

Projet de recherche post-doctoral : Projet CHILD-E&D

Contexte

Les aspects physiques de l'environnement des enfants et le concept d'exposome

Les inégalités socioéconomiques liées au développement psychologique et à la santé mentale des enfants peuvent être observées dès le plus jeune âge et ont tendance à s'accroître au fil du temps. Cependant, il existe d'importantes différences interindividuelles dans le développement, ce qui implique la possibilité d'une résilience.

Jusqu'à récemment, l'impact des aspects physiques de l'environnement sur le développement et la santé mentale des enfants a peu été examiné, en particulier en considérant les facteurs environnementaux de manière conjointe. **Un premier sujet concerne la pollution atmosphérique par les particules**, 7^e facteur de risque global de décès et de maladie dans le monde (Murray et al., 2020). Des résultats d'études expérimentales indiquent que la pollution atmosphérique peut avoir des effets néfastes sur le système nerveux central (Block et al., 2012). Des études d'exposition prénatale et pendant l'enfance suggèrent des associations avec un retard dans le développement (Guxens et al., 2014) et un dysfonctionnement cognitif pendant l'enfance (Guilbert et al., 2023; Jedrychowski et al., 2015). **Deuxièmement, la présence de verdure** dans les zones où les enfants vivent ou vont à l'école pourrait avoir un rôle clé dans leur développement suite à l'implication potentielle de 3 mécanismes (*atténuation* de facteurs environnementaux néfastes potentiels comme la pollution de l'air et le bruit ; *restauration* en soulageant la charge neurocognitive ; et *instauration* via une activité physique et une cohésion sociale accrues) (Markevych et al., 2017). Une revue systématique récente suggère des associations positives entre la verdure et une variété d'indicateurs de développement et de santé mentale (Luque-García et al., 2022). **Troisièmement, la marchabilité d'un quartier** est une mesure composite de la propension d'un environnement à favoriser la marche (Frank et al., 2005). Bien que certaines études suggèrent un effet protecteur contre l'obésité infantile, les données de la littérature restent à l'heure actuelle limitées (Yang et al., 2021), en particulier concernant le développement et la santé mentale (Gascon et al., 2016). **Quatrièmement, l'OMS suggère des effets de l'exposition au bruit** sur la santé de l'adulte (Basner & McGuire, 2018; Guski et al., 2017; Śliwińska-Kowalska & Zaborowski, 2017). Chez l'enfant, une majorité d'études concerne le bruit ambiant durant la nuit, associé au risque de troubles cognitifs et comportementaux par un nombre limité d'études (Gascon et al., 2016).

Par analogie au génome, le concept d'exposome a été proposé pour décrire l'ensemble des expositions environnementales humaines au cours de la vie. C'est dans cette optique que ce projet cherchera à caractériser une partie de l'exposome des enfants de la cohorte ELFE de leur naissance à leur 5 ans, en considérant de manière longitudinale 4 facteurs environnementaux essentiels. Nous investiguerons ensuite comment cette partie de l'exposome peut affecter le développement et la santé mentale des enfants.

Objectif scientifique

Le premier objectif est de déterminer et décrire des profils d'enfants selon leur exposition à 4 facteurs environnementaux (la pollution atmosphérique, la verdure, la marchabilité et l'exposition au bruit). Les données individuelles de la cohorte ELFE seront utilisées. Chaque cluster d'enfants sera décrit selon ces 4 facteurs environnementaux, mais aussi selon des caractéristiques individuelles et familiales.

Le deuxième objectif est d'étudier les associations entre ces différents profils d'exposition et le développement psychomoteur et la santé mentale. Les analyses seront réalisées en tenant compte d'un large éventail de facteurs de confusion potentiels (caractéristiques socio-démographiques individuelles et familiales, etc.).

Le troisième objectif est d'examiner les mécanismes expliquant les liens entre ces 4 facteurs environnementaux et la santé mentale et le développement. Des tests d'interaction et des analyses de médiation seront réalisés afin de mieux comprendre les potentiels effets cumulatifs (antagonistes ou synergiques) et modérateurs. La modification des effets des expositions environnementales en fonction du type de territoire où vivent les enfants sera investiguée.

Justification de l'approche scientifique

Le projet s'appuiera sur les données longitudinales de l'étude de cohorte ELFE, un échantillon représentatif de 18 321 enfants nés en France en 2011 (Etude Longitudinale Française depuis l'Enfance) (<https://www.elfe-france.fr/>, investigateur principal : Marie-Aline Charles, INSERM/INED).

Données de santé mobilisées – indicateurs de développement et santé mentale

Le développement psychologique et les fonctions psychomotrices des enfants sont évalués à l'aide des réponses des parents sur le *Child Developmental Inventory* (CDI), une échelle validée évaluant le langage et les réalisations psychomotrices (Ireton & Glascoe, 1995) à 2, 3,5 et 5,5 ans. Les difficultés de santé mentale des enfants ont été évaluées à 5,5 ans par les parents à l'aide du *Strengths and Difficulties Questionnaire* (SDQ) (Goodman, 1997), un

questionnaire validé de 25 items qui évalue les difficultés émotionnelles des enfants, les difficultés comportementales et les comportements prosociaux.

Données environnementales mobilisées

Les adresses de résidence géolocalisées des participants à l'étude ELFE sont en cours d'appariement ou ont été appareillées aux données environnementales suivantes :

- **Pollution de l'air** : données déjà appareillées et validées par l'équipe Inserm U1209 - Dr. Johanna LEPEULE. Modèles basés notamment sur des données satellites permettant de prédire les particules fines et le dioxyde d'azote (PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂) sur la période 2000-2020 avec d'excellentes performances issues de la validation croisée) (Barbalat, Under Review; Hough et al., 2021).

- **Verdure** : calcul de l'indice de végétation de différence normalisée (NDVI) (Tucker, 1979) par imagerie satellite. Les rasters NDVI et MSAVI pour la France entière aux années 2011 - 2014 – 2016 ont été calculés à partir de photographies Landsat à 30 mètres de résolution. Ils ont été fournis par un partenaire (<https://www.meteory.eu/>). Aussi, l'aire végétale basée les données IGN BD_TOPO consistant en de la modélisation du territoire français sera estimée.

- **Marchabilité** : un indice de marchabilité basé sur la méthode de (Frank et al., 2010) sera établi. Il est constitué d'une fonction comprenant trois paramètres : la densité résidentielle nette (basée sur base des revenus localisés sociaux et fiscaux [Filosophi](#)), la connectivité des rues (données routières de la BD_TOPO) et la diversité de l'utilisation des territoires (basé sur Base Permanente des Équipements INSEE).

- **Exposition au bruit** : en collaboration avec deux chercheurs de l'Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale (UMRAE), le projet [NoiseModelling](#) sera utilisé pour estimer l'exposition au bruit des enfants de la cohorte ELFE. Cet outil permet de produire des cartes de bruit environnemental sur de grandes zones urbaines, en se basant sur le modèle acoustique [CNOSSOS-EU](#). Il prend notamment en compte les différents types de bâtiments, les routes, chemins de fer ainsi que les types de sols, qui seront extraits d'OpenStreetMap. Les données précises de trafic routier ne sont disponibles que pour les grosses agglomérations françaises. Il est donc envisagé de simuler le trafic routier pour tous les enfants de la cohorte.

Zones tampon / buffers

Pour les participants à l'étude ELFE possédant une adresse de résidence géolocalisée, des « buffers » circulaires ou marchables (package R *osrm*) de différents rayons ont été modélisés autour de leur adresse. Les 4 indices environnementaux cités précédemment pourront être mesurés pour chaque participant et chaque taille de buffer.

Analyses statistiques

Pour chaque participant, l'estimation des indicateurs environnementaux sera réalisée de manière longitudinale aux différentes vagues d'enquête. Afin d'identifier des profils de participants basés sur les différents facteurs environnementaux tout en conservant le caractère longitudinal des données, des techniques d'apprentissage automatique non supervisé comme le *Random Forests* et la modélisation de trajectoires de type « *group-based multi-trajectory modeling* » seront utilisés (Hu & Szymczak, 2023; Nagin et al., 2018).

Des méthodes qui permettent de tester les associations causales entre l'exposition environnementale et les indicateurs de développement et de santé mentale seront mises en œuvre. Plus précisément, les données seront analysées en utilisant la technique du score de propension, qui permet de contrôler a) les facteurs de confusion non mesurés et b) le biais de sélection (Haviland et al., 2008). Les analyses statistiques prendront en compte un large éventail de covariables comme les caractéristiques démographiques de la famille et la santé.

Pour répondre à l'objectif 3, des tests d'interaction et des analyses de médiation (Richiardi et al., 2013) seront réalisés afin de mieux comprendre les potentiels effets cumulatifs (antagonistes ou synergiques) et modérateurs (pollution et bruit comme médiateurs des associations verdure / marchabilité et santé mentale par exemple).

Adéquation aux thématiques indiquées dans l'appel à projets

Le projet permettra de mieux appréhender l'impact de l'exposome sur le développement psychomoteur et la santé mentale d'enfants vivants en France métropolitaine. Il pourra encourager la réplication des méthodes au sein d'autres cohortes afin de renforcer le niveau de preuve concernant les résultats et suscitera de nouvelles questions de recherche, le tout dans une optique d'orienter les politiques de santé publique et d'aménagement urbain en prenant en compte un ensemble de facteurs de manière conjointe plutôt que des actions ciblées.

Profil recherché

- Connaissances du traitement et de l'analyse de données contextuelles
- Maîtrise de méthodes statistiques adaptées au traitement de données individuelles et contextuelles volumineuses
- Maîtrise de l'anglais lu, écrit et parlé et bonne maîtrise de R ou autre logiciel équivalent appréciée