR-004, à l'exception de la nature des données collectées et des modalités d'information des personnes concernées. En dehors de ces exceptions, ce traitement devra respecter le cadre prévu par la méthodologie de référence MR004.

ANNEXE C : Feuille émargement comité technique de projet d'observatoire



Comité technique : santé périnatale et accès aux soins
 Projet- Observatoire local santé-environnement-- Projet IReSP
 Vendredi 29 mars 2019 13h 16h (locaux ORS Grand Est – Strasbourg)

NOM	ORGANISME	SIGNATURE
Béatrice BULOUE	Eurométropole / Ville de Strasbourg	
Olivier CAUSSE	Eurométropole / Ville de Strasbourg	
Séverine DEGUEN	EHPESP	
Philippe DERUELLE	Hôpitaux universitaires de Strasbourg	
Sonia DOISY	DREAL	
Christophe ENAUX	Faculté de Géographie, LIVE	
Benoît ESCANDE	Réseau Naître en Alsace	
Alexandre FELTZ	Eurométropole / Ville de Strasbourg	
Emilie GARDEUR	ORS Grand Est	
Virginie HAMANN	ORS Grand Est	
Nadia HONORE	ORS Grand Est	
Wahida KIHAI	CNRS, LIVE	
Stéphanie MONIOT	Agence régionale de la santé	
Gabriel NISAND	Hôpitaux universitaires de Strasbourg DIM	
Martine OTT	Hôpitaux universitaires de Strasbourg	
Emmanuel RIVIERE Maxime ALTER	ATMO Grand Est	
Pascale ROUILLARD-NEAU	Eurométropole / Ville de Strasbourg	
Hamza SADAoui	Réseau Naître en Alsace	
Françoise SCHAETZEL	Eurométropole / Ville de Strasbourg	
Charles SCHILLINGER	ATMO Grand Est	
Florence SCHWARZ	ORS Grand Est	

Amand Piorasini Fac. de géographie - LIVE 

Glossaire

Livrable : tout composant matérialisant le résultat de la prestation de réalisation. Toute production émise par le titulaire au cours du projet : document, courrier revêtant un caractère officiel, module de code logiciel, dossiers de tests, application intégrée, objet, dispositif...

Livrable interne : réalisé au sein du programme et non communiqué à l'extérieur du programme.

Livrable externe : élément diffusé ou livré hors de la communauté du projet de recherche.

Faits marquants : élément non nécessairement quantifiable mais significatif pour le projet.

Signature du rédacteur et/ou du coordinateur scientifique de projet (si différents) :



Séverine DEGUEN



Wahida KIHAL

Ce document est à renvoyer aux adresses suivantes :

suiviprojets.iresp@inserm.fr