

Association entre la pollution de l'air ambiant, les espaces verts et les visites chez le médecin généraliste et dans les services d'urgence

Une étude transversale auprès des jeunes et adultes en Belgique

Une publication des Mutualités Libres
Route de Lennik 788A - 1070 Bruxelles
Tél. 02/778 92 11
commu@mloz.be

—

Rédaction > Luk BRUYNEEL, Esmée BIJNENS, Christian HOREMANS, Agnès LECLERCQ,
Wies KESTENS, Güngör KARAKAYA, Ludo VANDENTHOREN,
Elke TRIMPENEERS, Charlotte VANPOUCKE, Frans FIERENS,
Tim NAWROT, Bianca COX, Arthur VRANKEN

www.mloz.be

(©) Mutualités Libres / Bruxelles, septembre 2023
(Numéro d'entreprise 411 766 483)

Association entre la pollution de l'air ambiant, les espaces verts et les visites chez le médecin généraliste et dans les services d'urgence

Une étude transversale auprès des jeunes et adultes en Belgique

| | |
|---|----|
| Introduction | 3 |
| 01 Principe et objectif | 3 |
| 02 Méthodologie | 4 |
| 2.1 Population étudiée | 4 |
| 2.2 Particules fines et espaces verts | 4 |
| 2.3 Consommation de soins de santé | 5 |
| 2.4 Variables ayant une influence potentielle | 5 |
| 2.5 Analyse statistique | 6 |
| 03 Résultats..... | 7 |
| 3.1 Données descriptives | 7 |
| 3.2 Relation entre la consommation de soins de santé et les PM _{2,5} , la couverture arborée et le couvert herbacé | 7 |
| 3.3 Analyse économique | 12 |
| 04 Discussion..... | 14 |
| 4.1 Comparaison avec les résultats précédents..... | 14 |
| 4.2 Mécanismes de causalité | 15 |
| 4.3 Points forts et limites de l'étude | 16 |
| 05 Conclusion | 17 |
| 06 Références..... | 18 |
| 07 Notes..... | 22 |

Introduction

Ce document est une synthèse de l'étude suivante : « Association of air pollution and green space with all-cause general practitioner and emergency room visits: A cross-sectional study of young people and adults living in Belgium ». Cette étude a été publiée dans la revue internationale *Environmental Research* et est disponible en libre accès. Il s'agit de la deuxième étude épidémiologique environnementale publiée par les Mutualités Libres en collaboration avec des chercheurs de la KU Leuven, de l'Université de Hasselt et de CELINE, la Cellule Interrégionale de l'Environnement. La première étude portait sur l'association entre l'exposition à court terme à la pollution de l'air ambiant et l'entrée en incapacité de travail. Cette étude a été publiée dans la revue internationale *Environment International* et est également disponible en libre accès.

01 Principe et objectif

Vivre dans des zones où la pollution atmosphérique est moins élevée et où les espaces verts sont plus nombreux est bénéfique pour la santé physique et mentale. La pollution de l'air, et notamment les particules fines (PM_{2,5}), est associée à de nombreux effets néfastes sur la santé, comme les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, métaboliques et respiratoires, ainsi qu'à la mortalité, aux problèmes de santé mentale et à des issues défavorables à la naissance [1-4]. En revanche, la présence d'espaces verts est associée à un certain nombre de bienfaits pour la santé physique et mentale, notamment en ce qui concerne les maladies cardiovasculaires, les affections respiratoires et le diabète [5,6]. Par ailleurs, les habitants des zones urbaines semblent retirer un plus grand bénéfice des espaces verts que les habitants des zones rurales [7].

Outre les effets sur la santé susmentionnés, la consommation de soins de santé est également associée à la pollution de l'air et aux espaces verts. Une concentration plus élevée de PM_{2,5} est associée à un nombre plus important de consultations chez le médecin généraliste pour des problèmes d'asthme [8] et des affections respiratoires [9], ainsi qu'à un nombre plus élevé d'admissions au service des urgences pour des problèmes de santé similaires [10,11]. En outre, les indicateurs d'espaces verts, tels que la couverture arborée et la proximité d'espaces verts, ont été associés à des admissions au service des urgences pour des problèmes d'asthme et de santé mentale [12-14]. Cependant, très peu d'études ont examiné la relation entre la pollution de l'air, les espaces verts et la consommation de soins de santé, et en particulier les consultations chez le médecin généraliste, dans le cadre d'un modèle statistique commun.

Dans cette étude épidémiologique environnementale, les chercheurs offrent de nouvelles perspectives sur la relation entre les $PM_{2,5}$, la couverture arborée et le couvert herbacé, d'une part, et la consommation de soins urgents et non urgents chez les jeunes et les adultes, d'autre part. Contrairement à de nombreuses études antérieures, les corrélations avec la pollution de l'air et les espaces verts sont évaluées conjointement. De plus, nous modélisons les relations non linéaires de réponse à l'exposition. En outre, de nombreuses études antérieures, en particulier en Belgique, ont utilisé un modèle de recherche écologique, agrégeant des résultats de santé tels que la consommation de médicaments au niveau des quartiers. À l'inverse, cette nouvelle étude examine la consommation de soins au niveau individuel. Notre analyse tient également compte des différences entre les zones urbaines et rurales. Enfin, cette étude apporte une valeur ajoutée importante en estimant les coûts directs de l'exposition à la pollution de l'air en termes de dépenses propres aux patients et de coûts pour l'assurance maladie.

02 Méthodologie

2.1 Population étudiée

La population étudiée est constituée des membres des Mutualités Libres. Parmi les sept mutualités qui existent en Belgique, les Mutualités Libres représentent environ deux millions d'affiliés, soit 19 % de la population belge. Notre analyse inclut les membres qui ont une résidence en Belgique et qui ont vécu dans un même quartier (c'est-à-dire un même secteur statistique) pendant la période d'étude (du 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2019). Nous nous intéressons aux jeunes entre 10 et 24 ans (selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé) et aux adultes entre 25 et 64 ans. L'analyse porte sur 315.041 jeunes et 885.663 adultes. Ceux-ci vivaient respectivement dans 16.103 et 17.913 quartiers différents.

2.2 Particules fines et espaces verts

Les concentrations moyennes de $PM_{2,5}$ pour l'année 2019 ont été calculées au niveau des quartiers. Le calcul a été effectué sur la base des données modélisées de la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE). Cette Cellule est responsable de la gestion d'une base de données commune sur la pollution atmosphérique, qui reprend notamment les données fournies par les différents réseaux de mesure. Septante-trois stations de mesure ont mesuré en continu les concentrations de $PM_{2,5}$ en 2019. Les données modélisées utilisées dans le cadre de cette étude sont tirées d'ATMO-Street [15].

Les informations sur les espaces verts ont été tirées des données haute résolution du service Copernicus de surveillance des terres. Les pourcentages

de couverture arborée et de couvert herbacé ont été calculés pour l'année 2018 dans chaque quartier en utilisant les données raster 10x10 mètres Dominant Leaf Type et Grassland issues d'ArcGIS 10.7.1 [16].

La pollution atmosphérique et les espaces verts sont utilisés comme variables prédictives catégorielles dans l'analyse statistique. Pour les PM_{2,5}, quatre groupes égaux ont été créés : min-Q1, Q1-médiane, médiane-Q3 et Q3-max. Pour la couverture arborée et le couvert herbacé, les catégories ont été établies comme suit : min-9,99 %, 10 %-19,99 %, 20 %-29,99 %, 30 %-max, où 10 %, 20 % et 30 % correspondent respectivement à Q1, la médiane et Q3.

2.3 Consommation de soins de santé

La consommation de soins de santé a été mesurée à l'aide de données collectées régulièrement sur les dépenses de soins de santé pour l'année 2019, relatives aux membres des Mutualités Libres. La base de données contient des données administratives et comptables au niveau individuel sur les soins remboursés dispensés à un individu à une certaine date. Ces données incluent le montant couvert par l'assurance maladie obligatoire et, le cas échéant, la contribution personnelle du patient. Ces données ont permis de créer trois critères d'évaluation. Premièrement, le nombre de consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet a été calculé pour chaque membre sélectionné. Deuxièmement, nous avons calculé le nombre de consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet. Ces consultations ont lieu le soir (après 18 heures), la nuit (entre 21 heures et 8 heures) ou le week-end. Troisièmement, nous avons calculé le nombre d'admissions au service des urgences.

2.4 Variables ayant une influence potentielle

Les caractéristiques individuelles prises en compte dans l'analyse sont l'âge et le sexe (homme, femme). Ces informations sont systématiquement disponibles dans les bases de données des Mutualités Libres.

Au niveau du quartier, nous avons corrigé les différences entre les zones urbaines et rurales, catégorisées par une densité de population (en 2019) de plus ou moins 600 habitants/km², respectivement. Nous avons également corrigé les indicateurs de statut socio-économique précédemment utilisés dans les études sur la relation entre la pollution de l'air, les espaces verts et la vente de médicaments en Belgique : le pourcentage de résidents nés à l'étranger et originaires de pays à faible et moyen revenu, le taux de chômage et le pourcentage de personnes peu instruites [17,18]. Ces données sont issues du recensement belge de 2011.

Enfin, nous avons inclus les arrondissements administratifs dans l'analyse. Les 43 arrondissements administratifs forment un niveau administratif entre les communes et les provinces.

2.5 Analyse statistique

Le principal modèle statistique utilisé est un modèle linéaire mixte généralisé de type binomial négatif avec une interception aléatoire pour les quartiers afin d'évaluer les liens entre les $PM_{2,5}$, le couvert herbacé, la couverture arborée et les trois résultats. Ce modèle a été élaboré pour chaque résultat séparément. Les raisons du choix de ce modèle, ainsi que les analyses de sensibilité détaillées qui ont été réalisées, sont présentées dans l'article complet.

Pour représenter les résultats de manière compréhensible, nous calculons les Moyennes des Moindres Carrés (MMC). Dans notre modèle statistique, ces moyennes représentent la médiane du résultat à chaque niveau de la variable prédictive catégorielle, ajustée en fonction des autres variables prédictives du modèle. Lors du calcul des MMC, pour toutes les variables incluses dans le modèle statistique, nous avons conservé les proportions de l'ensemble de données initial. Pour bien comprendre les corrélations, nous avons effectué une analyse de toutes les comparaisons appariées entre les MMC. Les intervalles de confiance corrigés pour les comparaisons multiples ont été calculés à l'aide de la méthode de Tukey-Kramer.

À partir des MMC, nous avons estimé le nombre de consultations chez le médecin généraliste et les coûts directs associés qui pourraient être évités si les concentrations de $PM_{2,5}$ étaient comprises entre 4,91 et 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (c'est-à-dire la concentration annuelle moyenne dans le quartile inférieur). Nous nous sommes concentrés sur le coût de la pollution de l'air sur les consultations chez les médecins généralistes pendant et en dehors des heures d'ouverture des cabinets, parce que ces associations semblaient cohérentes dans l'analyse précédente et parce que la pollution de l'air est un facteur modifiable qui peut être traité par le biais de différentes mesures politiques. Le coût des consultations aux urgences est plus difficile à estimer.

03 Résultats

3.1 Données descriptives

L'âge moyen du groupe de jeunes étudié était de 16,7 ans (écart-type = 4,2). Environ la moitié (49,4 %) de ces jeunes étaient des femmes. L'âge moyen du groupe d'adultes étudié était de 45,3 ans (écart-type = 11,0). Un peu plus de la moitié (52,1 %) de ces adultes étaient des femmes.

Les espaces verts et la pollution atmosphérique variaient considérablement d'un quartier à l'autre (tableau 1). C'est entre le couvert herbacé et les PM_{2,5} que le coefficient de corrélation de Pearson le plus élevé a été observé ($r = -0,41$).

Tableau 1. Variation entre les quartiers et corrélation entre les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé

| | Variation entre les quartiers | | | | | | | | Coefficient de corrélation de Pearson | | |
|--|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|
| | Moy. | SD | IQR | Min. | Q1 | Q2 | Q3 | Max. | PM _{2,5} | Couverture arborée | Couvert herbacé |
| PM _{2,5} , en µg/m ³ | 9,8 | 2,5 | 4,6 | 4,9 | 7,5 | 10,1 | 12,1 | 14,6 | 1 | | |
| Couverture arborée, en % | 23,2 | 16,9 | 19,2 | 0,0 | 11,2 | 18,9 | 30,4 | 99,5 | -0,21 | 1 | |
| Couvert herbacé, en % | 20,0 | 15,4 | 21,9 | 0,0 | 7,6 | 17,5 | 29,4 | 85,0 | -0,41 | -0,12 | 1 |

SD = Écart-type, IQR = Intervalle interquartile

En 2019, le nombre de consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet était de 656.174 (moyenne = 2,08) pour les jeunes et de 2.918.005 (moyenne = 3,29) pour les adultes. Le nombre de consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet était de 128.551 (moyenne = 0,41) pour les jeunes et de 398.557 (moyenne = 0,45) pour les adultes. Le nombre d'admissions au service des urgences était de 118.470 (moyenne = 0,38) pour les jeunes et de 410.799 (moyenne = 0,46) pour les adultes.

3.2 Relation entre la consommation de soins de santé et les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé

Les figures 1 (consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet), 2 (consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet) et 3 (admissions au service des urgences) montrent la relation entre la consommation de soins de santé et les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé.


Comparativement aux quartiers où les concentrations de PM_{2,5} étaient comprises entre 4,91 et 7,49 µg/m³, les consultations chez le médecin généraliste pendant et en dehors des heures d'ouverture du cabinet et les admissions au service des urgences étaient statistiquement plus nombreuses

dans les quartiers où les concentrations de $PM_{2,5}$ étaient plus élevées. Ce constat s'applique tant aux jeunes qu'aux adultes, à l'exception des admissions au service des urgences pour les adultes.

Il y a eu statistiquement plus d'admissions au service des urgences chez les jeunes, plus de consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet chez les adultes et plus de consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet chez les adultes et les jeunes dans les quartiers où la couverture arborée ne dépassait pas 30,00 %. Les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet étaient également plus fréquentes, de manière statistiquement significative, chez les jeunes qui vivaient dans les zones où la couverture arborée était la plus faible (0-9,99 %), par rapport aux zones où la couverture arborée était la plus élevée (> 30,00 %).

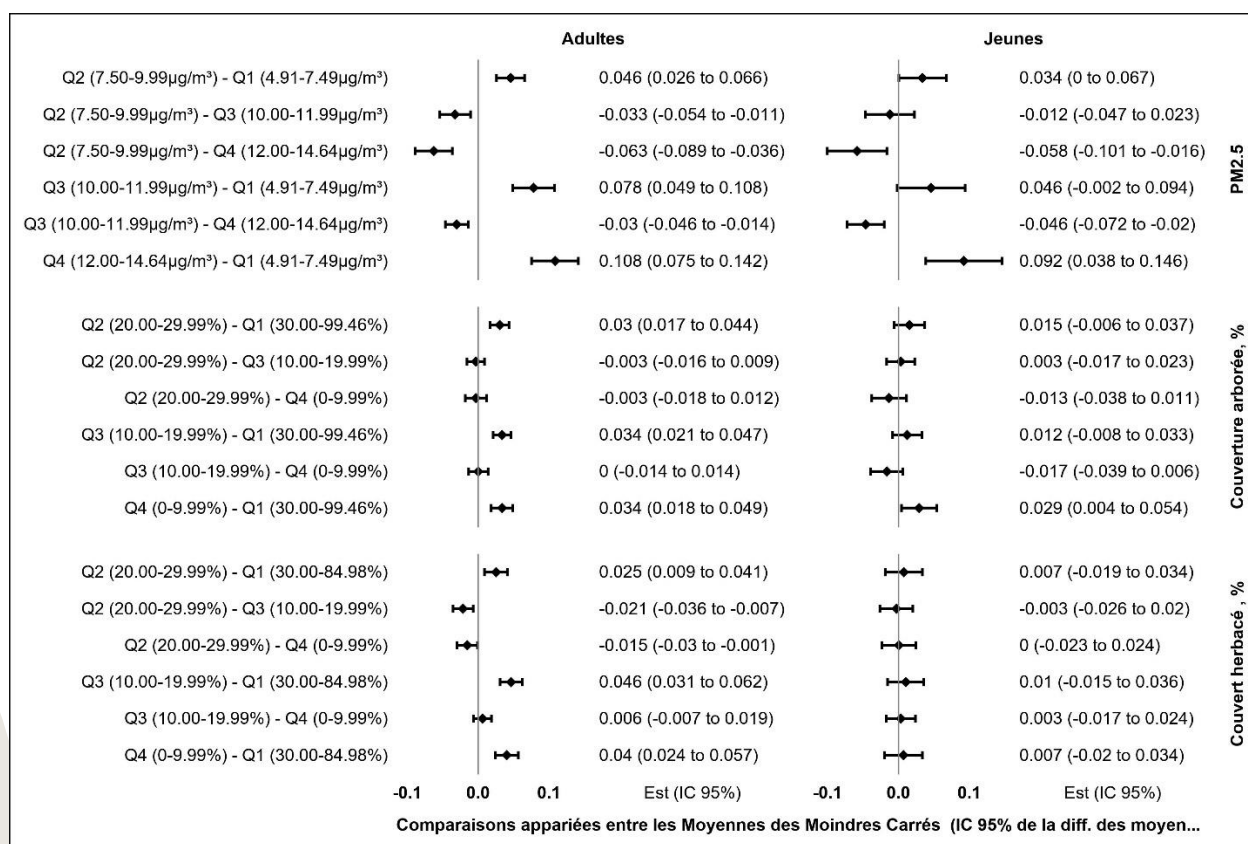
Chez les adultes, un faible couvert herbacé était associé de manière statistiquement significative à un plus grand nombre de consultations chez le médecin généraliste et d'admissions au service des urgences.

Les relations entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet chez les jeunes et les adultes, et entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet chez les jeunes et les adultes, étaient statistiquement significatives et cohérentes dans plusieurs quartiles de mesures de l'exposition au niveau des quartiers. C'est ce que l'on peut conclure des différences appariées entre les quartiles, qui suggèrent que les effets bénéfiques augmentent chaque fois que les $PM_{2,5}$ sont plus faibles. Par exemple, chez les adultes, les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet étaient plus fréquentes dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ étaient comprises entre 7,50 et 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, entre 10,00 et 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, et entre 12,00 et 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, comparativement aux quartiers où les $PM_{2,5}$ étaient comprises entre 4,91 et 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En outre, les consultations chez le médecin généraliste étaient plus fréquentes dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 10,00 et 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 12,00 et 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, comparativement aux quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 7,50 et 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Enfin, les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet étaient plus fréquentes dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 12,00 et 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, comparativement aux quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 10,00 et 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les MMC facilitent l'interprétation de l'avantage majeur que représente le fait de vivre dans des quartiers où les concentrations de $PM_{2,5}$ sont plus faibles. Le nombre médian de consultations chez le médecin généraliste était de 2,96 dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 4,91 et 7,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de 3,10 dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 7,50 et 9,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de 3,20 dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 10,00 et 11,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 3,30 dans les quartiers où les $PM_{2,5}$ se situaient entre 12,00 et 14,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



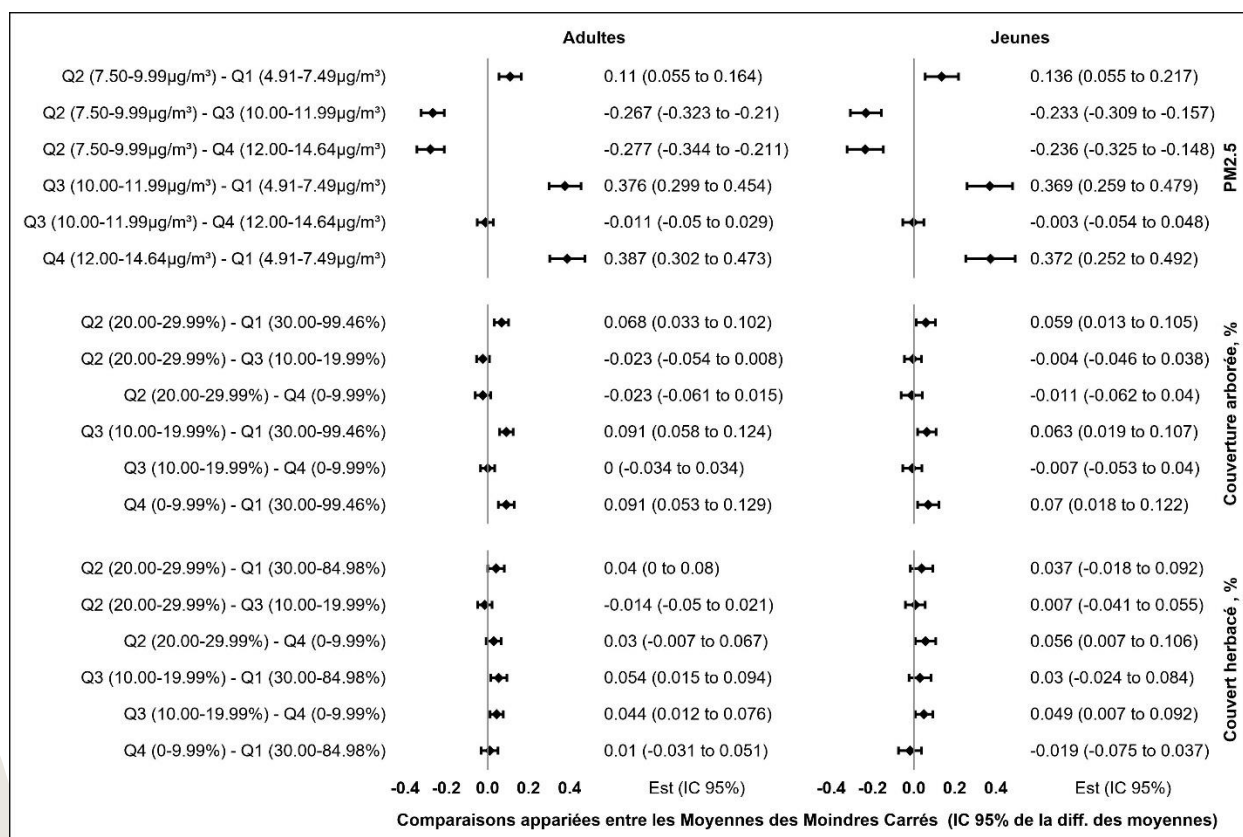
Les analyses stratifiées par zone urbaine et rurale ont montré que chez les jeunes, la relation entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet subsistait dans les quartiers urbains. Néanmoins, même dans les quartiers ruraux où la concentration de $PM_{2,5}$ est la plus élevée, le nombre de consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet est plus élevé que dans les quartiers où la concentration de $PM_{2,5}$ est la plus faible. Une conclusion similaire peut être tirée de la relation entre la couverture arborée et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet chez les adultes. Toujours chez les adultes, la relation entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet est restée la même, tant dans les zones rurales qu'urbaines. L'observation précédente du modèle principal selon laquelle les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet étaient plus fréquentes chez les jeunes vivant dans les quartiers où la couverture arborée était la plus faible a été confirmée dans les zones urbaines. Chez les adultes, la relation entre le couvert herbacé et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet s'est maintenue uniquement dans les zones urbaines. Les corrélations entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet sont restées présentes dans les zones urbaines et rurales, tant chez les jeunes que chez les adultes. Il en va de même pour la relation entre la couverture arborée et les consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet chez les adultes. Chez les jeunes, cette relation était moins marquée dans les quartiers ayant une couverture arborée de plus de 10 %, mais elle était systématiquement observée dans les quartiers urbains et ruraux où la couverture arborée est la plus faible par rapport à ceux où elle est la plus élevée. En ce qui concerne le couvert herbacé, le lien avec les consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet reste ambigu. En ce qui concerne les admissions au service des urgences, les corrélations avec les $PM_{2,5}$ et la couverture arborée sont restées présentes chez les jeunes vivant dans des quartiers urbains, tandis que chez les adultes, des corrélations constantes ont uniquement été observées avec le couvert herbacé dans les quartiers urbains.

Figure 1. Modèles linéaires mixtes généralisés de type binomial négatif permettant d'estimer la relation entre les particules fines, la couverture arborée, le couvert herbacé et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet



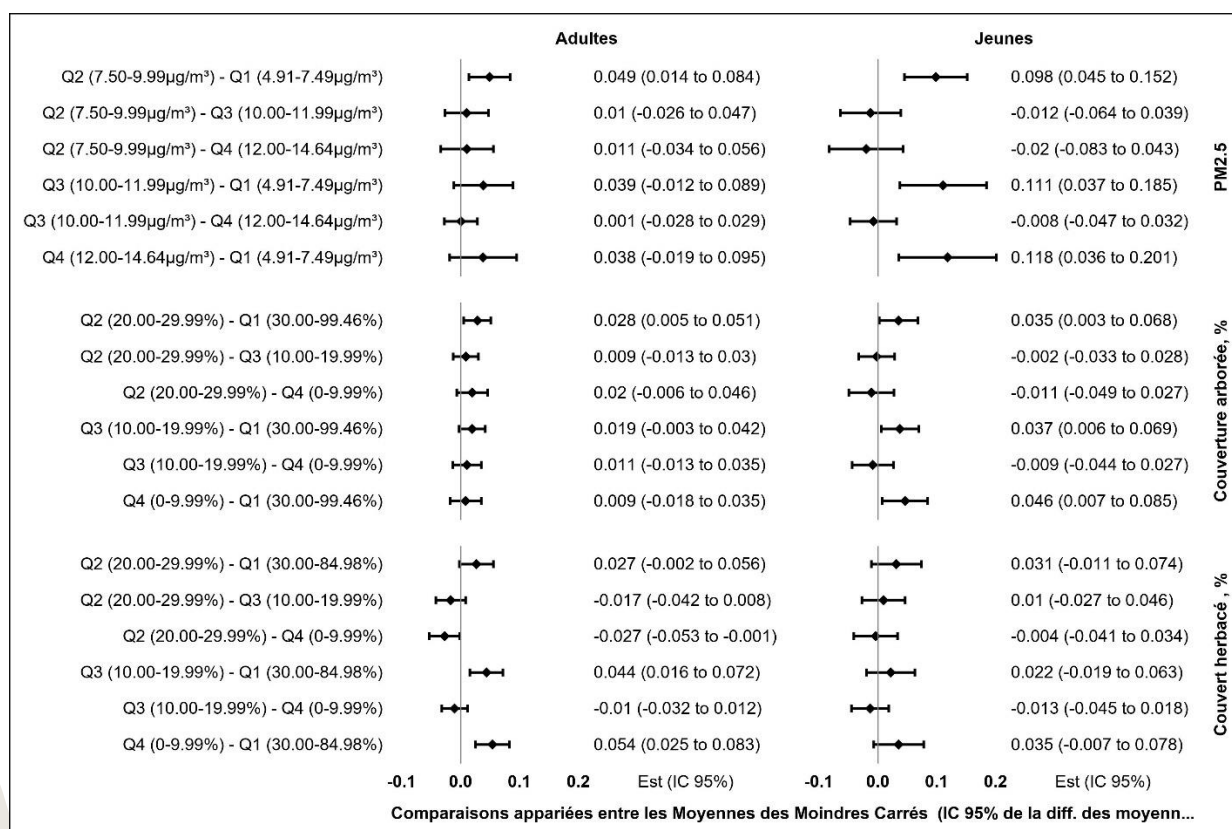
Remarque : les modèles concernent conjointement les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé. Tous les modèles comprennent une interception aléatoire pour les quartiers et sont corrigés selon l'âge et le sexe au niveau individuel, les différences entre milieu urbain et milieu rural et les indicateurs de statut socio-économique (le pourcentage de résidents nés à l'étranger et originaires de pays à faible et moyen revenu, le taux de chômage et le pourcentage de personnes peu instruites) au niveau des quartiers et de l'arrondissement administratif. Les intervalles de confiance ont été corrigés selon la méthode de Tukey-Kramer.

Figure 2. Modèles linéaires mixtes généralisés de type binomial négatif permettant d'estimer la relation entre les particules fines, la couverture arborée, le couvert herbacé et les consultations chez le médecin généraliste en dehors des heures d'ouverture du cabinet



Remarque : les modèles concernent conjointement les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé. Tous les modèles comprennent une interception aléatoire pour les quartiers et sont corrigés selon l'âge et le sexe au niveau individuel, les différences entre milieu urbain et milieu rural et les indicateurs de statut socio-économique (le pourcentage de résidents nés à l'étranger et originaires de pays à faible et moyen revenu, le taux de chômage et le pourcentage de personnes peu instruites) au niveau des quartiers et de l'arrondissement administratif. Les intervalles de confiance ont été corrigés selon la méthode de Tukey-Kramer.

Figure 3. Modèles linéaires mixtes généralisés de type binomial négatif permettant d'estimer la relation entre les particules fines, la couverture arborée, le couvert herbacé et les admissions au service des urgences



Remarque : les modèles concernent conjointement les PM_{2,5}, la couverture arborée et le couvert herbacé. Tous les modèles comprennent une interception aléatoire pour les quartiers et sont corrigés selon l'âge et le sexe au niveau individuel, les différences entre milieu urbain et milieu rural et les indicateurs de statut socio-économique (le pourcentage de résidents nés à l'étranger et originaires de pays à faible et moyen revenu, le taux de chômage et le pourcentage de personnes peu instruites) au niveau des quartiers et de l'arrondissement administratif. Les intervalles de confiance ont été corrigés selon la méthode de Tukey-Kramer.

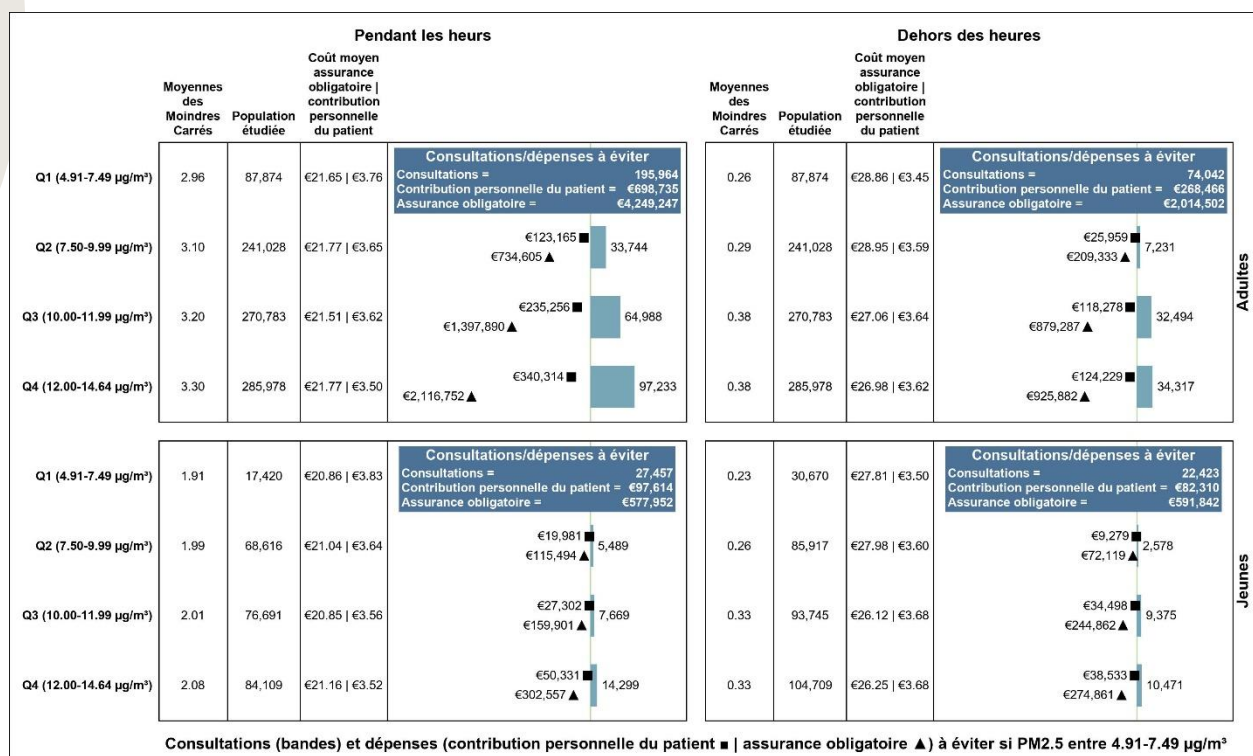
3.3 Analyse économique

Enfin, nous estimons le nombre de consultations chez le médecin généraliste qui pourraient être évitées pendant et en dehors des heures d'ouverture du cabinet, ainsi que les coûts qui y sont associés, si le quartile le plus faible observé des concentrations de PM_{2,5} (4,91 à 7,49 µg/m³) était le même dans tous les quartiers (figure 4). En d'autres termes, si la qualité de l'air des quartiers qui présentent actuellement des concentrations de PM_{2,5} supérieures à 7,49 µg/m³ s'améliorait et se situait entre 4,91 et 7,49 µg/m³.

Chez les adultes, ce sont 195.964 consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet et 74.042 consultations en dehors des heures d'ouverture du cabinet qui pourraient être évitées. Le nombre de consultations chez le médecin généraliste évitées pendant les heures d'ouverture du cabinet représente une économie potentielle de 4.249.247 euros pour l'assurance obligatoire et de 698.735 euros en termes de contribution personnelle du patient. Le nombre de consultations chez le médecin généraliste évitées en dehors des heures d'ouverture du cabinet

représente une économie potentielle de 2.014.502 euros pour l'assurance obligatoire et de 268.466 euros en termes de contribution personnelle du patient. Chez les jeunes, 27.457 consultations chez le médecin généraliste pourraient être évitées pendant les heures d'ouverture du cabinet (dans les zones urbaines uniquement, cf. les résultats du point 3.2) et 22.423 en dehors des heures d'ouverture du cabinet. Le nombre de consultations chez le médecin généraliste évitées pendant les heures d'ouverture du cabinet représente une économie potentielle de 577.952 euros pour l'assurance obligatoire et de 97.614 euros en termes de contribution personnelle du patient. Le nombre de consultations chez le médecin généraliste évitées en dehors des heures d'ouverture du cabinet représente une économie potentielle de 59.842 euros pour l'assurance obligatoire et de 82.310 euros en termes de contribution personnelle du patient. Ainsi, près de 8,6 millions d'euros de dépenses de santé pourraient être économisés chaque année (1.147.125 euros de contribution personnelle du patient et 7.433.543 euros d'assurance obligatoire). Si l'on extrapole ce résultat à la population belge, près de 43 millions d'euros pourraient être économisés chaque année (5.735.625 euros de contribution personnelle du patient et 37.167.715 euros d'assurance obligatoire).

Figure 4. Nombre de consultations chez le médecin généraliste qui pourraient être évitées pendant et en dehors des heures d'ouverture du cabinet, et les dépenses de santé qui y sont associées, si la concentration de particules fines dans tous les quartiers était de 4,91-7,49 µg/m³



04 Discussion

4.1 Comparaison avec les résultats précédents

Une étude sur la relation entre les polluants atmosphériques et les données relatives aux soins de première ligne au niveau individuel a montré une corrélation entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste pour des problèmes d'asthme, de BPCO et d'infections des voies respiratoires supérieures [9], ce qui concorde avec nos résultats. Yamazaki et al. [8] ont seulement observé une importante corrélation entre les $PM_{2,5}$ et les consultations chez le médecin généraliste liées à des problèmes d'asthme chez les enfants pendant l'hiver. Dans une étude canadienne de cas croisés, on a constaté des corrélations à court terme entre les $PM_{2,5}$ et les admissions au service des urgences pour des affections respiratoires [10]. Outre les consultations chez le médecin généraliste et les admissions au service des urgences, des liens ont été observés à plusieurs reprises entre les $PM_{2,5}$, les hospitalisations et les problèmes respiratoires, cardiovasculaires et de santé mentale [1–3,19–22].

Nos résultats concernant les espaces verts sont également en adéquation avec les résultats d'études antérieures sur les consultations chez le médecin généraliste ou les admissions au service des urgences, bien que la plupart de ces études n'aient pas utilisé de données individuelles et se soient généralement concentrées sur un groupe spécifique de maladies. Une étude menée dans le comté de Los Angeles au niveau des quartiers a montré que l'augmentation du nombre de parcs publics et d'espaces ouverts, ainsi que la réduction de l'exposition aux particules de diesel étaient associées à une diminution du nombre d'admissions au service des urgences pour des problèmes liés à l'asthme [13]. Dans le même contexte, la couverture arborée, la taille moyenne de la zone arborée et, dans une moindre mesure, les espaces verts privés ont été associés de façon inversement proportionnelle aux admissions au service des urgences pour des problèmes d'asthme [12]. Dans la ville de New York, les admissions au service des urgences pour des problèmes de santé mentale ont été associées de façon inversement proportionnelle à la proximité et à la visibilité des espaces verts, mais uniquement dans les quartiers à forte vulnérabilité sociale [14]. D'autres effets sur la santé [5,23] et la vente de médicaments [24,25] ont également été associés à la présence d'arbres.

Conformément à nos résultats, la modification de l'effet par l'urbanisation a également été démontrée dans des études sur les hospitalisations liées à la pollution de l'air aux États-Unis et en Chine [26,27]. Une étude portant sur 968 comtés américains a démontré que les comtés fortement urbanisés présentaient un risque plus élevé d'hospitalisations pour des problèmes respiratoires et cardiovasculaires liés aux $PM_{2,5}$, comparativement aux comtés faiblement urbanisés [26]. L'absence de corrélation entre les $PM_{2,5}$ et les

admissions au service des urgences dans les zones rurales peut s'expliquer par des différences dans la composition des $PM_{2,5}$ entre les zones urbaines et rurales ou par des interactions avec les caractéristiques des populations et des comportements en matière de santé qui n'ont pas été pris en compte dans les analyses [26,27]. Nos résultats concernant les effets plus marqués de la couverture arborée dans les zones urbaines cadrent avec une étude systématique récente sur les différences entre les zones urbaines et rurales dans les relations entre les espaces verts et la santé physique [7], ainsi qu'avec une étude belge récente sur les prescriptions liées à la santé mentale [28]. Selon l'hypothèse émise, ces divergences sont liées aux différents liens entre l'environnement et la santé. Les zones urbaines ont potentiellement plus à gagner de la présence d'espaces verts, car ceux-ci peuvent atténuer des problèmes spécifiques aux zones urbaines, tels que l'exposition plus élevée à certaines substances nocives, aux températures extrêmes et aux facteurs de stress psychologiques [7].

Nos conclusions sur les effets protecteurs des espaces verts étaient plus cohérentes pour la couverture arborée que pour le couvert herbacé. Des études antérieures ont fait état de relations favorables et défavorables entre le couvert herbacé et la santé ou la consommation de soins [21,23,28-30]. Le couvert herbacé est potentiellement moins bénéfique que la couverture arborée, dans la mesure où il apporte moins d'ombre, réduit moins le bruit et la pollution de l'air, et contribue moins au rétablissement psychologique [31,32]. Les pollens de graminées peuvent également avoir des effets négatifs plus importants sur l'asthme et les allergies au pollen que les pollens d'arbres, ce qui annule les effets bénéfiques potentiels pour les jeunes en particulier [21,25,33,34]. Les corrélations plus fortes entre le couvert herbacé et les admissions au service des urgences chez les adultes vivant dans des zones urbaines, comparativement à ceux vivant dans des zones rurales, correspondent aux différences entre zone urbaine et zone rurale mentionnées dans l'étude systématique de Browning et al. [7].

Les résultats chez les jeunes et les adultes étaient très similaires, à l'exception de la relation entre la couverture arborée et les consultations chez le médecin généraliste pendant les heures d'ouverture du cabinet, et le couvert herbacé avec tous les types de consultations, qui n'étaient significatives que pour les adultes. Nous n'avons pas trouvé d'études antérieures stratifiées par âge qui portent sur le couvert herbacé et les consultations chez le médecin généraliste. Cependant, une étude belge antérieure a observé qu'un couvert herbacé plus important était associé à une augmentation des ventes de médicaments contre l'asthme chez les enfants [25].

4.2 Mécanismes de causalité

Les liens entre la pollution atmosphérique et la morbidité et mortalité cardiovasculaire et respiratoire sont généralement attribués aux réponses

biochimiques aux polluants dans l'organisme, qui entraînent un stress oxydatif et une inflammation systémique [3]. Ces mécanismes ont été principalement observés dans les études toxicologiques sur l'exposition à court terme chez les animaux et les humains, mais sont plus difficiles à étudier pour l'exposition à long terme [3]. Contrairement aux pistes biologiques des effets de la pollution atmosphérique sur la santé, les effets supposés des espaces verts sont principalement dus à des mécanismes comportementaux et psychologiques [35,36]. Une étude réalisée par Nieuwenhuijsen et al. [37] a identifié six causes : l'augmentation de l'activité physique, le rétablissement psychologique par la réduction des facteurs de stress tels que le bruit et la préservation d'un beau paysage ou de qualités symboliques, le renforcement de la cohésion sociale, la réduction des expositions nocives telles que la pollution atmosphérique et les températures extrêmes, l'augmentation de la diversité microbienne et, enfin, les propriétés biochimiques potentielles de certains composés naturels. Parmi ces pistes, l'activité physique et les effets psychologiques semblent apporter les plus grands bénéfices, suivis par la cohésion sociale. Certaines études ont examiné le potentiel de filtrage de l'air des espaces verts, mais la réduction de la pollution atmosphérique grâce aux espaces verts est généralement faible [38]. En ce qui concerne la biodiversité et les effets de certains composés naturels, les preuves sont encore très limitées.

4.3 Points forts et limites de l'étude

Il s'agit d'une étude portant sur l'ensemble d'une population, avec une analyse objective des données relatives à l'exposition et aux observations au niveau individuel. Parmi les autres points forts de notre étude, citons la prise en compte des mesures de la couverture arborée et du couvert herbacé, ainsi que la stratification des jeunes par rapport aux adultes et des zones urbaines par rapport aux zones rurales. L'utilisation de quantiles d'exposition dans l'analyse a permis d'évaluer la non-linéarité potentielle des relations. L'autre point fort est l'utilisation des consultations chez le médecin généraliste comme résultat, ce qui permet de saisir les effets moins graves de la pollution de l'air et du manque d'espaces verts par rapport aux résultats traditionnels tels que l'hospitalisation, la fréquence des maladies diagnostiquées par les médecins et la mortalité.

Nos résultats doivent également être considérés en tenant compte de certaines limites. Premièrement, comme il s'agit d'une analyse observationnelle transversale, les résultats ne peuvent pas être interprétés de manière causale. Bien que nous ayons pris en compte l'âge, le sexe et différents aspects du statut socio-économique, il existe probablement d'autres variables explicatives qui n'ont pas été incluses dans cette étude. Les variables que nous n'avons pas pu prendre en compte dans nos analyses sont les comportements individuels en matière de santé et d'autres facteurs de risques de maladies. Par ailleurs, certains comportements, comme l'activité physique, peuvent également jouer un rôle de médiateur dans la

relation entre l'environnement et la santé, auquel cas ils ne devraient pas être simplement ajoutés comme covariables, car cela conduirait à une sous-estimation des effets des espaces verts sur la santé [37]. Les liens entre la pollution de l'air, les espaces verts et les effets sur la santé peuvent également être influencés par le choix du lieu de résidence. Les personnes ayant des problèmes de santé peuvent choisir de vivre dans des zones urbaines qui offrent un accès plus facile aux biens et aux services, mais qui sont également moins verdoyantes et plus polluées, ce qui signifierait que nos résultats fournissent une surestimation des corrélations. En revanche, les personnes ayant des problèmes de santé peuvent aussi décider consciemment de vivre dans des zones plus verdoyantes et moins polluées, auquel cas nos résultats entraîneraient une sous-estimation des corrélations. Deuxièmement, les $PM_{2,5}$, la couverture arborée et le couvert herbacé ont été mesurés au niveau des quartiers. L'exposition individuelle réelle peut différer de ces mesures globales parce que les $PM_{2,5}$, la couverture arborée et le couvert herbacé peuvent varier au sein des quartiers et parce que les individus peuvent être amenés à passer beaucoup de temps en dehors de ces quartiers à cause de leur travail, de leurs études ou pour toutes autres raisons. En outre, les effets bénéfiques des espaces verts peuvent dépendre de certaines qualités spécifiques qui n'ont pas pu être prises en compte dans notre étude, telles que la taille de la zone ou l'accessibilité piétonnière [30,39]. Troisièmement, nous n'avons pas ajusté nos analyses pour tenir compte d'autres polluants atmosphériques, ceci afin d'éviter les problèmes de multicolinéarité. En outre, le NO_2 ne se diffuse pas aussi loin des sources d'émission, ce qui entraîne des variations importantes en ce qui concerne l'exposition à plus petite échelle au sein des quartiers. Par conséquent, le fait d'inclure des moyennes de NO_2 dans les quartiers peut donner des résultats peu fiables [40,41].

05 Conclusion

Dans les quartiers où les concentrations de $PM_{2,5}$ sont plus élevées et où le pourcentage de couverture arborée est plus faible, nous observons des taux plus élevés de consommation de soins urgents et non urgents. Ces résultats confirment la nécessité de continuer à réduire la pollution atmosphérique avec un plan ambitieux, à savoir la mise en œuvre des lignes directrices de l'OMS sur les $PM_{2,5}$ (c'est-à-dire une moyenne annuelle de $5 \mu g/m^3$) d'ici 2030. Nos résultats confirment également l'importance des espaces verts pour la santé publique et la nécessité de les protéger ou de les étendre si nécessaire. En particulier, les résultats confirment l'importance d'une « couverture foliaire de 30 % dans chaque quartier » selon la règle 3-30-300 (3 arbres visibles depuis chaque maison, 30 % de feuillage dans chaque quartier, maximum 300 mètres du parc ou de l'espace vert le plus proche). L'importance de la santé publique est également confirmée par les répercussions sur la viabilité financière de l'assurance maladie obligatoire.

06 Références

1. Orellano P, Reynoso J, Quaranta N, Bardach A, Ciapponi A. Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* Elsevier Ltd; 2020.
2. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2022;164.
3. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project Technical Report [Internet]. 2013. Available from: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
4. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One.* Public Library of Science; 2020.
5. Nguyen PY, Astell-Burt T, Rahimi-Ardabili H, Feng X. Green space quality and health: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* MDPI; 2021.
6. Geneshka M, Coventry P, Cruz J, Gilbody S. Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. *Int J Environ Res Public Health.* MDPI; 2021.
7. Browning MHEM, Rigolon A, McAnirlin O, Yoon H (Violet). Where greenspace matters most: A systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health. *Landsc Urban Plan.* Elsevier B.V.; 2022.
8. Yamazaki S, Shima M, Yoda Y, Oka K, Kurosaka F, Shimizu S, et al. Exposure to air pollution and meteorological factors associated with children's primary care visits at night due to asthma attack: case-crossover design for 3-year pooled patients. *BMJ Open.* 2015;5.
9. Ashworth M, Analitis A, Whitney D, Samoli E, Zafeiratou S, Atkinson R, et al. Spatio-temporal associations of air pollutant concentrations, GP respiratory consultations and respiratory inhaler prescriptions: a 5-year study of primary care in the borough of Lambeth, South London. *Environ Health.* 2021;20.
10. Szyszkowicz M, Kousha T, Castner J, Dales R. Air pollution and emergency department visits for respiratory diseases: A multi-city case crossover study. *Environ Res.* 2018;163:263–9.
11. Anenberg SC, Henze DK, Tinney V, Kinney PL, Raich W, Fann N, et al. Estimates of the Global Burden of Ambient [Formula: see text], Ozone, and [Formula: see text] on Asthma Incidence and Emergency Room Visits. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2018;126:107004. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30392403>
12. Kim D, Ahn Y. The Contribution of Neighborhood Tree and Greenspace to Asthma Emergency Room Visits: An Application of Advanced Spatial Data in Los Angeles

County. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021;18:3487. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph1807>

13. Douglas JA, Archer RS, Alexander SE. Ecological determinants of respiratory health: Examining associations between asthma emergency department visits, diesel particulate matter, and public parks and open space in Los Angeles, California. *Prev Med Rep.* 2019;14.

14. Yoo EH, Roberts JE, Eum Y, Li X, Konty K. Exposure to urban green space may both promote and harm mental health in socially vulnerable neighborhoods: A neighborhood-scale analysis in New York City. *Environ Res.* 2022;204.

15. Lefebvre W, Van Poppel M, Maiheu B, Janssen S, Dons E. Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmos Environ.* 2013;77:325–37.

16. Copernicus Land Monitoring Service. High Resolution Layers [Internet]. 2023 [cited 2023 Mar 10]. Available from: <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>

17. Chi D, Aerts R, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, Demoury C, Plusquin M, et al. Residential Exposure to Urban Trees and Medication Sales for Mood Disorders and Cardiovascular Disease in Brussels, Belgium: An Ecological Study. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 9];130. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35543508/>

18. Aerts R, Nemery B, Bauwelinck M, Trabelsi S, Deboosere P, Van Nieuwenhuysse A, et al. Residential green space, air pollution, socioeconomic deprivation and cardiovascular medication sales in Belgium: A nationwide ecological study. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 [cited 2022 Oct 13];712. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31945528/>

19. Klompaker JO, Janssen NAH, Bloemsma LD, Gehring U, Wijga AH, Brink C Vanden, et al. Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution, and road traffic noise with cardiometabolic diseases. *Environ Health Perspect.* 2019;127.

20. Klompaker JO, Hoek G, Bloemsma LD, Wijga AH, van den Brink C, Brunekreef B, et al. Associations of combined exposures to surrounding green, air pollution and traffic noise on mental health. *Environ Int.* 2019;129:525–37.

21. Alcock I, White M, Cherrie M, Wheeler B, Taylor J, McInnes R, et al. Land cover and air pollution are associated with asthma hospitalisations: A cross-sectional study. *Environ Int.* 2017;109:29–41.

22. Niu Z, Liu F, Yu H, Wu S, Xiang H. Association between exposure to ambient air pollution and hospital admission, incidence, and mortality of stroke: an updated systematic review and meta-analysis of more than 23 million participants. *Environ Health Prev Med.* BioMed Central Ltd; 2021.

23. Astell-Burt T, Feng X. Urban green space, tree canopy and prevention of cardiometabolic diseases: A multilevel longitudinal study of 46 786 Australians. *Int J Epidemiol.* 2020;49:926–33.

24. Chi D, Aerts R, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, Demoury C, Plusquin M, et al. Residential Exposure to Urban Trees and Medication Sales for Mood Disorders and Cardiovascular Disease in Brussels, Belgium: An Ecological Study. *Environ Health Perspect.* 2022;130:57003.
25. Aerts R, Dujardin S, Nemery B, Van Nieuwenhuysse A, Van Orshoven J, Aerts JM, et al. Residential green space and medication sales for childhood asthma: A longitudinal ecological study in Belgium. *Environ Res.* 2020;189.
26. Chen C, Chan A, Dominici F, Peng RD, Sabath B, Di Q, et al. Do temporal trends of associations between short-term exposure to fine particulate matter (PM2.5) and risk of hospitalizations differ by sub-populations and urbanicity—a study of 968 U.S. counties and the Medicare population. *Environ Res.* 2022;206.
27. Zhang G, Liu X, Zhai S, Song G, Song H, Liang L, et al. Rural-urban differences in associations between air pollution and cardiovascular hospital admissions in Guangxi, southwest China. *Environmental Science and Pollution Research.* 2022;29:40711–23.
28. Aerts R, Vanlessen N, Dujardin S, Nemery B, Van Nieuwenhuysse A, Bauwelinck M, et al. Residential green space and mental health-related prescription medication sales: An ecological study in Belgium. *Environ Res.* 2022;211.
29. Aerts R, Stas M, Vanlessen N, Hendrickx M, Bruffaerts N, Hoebeke L, et al. Residential green space and seasonal distress in a cohort of tree pollen allergy patients. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;223:71–9.
30. Astell-Burt T, Navakatikyan M, Eckermann S, Hackett M, Feng X. Is urban green space associated with lower mental healthcare expenditure? *Soc Sci Med.* 2022;292.
31. Reid CE, Clougherty JE, Shmool JLC, Kubzansky LD. Is all urban green space the same? A comparison of the health benefits of trees and grass in New York city. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14.
32. Fowler D. Pollutant deposition and uptake by vegetation. 2nd ed. Bell JNB, Treshow M, editors. New York: Wiley; 2002.
33. Todkill D, De Jesus Colon Gonzalez F, Morbey R, Charlett A, Hajat S, Kovats S, et al. Environmental factors associated with general practitioner consultations for allergic rhinitis in London, England: A retrospective time series analysis. *BMJ Open.* 2020;10.
34. García-Mozo H. Poaceae pollen as the leading aeroallergen worldwide: A review. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology.* Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 1849–58.
35. Markevych I, Schoierer J, Hartig T, Chudnovsky A, Hystad P, Dzhambov AM, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ Res.* Academic Press Inc.; 2017. p. 301–17.
36. Hartig T, Mitchell R, De Vries S, Frumkin H. Nature and health. *Annu Rev Public Health.* Annual Reviews Inc.; 2014. p. 207–28.

37. Nieuwenhuijsen MJ, Khreis H, Triguero-Mas M, Gascon M, Davvand P. Fifty shades of green. *Epidemiology*. Lippincott Williams and Wilkins; 2017. p. 63–71.
38. Tallis M, Taylor G, Sinnott D, Freer-Smith P. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landsc Urban Plan*. 2011;103:129–38.
39. Rollings KA, Wells NM, Evans GW. Measuring physical neighborhood quality related to health. *Behavioral Sciences*. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2015. p. 190–202.
40. Fierens F. Dalende NOx emissies-stagnerende NO2 concentraties in stedelijke omgeving: wat is er aan de hand? 2008.
41. Lefebvre W, Hooyberghs H, De Craemer S, Maiheu B, Deutsch F. Vergelijking Model-CurieuzeNeuzen. 2019.



Route de Lennik 788 A - 1070 Bruxelles
Tél. 02/778 92 11 - Fax 02/778 94 04

Nos études sur www.mloz.be

(©) Mutualités Libres / Bruxelles, septembre 2023
(Numéro d'entreprise 411 766 483)

Les Mutualités Libres regroupent :

helan  Onafhankelijk ziekenfonds

 freie
krankenkasse

part&namut
Mutualité Libre