

TITRE DU PROJET : **Accessibilité aux espaces verts en milieu urbain, périurbain et rural : indicateurs, exposition, effet propre et effet de modulation**

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : **MAUNY**

Prénom : **Frédéric**

Section CNU : **46.04**

Grade : **PU-PH**

HDR : Date de soutenance : **mai 2011** / Discipline : **Santé publique**

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : **uMETH, Inserm CIC 1431, CHU - Hôpital Saint Jacques, 2 place Saint Jacques, 25 030 Besançon Cedex,**

frederic.mauny@univ-fcomte.fr, tel : 03 81 21 94 94

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : **UMR 6249 CHRONO-ENVIRONNEMENT, Dir. Emilie Gauthier**

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- Nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu)

UMR Chrono-environnement CNRS UMLP

- Localisation

CHU de Besançon, Hôpital Saint Jacques, Unité de méthodologie en recherche clinique, épidémiologie et santé publique (uMETH), Inserm CIC 1431.

- Nom du directeur de thèse et du co-directeur

Pr Frédéric MAUNY

- Adresse courriel du contact scientifique

frederic.mauny@univ-fcomte.fr

- Titre du projet

Accessibilité aux espaces verts en milieu urbain, périurbain et rural : indicateurs, exposition, effet propre et effet de modulation

- Description du projet (2 pages maximum)

A. Contexte et problématique

Le concept d'exposome désigne la totalité des expositions environnementales subies par un individu tout au long de sa vie (Wild, 2005). Ce cadre conceptuel invite à dépasser l'étude isolée de quelques polluants pour considérer des combinaisons d'expositions, leurs interactions et leurs effets cumulés sur la santé au cours du temps. Dans ce cadre, l'urbanisation, l'air, le bruit, les conditions météorologiques, les espaces verts, deviennent

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

des déterminants majeurs de santé, particulièrement pour les périodes de vulnérabilité comme la grossesse ou pour les sujets porteurs de pathologies chroniques.

Les espaces verts (EV) (*greenness*) constituent un élément clé de cet exposome. De nombreuses études montrent des effets bénéfiques : réduction du stress, amélioration de la santé mentale, augmentation de l'activité physique, diminution du risque cardio-métaboliques (Liu et al., 2023) et issues de grossesse (poids de naissance plus élevé, baisse du risque de prématurité) (Ahmer et al., 2024). Ils modulent aussi d'autres expositions (bruit, pollution atmosphérique, température), avec des effets qui peuvent être favorables (e.g. refroidissement urbain, dispersion des polluants) (Liu et al., 2023). À l'inverse, les EV ne sont pas uniquement protecteurs et/ou modulateurs, ils peuvent être sources de pollens allergènes, de pesticides ou encore favoriser certains vecteurs biologiques (Liu et al., 2023).

Cette double dimension rend la quantification de l'exposition aux EV particulièrement complexe. Xie et al. (2023) soulignent que la plupart des études s'appuient sur une exposition statique. Ces approches ne captent ni la mobilité quotidienne, ni les usages réels des EV, ni des dimensions essentielles comme l'accessibilité, la visibilité ou la qualité écologique. De plus, les EV sont souvent réduits à une « quantité de verdure » alors que leur morphologie spatiale (taille, forme, continuité, connectivité, fragmentation), leur insertion dans le tissu urbain et leur contexte socio-spatial conditionnent fortement les expositions (Wang et al., 2024). L'enjeu méthodologique est donc de passer de mesures statiques et unidimensionnelles à une caractérisation multi-échelle, dynamique et morphologique des EV au sein de l'exposome urbain.

Ces questions sont particulièrement cruciales pour les populations sensibles, en particulier les femmes enceintes ou les porteurs de pathologies chroniques. La grossesse est une fenêtre de vulnérabilité où la mère et le fœtus sont exposés à des facteurs, comme par exemple la pollution atmosphérique (Pascard et al., 2024, Boitel et al., 2026), le stress thermique (Carlson et al., 2023) ou le bruit (Gélat et al., 2025). Ces expositions sont associées à un risque accru d'issues défavorables de la grossesse (e.g. prématurité, petit poids de naissance, diabète gestationnel) (Ahmer et al., 2024 ; Pascard et al., 2024).

Ce projet de thèse, s'inscrit dans le cadre d'une approche multi agents environnementaux, en considérant les espaces verts non comme une composante isolée mais comme un élément d'un système d'expositions combinées (pollution de l'air, conditions météorologiques, climat, contexte social). Dans ce contexte, les EV pourraient agir soit en rôle propre soit comme un modulateur atténuant les effets délétères de la pollution et de la chaleur, mais cet effet « tampon » reste à démontrer à partir d'indicateurs spatiaux robustes. Le projet de thèse vise précisément à dépasser les indicateurs classiques de « verdissement » pour développer des mesures plus fines, multi-échelles et morphologiques de l'exposition aux EV, mieux alignées avec les interactions réelles entre populations humaines et espaces verts.

L'originalité du travail tient ainsi à la combinaison d'un cadre conceptuel exposomique, d'indicateurs avancés d'espaces verts et de l'utilisation de données régionales riches couplées à des données individuelles médicales ou médico-obstétricales issues du programme de recherche PreCEE2 (Cot et al., 2026).

L'ambition de ce travail de thèse est donc de répondre aux objectifs suivant:

- Objectif 1 - Développer et identifier des indicateurs pertinents permettant de caractériser l'exposition globale des populations humaines aux espaces verts, à travers leurs propriétés spatiales ;
- Objectif 2 - Analyser de la relation entre l'occurrence de complications et issues défavorables de la grossesse et ces espaces verts ;
- Objectifs 3 - Identifier l'éventuel effet de modulation des espaces verts dans la relation pollution de l'air, stress thermique et issues défavorables de la grossesse.

- **Objectif 4** - Explorer, selon les avancées du travail, une approche similaire sur la survenue de poussée de maladies inflammatoires chroniques (pathologie rhumatismale, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin).

B. Méthodologie

Le projet de thèse mobilisera les outils du traitement spatial et de l'épidémiologie environnementale via l'architecture d'un l'Entrepôt de Données d'Exposomique Environnementale (EEn), base de données relationnelle portée par une équipe pluridisciplinaire majoritairement affiliée à l'UMR Chrono environnement. Cet outil permet des requêtes spatiales et temporelles très fines : données journalières sur des pixels allant de quelques mètres carrés à moins de 10 km² selon les agents, sur la période 2011-2025 et pour la totalité de la Franche-Comté (Cot et al., 2026).

- **Environnement technique et données** : Système de gestion de bases de données (PostgreSQL/PostGIS) pour l'intégration et le croisement de différentes couches géographiques complexes, puis couplage avec les données de santé à l'adresse des patients.
- **Objectif 1** : Identification des différents indicateurs (NDVI, MSAVI, distance réseau...) (Liu et al., 2023 ; Anxionnat et al., 2026), sélection et calcul à l'échelle de la Franche Comté et caractérisation descriptive des EV selon une approche multidimensionnelle (disponibilité, accessibilité...) (Liu et al., 2023 ; Wang et al., 2024), afin d'obtenir un potentiel indice composite de la « qualité verte ». Analyse de la distribution relation en fonction de facteurs d'urbanisation, d'indice de déprivation...
- **Objectif 2** : Quantification de l'association par modélisation multivariées brutes et ajustées, pour les issues de la grossesse.
- **Objectifs 3** : Approches des potentiels effets de modulation et ou de médiation à partir d'analyses stratifiées et d'introduction d'élément d'interaction (chaleur, pollution de l'air), pour les issues de la grossesse.
- **Objectif 4** : En fonction de l'avancée des travaux, application de l'approche sur les patients inclus dans la cohorte clinique MISTIC (patients porteurs d'une pathologie chroniques inflammatoires suivis au CHU de Besançon) pour explorer les effets potentiels propre ou de modulation des espaces verts sur l'occurrence et/ou la gravité des poussées de ces pathologies (polyarthrite rhumatoïde, spondylarthrite, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin...).

- **Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)**

Les financements acquis précédemment par l'équipe sont :

- **C3PO** - Pôle fédératif de recherche et de formation en santé publique BFC 2021
- **SPAIR** - APR interne du CHU de Besançon 2022
- **ATOMIC** - APR interne du CHU de Besançon 2023
- **APHEP** - Fondation Rovaltain 2023
- **EnvScore-Aorte** – APR ReSP iR 2024
- **Maternit'Air** - Pôle fédératif de recherche et de formation en santé publique BFC 2024
- **MaterniTemp** - Pôle fédératif de recherche et de formation en santé publique BFC 2025.

Cela nous a déjà permis d'alimenter progressivement l'Entrepôt de Données d'Exposomique Environnementale (EEn) du CHU de Besançon. Des crédits sont également disponibles pour la valorisation des résultats du travail de thèse (frais de relecture d'article, frais de publication, congrès).

- Connaissances et compétences requises
- Formation en Ecologie ou en Epidémiologie ou en Géographie de la santé.
- Analyse et traitement de données, requêtes SQL (PostGIS), cartographie, sens critique sur les données à disposition et leur qualité.
- Expérience dans le champ des indices de végétation et le traitement des images satellites (NVDI, MSAVI, ...).
- Capacité relationnelle, travail en équipe, autonomie.

- Résumé en français (limité à 1800 caractères)

Dans un contexte de changement climatique et d'urbanisation croissante, l'exposome, incluant pollution de l'air, le bruit, le stress thermique et espaces verts (EV), constitue un déterminant majeur de santé, particulièrement lors de fenêtres de vulnérabilité comme la grossesse. Si les bénéfices des EV sont documentés, leur quantification reste souvent limitée à des approches statiques et unidimensionnelles de « quantité de verdure », sans prise en compte de la mobilité, des usages ni de la morphologie spatiale.

Les objectifs de cette thèse sont de : 1) Développer et identifier des indicateurs pertinents permettant de caractériser l'exposition globale des populations humaines aux espaces verts, à travers leurs propriétés spatiales ; 2) Analyser de la relation entre l'occurrence de complications et issues défavorables de la grossesse et ces espaces verts ; 3) Identifier l'éventuel effet de modulation des espaces verts dans la relation pollution de l'air, stress thermique et issues défavorables de la grossesse ; et 4) Explorer, selon les avancées du travail, une approche similaire sur la survenue de poussée de maladies inflammatoires chroniques (pathologies rhumatismales, maladies chroniques de l'intestin).

Le projet s'appuie sur l'Entrepôt de Données d'Exposomique Environnementale (EDEn) du CHU de Besançon et le programme PreCEE2 (30 000 naissances), offrant une quantification journalière des expositions entre 2011 et 2025. En combinant indicateurs spatiaux avancés et modèles épidémiologiques multi-échelles, ce travail contribuera à mieux évaluer les risques et guider les politiques d'aménagement urbain en Franche-Comté.

- Résumé en anglais (limité à 1800 caractères)

In a context of climate change and increasing urbanisation, the exposome, including air pollution, noise, heat stress and green spaces (GS), is a major determinant of health, particularly during periods of vulnerability such as pregnancy. While the benefits of GS are well documented, their quantification is often limited to static, one-dimensional approaches based on 'quantity of greenery', without taking into account mobility, uses or spatial morphology.

The objectives of this PhD thesis are to: 1) Develop and identify relevant indicators to characterise the overall exposure of human populations to green spaces through their spatial properties; 2) Analyse the relationship between the occurrence of complications and adverse pregnancy outcomes and these green spaces; 3) Identify the possible modulating effect of green spaces in the relationship between air pollution, heat stress and adverse pregnancy outcomes; and 4) Explore, depending on the progress of the work, a similar approach to the onset of chronic inflammatory diseases (rheumatic diseases, chronic bowel diseases).

This work will draw on the Entrepôt de Données Exposomiques Environnementales (EDEn) at Besançon University Hospital and the PreCEE2 programme (30,000 births), providing daily quantification of exposures between 2011 and 2025. By combining advanced spatial indicators and multi-scale epidemiological models, this work will contribute to better risk assessment and guide urban planning policies in Franche-Comté region.

- Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous :

- Mots clés :

Exposome, espaces verts, santé périnatale, morphologie spatiale, indice de végétation

- Références :

- Ahmer, Z., Atif, M., Zaheer, S., Adil, O., Shaikh, S., & Shafique, K. (2024). Association between residential green spaces and pregnancy outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Health Research*, 34(9), 3188-3205.
- Anxionnat, R., Bernard, N., Mariet, A-S., Pujol, S., Parmentier, A-L., Diallo, K., Houot, H., Pierre, T., Béjot, Y., Mauny, F. (2026). Benefit of urban greenness on patients after an ischaemic stroke: mortality or recurrence? A registry-based cohort study. Accepted in *Plos One*.
- Boitel, A. et Cot, S., Pujol, S., Martin, B., Mottet, N., Gauthier-Manuel, H., Mauny, F., Bernard, N. (2026). Air pollution and adverse birth outcomes: A systematic review of fine critical windows. Accepted in *Environmental Research*.
- Carlson, J. M., Zanobetti, A., De Cuba, S. E., Poblacion, A. P., Fabian, P. M., Carnes, F., ... & Janulewicz, P. A. (2023). Critical windows of susceptibility for the effects of prenatal exposure to heat and heat variability on gestational growth. *Environmental Research*, 216, 114607.
- Cot, S., Bernard, N., Martin, B., Gauthier-Manuel, H., Pujol, S., Mauny, F., & Mottet, N. (2026). How to Better Assess the Real Role of the Environment in Pregnancy, From Past to Future: A Relational Open Data Infrastructure Covering 30,000 Births. *Health Science Reports*, 9(2), e71668.
- Gélat, P., van't Wout, E., Haqshenas, R., Melbourne, A., David, A. L., Mufti, N., ... & Jauniaux, E. (2025). Evaluation of fetal exposure to environmental noise using a computer-generated model. *Nature Communications*, 16(1), 3916.
- Liu, Y., Kwan, M. P., Wong, M. S., & Yu, C. (2023). Current methods for evaluating people's exposure to green space: a scoping review. *Social science & medicine*, 338, 116303
- Wang, H., Gholami, S., Xu, W., Samavatekbatan, A., Sleipness, O., & Tassinary, L. G. (2024). Where and how to invest in greenspace for optimal health benefits: a systematic review of greenspace morphology and human health relationships. *The Lancet planetary health*, 8(8), e574-e587.
- Wild, C. P. (2005). Complementing the genome with an "exposome": the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 14(8), 1847-1850.
- Xie, X., Zhou, H., & Gou, Z. (2023). Dynamic real-time individual green space exposure indices and the relationship with static green space exposure indices: A study in Shenzhen. *Ecological Indicators*, 154, 110557.