

---

## Research-Thesis, COLLÉGIALITÉ

**Auteur** : Claes, Tom

**Promoteur(s)** : Walheer, Barnabé

**Faculté** : HEC-Ecole de gestion de l'Université de Liège

**Diplôme** : Master en sciences économiques, orientation générale, à finalité spécialisée en economic, analysis and policy

**Année académique** : 2019-2020

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/10766>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



# La perception de l'environnement en Belgique

*Jury*

*Promoteur :*  
Barnabé Walheer

*Lecteurs :*

Lionel Artige  
Joseph Tharakan

*Mémoire présenté par*

**Tom CLAES**

En vue de l'obtention du diplôme de *master en économie générale (120 ECTS)* à finalité « *Analyse économique et Politique* »

Année académique 2019 – 2020



# Executive summary

The scientific community and the voluntary sector have provided numerous warnings against the risk of air pollution, especially in terms of sanitary consequences due to the exposure of the individuals to this said pollution.

In reaction to these alarming reports, the scientific community analyses and tends to categorize the impacts of the problem. According to their research, it is determinant to identify the hazardous pollutants in order to have efficient political measures. It is necessary to determine the sources of pollution, to quantify the emissions and the exposition and finally, to quantify the risk of an over exposition.

To partially go in the lines of these scientific reports, this thesis analyzes the behavior of individuals faced by air pollution's negative externalities. It investigates on the differences in the rational and irrational choices according to different social groups in Belgium.

The air pollution level has decreased for the last two decades, but air pollution is still a sanitary problem in Belgium. The traffic emits too much nitrogen dioxide in Brussel's neighborhood. Wallonia is greener in term of green spaces and concentration of pollution, but ozone is over the legal limits in some part of the regions. In Flanders, particulate matters, nitrogen dioxide and ozone break the law limit in some parts when they are locally analyzed. Conclusion about distribution of exposition are mitigated at the national level.

Considering these elements, the results of these analysis are the following. Overall, the Belgian population properly assess its environment. Indeed, a higher concentration of pollution (considered as an objective element) is associated to a higher perception of the pollution (considered as a subjective element) in the direct environment. In a minor extent, it is also true for the perception of the traffic's level. However, some differences in perceptions can be observed between different groups of individuals. When the level of pollution is held, Walloon perceive more pollution and green spaces than others. In the same conditions, the people living in Brussels perceive more traffics. The perceptibility of nuisances is strongly linked to the living (urbanized/ruralized) environment in Belgium. In less extent, some factors such as the age of individuals seems to influence the level of perception. The younger generation is more sensible to the perception of the pollution level, *ceteris paribus*.

Finally, to really understand individual's behavior in front of its environment, a qualitative study at the national level is necessary to complete our results.

# Résumé

Les alertes lancées par la communauté scientifique et le milieu associatif quant aux risques que représente la concentration de pollution atmosphérique pour la santé sont de plus en plus nombreuses.

Consciente de la présence de ces différents polluants dans l'air et de leur impact sur la santé, la communauté scientifique déploie des efforts d'analyse considérables pour servir à l'élaboration de mesures publiques efficaces : identifier les polluants, déterminer leurs sources, quantifier les émissions/immissions et évaluer les risques qui en découlent.

Dans cet ordre, ce mémoire répond donc à une volonté d'analyser les comportements des individus face aux externalités découlant de la pollution atmosphérique et de questionner les différences qui s'observent dans les choix, rationnels ou irrationnels, des différents groupes sociaux en Belgique.

Les enquêtes menées jusqu'à présent mettent en avant que, bien que le niveau de pollution soit en diminution depuis une vingtaine d'années, la pollution reste un problème pour la santé en Belgique. Le trafic engendre une exposition au-dessus des normes sanitaires dans certains quartiers de Bruxelles. La Wallonie, bien que moins polluée, se caractérise par une concentration d'ozone au-dessus des normes légales. Localement, la Flandre ne respecte pas toujours les normes Européennes en matière de NO<sub>x</sub> et d'O<sub>3</sub>. Les conclusions relatives à la distribution d'exposition entre les individus sont, quant à elles, mitigées au niveau belge.

En tenant compte de ces éléments, les belges évaluent bien leur environnement de manière générale. Un plus haut niveau (objectif) de pollution est associé à une plus grande perceptibilité (subjective) de celle-ci. Dans une moindre mesure, cela se confirme aussi pour la perceptibilité du trafic. Cependant, des différences de perceptions s'observent entre les individus. À niveau de pollution constant, les Wallons perçoivent plus de pollutions et d'espaces verts, tandis que les Bruxellois identifient plus de trafic. Nous constatons que les perceptibilités des nuisances sont fortement liées au lieu de résidence en Belgique. Les plus jeunes générations perçoivent leur environnement comme pollué, ce qui suggère une plus grande sensibilité de ces derniers à ce problème.

Finalement, pour comprendre le comportement de l'individu face à son environnement, une étude qualitative nationale devrait compléter cette étude.

# Remerciements

Mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de fin d'études.

J'exprime ma gratitude à l'égard de Zoé Rongé, chercheuse à la KUL, pour le temps consacré à l'élaboration de ce travail et le partage de ses connaissances.

Je remercie aussi ma famille et mes amis pour leur intérêt et leur soutien. Je tiens spécialement à remercier ma mère et Nicolas Barla pour leur aide tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Finalement, je tiens à témoigner ma reconnaissance à Barnabé Walheer, professeur d'économie à HEC-Liège, qui m'a apporté ses conseils et a accepté d'être mon promoteur.



## Table des matières

INTRODUCTION.....	1
A. État de la question .....	3
1. Lien entre pollution atmosphérique et perception de la pollution .....	3
1.1. Définition de la pollution, normes et risques associés.....	3
1.2. La perception de la pollution.....	5
2. Les résultats des études de perception de la pollution atmosphérique .....	6
3. Méthodes d'analyses identifiées dans les autres études .....	7
4. La perception des risques et l'attitude liés à la pollution atmosphérique .....	7
4.1. La perception des risques .....	7
4.2. L'attitude face aux risques.....	8
5. Les enjeux démocratiques et politiques de la pollution de l'air .....	9
5.1. L'étude des inégalités économiques et environnementales.....	9
5.2. L'air, un bien purement public .....	9
5.3. La relation entre décideurs et citoyens.....	10
B. Méthodologie .....	11
1. Schéma général du mémoire .....	11
2. Méthodes d'analyses des données .....	11
2.1. Méthode d'analyse des données.....	11
2.2. Méthode d'analyse de perception de l'environnement face aux données de pollutions ...	12
2.3. Méthode d'analyse de différenciation de perception de l'environnement .....	13
C. Données .....	16
1. Unité statistique et zone d'étude .....	16
1.1. Unité géographique d'analyse .....	16
1.2. Zone d'étude.....	16
2. Les données d'exposition environnementales .....	18
2.1. Sources des données de pollution .....	18
2.2. Justification du choix des pollutions atmosphériques.....	18
2.3. Modélisation des données disponibles.....	19
2.4. Indicateur relatif à la qualité de l'air en Belgique .....	20
2.5. Caractérisation des données de pollution disponibles .....	21
3. Les données socioéconomiques, démographiques et de perception des ménages belges.....	22
3.1. Source de données socioéconomiques, démographiques et de perception : le projet Meqin .....	22
3.2. Sélection de variables issues de l'enquête Meqin.....	22
D. Situation en Belgique : analyse et résultats.....	26
1. Exposition objective à la pollution en Belgique .....	26
1.1. Analyse des concentrations de la pollution atmosphérique en Belgique .....	26
1.2. Analyse spatiale des données disponibles de pollution par commune .....	27

1.3.	Analyse de la vulnérabilité des individus face à la pollution .....	30
2.	Risques objectifs dus à une surexposition .....	31
2.1.	Impacts sanitaires dus à une surexposition aux polluants .....	31
2.2.	Situation sanitaire en Belgique .....	32
3.	Perception de la pollution des individus: analyse et résultats .....	32
3.1.	Analyse de corrélation entre le niveau de pollution et le niveau de perception des individus .....	32
3.2.	Analyse multivariée de la probabilité de différenciation de perception de la pollution : la régression logistique.....	43
E.	Prolongement nécessaire.....	57
1.	Mesures objectives et subjectives de la pollution.....	57
2.	<i>Risques et perception des risques</i> .....	58
2.1.	La pollution perçue comme un risque.....	59
2.2.	Mesure du risque .....	59
2.3.	Les différentes façons d'étudier la perception du risque .....	59
	CONCLUSION .....	63
	BIBLIOGRAPHIE.....	67
	RÉFLEXIONS .....	71
	LIMITES .....	72
	ANNEXES .....	73
	Annexe A : Limites et normes d'exposition à la pollution (EEA et OMS) .....	73
	Annexe B : Histogrammes de qualité de l'air par type de perception .....	75
	Annexe C : Limites de la méthode RIO 4x4 .....	76
	Annexe D : Tableau de synthèse variables sélectionnées.....	77
	Annexe E : Analyse complète de la variance .....	79
	Annexe F : Tableau de synthèse des résultats d'analyse de la variance .....	88

# Liste des figures

Figure 1 Carte de la Belgique par communes, régions et provinces (2020) .....	17
Figure 2 Concentration annuelle moyenne de PM <sub>10</sub> par commune belge en 2017 .....	27
Figure 3 Concentration annuelle moyenne de NO <sub>2</sub> par commune belge en 2017 .....	28
Figure 4 Concentration annuelle d'Ozone AOT60 par commune belge en 2017.....	29
Figure 5 Indicateur de qualité de l'air par commune belge en 2017 .....	30
Figure 6 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception de la pollution en Belgique (2017) .....	75
Figure 7 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception du trafic en Belgique (2017).....	75
Figure 8 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception d'EV en Belgique (2017).....	75
Figure 9 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception de pollution en Belgique (2017) .....	80
Figure 10 Diagramme en boîte représentant la distribution de l'indice de qualité de l'air par catégorie de perception pollution en Belgique (2017) .....	80
Figure 11 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception de trafic en Belgique (2017).....	83
Figure 12 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception d'EV en Belgique (2017).....	86

# Liste des tableaux

Tableau 1 Tableau de synthèse descriptive des concentrations des différents polluants et de l'indicateur de QA par commune (Belgique, 2017).....	21
Tableau 2 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques continues (Belgique, 2017).....	23
Tableau 3 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques catégorie (Belgique, 2017) .....	24
Tableau 4 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques catégorie (Belgique, 2017) .....	25
Tableau 5 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	33
Tableau 6 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par région: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value .....	34
Tableau 7 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par genre : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value .....	34
Tableau 8 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par niveau d'éducation : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value .....	34
Tableau 9 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par origine : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value .....	35
Tableau 10 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par type de localité: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	35
Tableau 11 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par statut civil: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value .....	36
Tableau 12 Corrélacion entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par niveau de revenu: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	36

Tableau 13	Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces t) par catégorie d'âge : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	37
Tableau 14	Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par statut professionnel: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	37
Tableau 15	Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par mode de vie : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value.....	37
Tableau 16	Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire).....	46
Tableau 17	Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit) .....	48
Tableau 18	Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire).....	50
Tableau 19	Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit) .....	51
Tableau 20	Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire).....	53
Tableau 21	Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit).....	54
Tableau 22	Résultats des régressions Logistiques de la probabilité de perception de percevoir (1) de la pollution (2) du trafic (3) pas d'EV par rapport à l'indicateur de niveau de QA, des données démographiques et socioéconomiques .....	56
Tableau 23	Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception de la pollution en Belgique en 2017 .....	79
Tableau 24	Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception de trafic en Belgique en 2017 .....	82
Tableau 25	Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception d'EV en Belgique en 2017 .....	85
Tableau 26	Analyse de la variance : différence entre les niveaux perception de pollution et la moyenne des pollutions.....	88

## Liste d'abréviations

AOT60	Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb (=120 µg/m <sup>3</sup> )
AWAC	Agence Wallonne de l'Air et du Climat
CELINE	Cellule Interrégionale de l'Environnement
AEE/EEA	Agence Européenne pour l'Environnement / European Environment Agency
IBGE	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
ISSEP	Institut Scientifique de Service Public
KUL	Université Catholique de Louvain / Katholieke Universiteit Leuven
MEqIn	Measuring Equivalent Incomes
NET60	Number of Exceedances above a Threshold of 60ppb (=120 µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
OCDE/OECD	Organisation de Coopération et de Développement Économiques / Organisation for Economic Cooperation and Development
OMS/WHO	Organisation Mondiale de la Santé / World Health Organisation
ONG	Organisation Non Gouvernementale
O <sub>3</sub>	Ozone
PM	Particules Fines de taille inférieure à 10 microns (PM <sub>10</sub> ) ou de taille inférieure à 2,5 microns (PM <sub>2.5</sub> )
QA	Qualité de l'Air
VUB	Vrije Universiteit Brussel

## INTRODUCTION

Les alertes lancées par la communauté scientifique et le milieu associatif quant aux risques que représente la concentration de pollution atmosphérique pour la santé sont de plus en plus nombreuses.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS/WHO), la pollution de l'air tue prématurément sept millions de personnes dans le monde chaque année (World Health Organization, 2018b).

Le rapport portant sur la Qualité de l'air en Europe (2019), rédigé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE/EEA), estime qu'en 2016 l'exposition aux concentrations de particules fines PM et au dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> aura tué plus de 425.000 personnes en Europe. Pour cette même année en Belgique, l'agence estime que l'exposition au PM aura causé le décès de 7.600 personnes et que le dioxyde d'azote aura coûté la vie à 1.600 personnes – alors même que la quantité d'émission de polluants atmosphériques est en baisse depuis les années 1990 (De Thysebaert, 2018).

Consciente de la présence de ces différents polluants dans l'air et de leur impact sur la santé, la communauté scientifique déploie des efforts d'analyse considérables pour servir à l'élaboration de mesures publiques efficaces. En effet, pour être efficace, la lutte contre la pollution atmosphérique doit nécessairement s'appuyer sur quatre étapes préalables : identifier les polluants, déterminer leurs sources, quantifier les émissions/immissions et évaluer les risques qui en découlent.

En ce sens, ce travail se donne pour objectif d'améliorer la compréhension qu'ont les individus des pollutions qui les environnent, de leur exposition à ces dernières et de leur impact sanitaire au moyen d'outils et de techniques statistiques.

Plus spécifiquement, cette étude entend mettre en lumière les inégalités écologiques à travers la question de la perception qu'ont les individus de leur environnement. Il s'agit, d'une part, de comparer la manière dont les Belges perçoivent les pollutions qui les environnent aux taux de pollutions réels dont témoignent les indicateurs officiels disponibles pour le territoire et, d'autre part, d'analyser la manière dont les perceptions varient d'un groupe d'individus à l'autre<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Notons qu'une précédente étude intitulée « *Déterminants de l'exposition aux pollutions de l'air en fonction du statut socioéconomique et de caractéristiques territoriales en Région Wallonne (2017)* » s'était attelée à effectuer une analyse territoriale en croisant les déterminants de données récoltées au niveau communal entre le niveau d'exposition de pollution atmosphérique et des déterminants. Quelques paragraphes de cette étude seront donc réutilisés dans ce présent travail d'analyse.

Ce mémoire répond donc à une volonté d'analyser les comportements des individus face aux externalités découlant de la pollution atmosphérique et de questionner les différences qui s'observent dans les choix, rationnels ou irrationnels, des différents groupes sociaux.

Une série d'interrogations sont en ce sens soulevées. Comment se caractérise la pollution ? Quels en sont les enjeux sociaux et économiques ? L'individu est-il conscient des risques qu'il encoure ? Quels types de polluants sont les plus dangereux ? Quelle est leur distribution sur le territoire belge ? Quels types de polluants sont ressentis par la population ? Certaines catégories d'individus déclarent-elles plus facilement leur environnement pollué ? Quel est le rôle de l'individu face à cette pollution ? Et quelles sont les conséquences d'une perception différenciée ?

Pour répondre à ces questions, le présent travail est structuré en cinq parties.

Premièrement, un état général de la question est dressé. Cette première partie présente (1) une description de la pollution atmosphérique et comment celle-ci peut être perçue par les citoyens, (2) les résultats des études ayant procédé à une analyse de la perception de la pollution, (3) les outils d'analyse utilisés dans les différentes études, (4) les différents types de perception et attitudes identifiés dans la littérature et (5) les enjeux démocratiques qui découlent de la pollution atmosphérique.

Deuxièmement, la méthodologie du travail est décrite, à savoir comment l'analyse du cas belge va se décomposer, et quelles méthodes statistiques sont utilisées.

Troisièmement, une présentation des données utilisées dans l'analyse empirique est effectuée : (1) les données de pollution en Belgique fournies par la CELLule INterrégionale de l'Environnement (CELINE), (2) les données de perception de la pollution, socioéconomiques et démographiques, issues de l'enquête sur le bien-être des Belges MEqIN, auxquelles ont été ajoutées les données de pollution atmosphérique.

Quatrièmement, l'analyse du cas belge est effectuée en plusieurs étapes.

1) La situation de l'exposition et de la vulnérabilité en Belgique est abordée brièvement sur base des données disponibles. (2) Les risques sanitaires sont exposés sur base de la littérature. (3) Cette partie conclut par l'étude de la perception de la pollution des ménages belges sur base des données couplées de CELINE et MEqIN.

Enfin, cinquièmement, la dernière partie décrit comment cette étude pourrait être complétée par une analyse qualitative de la perception du risque lié à la pollution et de l'attitude des individus face à ces derniers.

## A. État de la question

Cette partie va rassembler, analyser et résumer ce qui a été trouvé dans la littérature scientifique afin de proposer une vue globale des avancées scientifiques du rôle de la perception de la pollution par les individus et ses impacts probables.

Pour commencer, le lien qu'il existe entre la pollution atmosphérique et sa perception sera analysé. Pour ce faire, une définition de ce que représente pollution atmosphérique sera donnée et quelles en sont ces enjeux économiques et sanitaires. En abordant une généralisation de la pollution atmosphérique, la détérioration de la qualité de l'air et ses effets néfastes sur la santé seront abordés. Les effets encourus amènent à vouloir comprendre la manière dont les individus perçoivent leurs environnements et comment cette perception se distingue entre les individus. Dans un second temps les principaux résultats trouvés dans la littérature seront exposés. Ensuite, les méthodologies adoptées dans les autres travaux seront analysées. Subséquemment, la prise en considération de la perception des individus dans le processus démocratique sera abordée. Les études portant sur un système démocratique efficace et la manière d'inclure le citoyen dans ce système seront mis en avant. Finalement, les principes des enjeux démocratiques et politiques seront abordés via les normes mises en place.

### 1. Lien entre pollution atmosphérique et perception de la pollution

#### 1.1. Définition de la pollution, normes et risques associés

**La pollution de l'air** est définie par l'OMS (2018) comme « *la contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère* ».

Khazen (2020) définit la pollution comme « *le changement de concentration naturelle des paramètres physiques, chimiques ou biologiques dans l'atmosphère, fait qui peut créer un danger direct ou indirect sur l'Homme et son environnement* » (p.22).

Les principaux polluants locaux qui présentent un risque pour la santé sont l'oxyde d'azote, les particules fines, l'ozone troposphérique mais aussi le dioxyde de soufre (EEA, 2019; WHO, 2013).

Dans l'étude menée précédemment, il avait été montré les types de normes en vigueur en matière de qualité de l'air auxquels se confrontaient les polluants analysés : (1) les normes imposées par l'organisme de l'Union Européenne en charge de la préservation et de la surveillance de l'environnement européen, l'European Environment Agency (EAA), et (2) celles établies par l'Organisme Mondial de la Santé (OMS).

L'EEA fixe des normes légales pour l'ensemble des pays membres de l'UE dans la directive 2008/50/CE<sup>2</sup>. Les limites y sont définies en tenant compte de ce qui est faisable, économiquement parlant.<sup>3</sup>

L'OMS, quant à elle, fixe des limites sanitaires théoriquement « idéales » dans le document officiel « WHO Air Quality Guidelines, 2006 ». Celles-ci visent à réduire au maximum le risque de dommage pour la santé et ne coïncident donc pas toujours avec celles de l'EEA. D'ici 2050, l'Union Européenne souhaite néanmoins aligner la plupart de ses normes sur celles de l'OMS. Une révision des lignes de conduite établies par l'OMS (2006) est prévue pour le courant de l'année 2020 (WHO, 2018a). Le détail des limites fixées par type de polluant par l'OMS et l'EEA se trouve en annexe du document (cf. ***Annexe A : Limites et normes d'exposition à la pollution (EEA et OMS)***).

La gestion de la qualité de l'air engendre des coûts non-négligeables autant de manière directe (engendrés par la collecte de données, les politiques de réduction d'émission...), que de manière indirecte (liés au traitement de maladies résultant d'une surexposition, au nettoyage des bâtiments, à la déseutrophisation<sup>4</sup>...). Si ces coûts ne sont pas pris en compte, cela génère des externalités et engendre des défaillances du marché (Blavier et al., 2013; Morelli, 2016). Dans une autre mesure, les récents événements démontrent qu'un problème sanitaire généralisé lié à un risque de contamination contenu dans l'air peut engendrer des catastrophes économiques mondialisées.

Pour la plupart des polluants analysés ici, les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique dépendent de la temporalité des effets. L'exposition à court terme provoque des effets dits aigus – asthme ou problème cardiaque – tandis qu'une exposition à long terme provoque des effets dits chroniques – maladies cardiaques, pulmonaires, ou cancers selon le type de polluant (CELINE, 2019). En Belgique, dans une certaine mesure les espaces verts ont un impact positif sur la santé, tandis que la pollution engendre des maladies cardiovasculaires (Aerts et al., 2020).

En étude étiologique, il y a plusieurs manières de mesurer le niveau de pollution atmosphérique. Cela peut passer par une analyse de l'exposition (Aerts et al., 2020; Stephenne et al., 2017). Par l'étude des émissions (CELINE, 2019; Cooreman et al., 2019; De Potter, 2019; De Thysebaert, 2018; EEA, 2019). Mais cela peut aussi passer par l'étude de la

---

<sup>2</sup> Lien : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN#d1e1183-1-1>

<sup>3</sup> Les États membres prennent toutes les mesures nécessaires n'entraînant pas de coûts disproportionnés pour veiller à ce que les concentrations de PM<sub>2,5</sub> dans l'air ambiant ne dépassent pas la valeur cible [...] », directive 2008/50/CE, 2008

<sup>4</sup> L'eutrophisation est l'accumulation des nutriments dans le sol qui peut être provoqué par une accumulation d'oxyde d'azotes présente dans l'air (CELINE, 2019)

perception des citoyens de leur environnement (Blavier et al., 2013, 2013; Nemery et al., 2001). L'analyse de la perception de la pollution a été un facteur déterminant pour identifier cette dernière.

## 1.2. *La perception de la pollution*

L'étude d'économie de l'écologie est la jonction du comportement individuel et de l'environnement permettant d'analyser cette perception<sup>5</sup>. Une meilleure perception de la pollution atmosphérique permettrait aux citoyens de vivre dans des environnements plus sains. Les études réalisées sur le sujet identifient deux manières d'appréhender cette pollution : soit de manière sensorielle, soit par des facteurs socioéconomiques et culturels.

L'expérience perceptive directe est fondamentale afin d'identifier les niveaux de pollution et de risques sanitaires<sup>6</sup>. Une relation positive entre la perception de la pollution de l'air et des facteurs sensoriels est mise en avant. Les indicateurs de perception peuvent être d'ordre visuel ou olfactif : la visualisations des smog urbain (ozone), ou des odeurs sont souvent catégorisés comme facteur de pollution, à tort ou à raison. Des facteurs dits positifs tels que la présence d'arbres ou d'espaces verts sont perçus comme des indicateurs de pureté de l'air (Bickerstaff & Walker, 2001; Bonnefoy et al., 2003; Carter & Horwitz, 2014; Catalán-Vázquez et al., 2009; *Green and quiet*, s. d.; Khazen, 2019). Par exemple, les étudiants de Mexico jugent l'état de l'environnement en fonction de critères internes à l'individu plus ou moins significatifs comme un mal de gorge, les yeux qui brûlent, du mal à respirer ou une odeur dérangeante, mais aussi des critères externes tels que l'état des bâtiments, la propreté du quartier ou encore la visibilité de l'air, le niveau de trafic (Catalán-Vázquez et al., 2009).

L'analyse de la perception de la pollution atmosphérique à Dunkerque porte sur l'aspect cognitif dans le domaine de la psychologie de l'environnement. L'étude tente de comprendre les interrelations entre l'homme et son environnement par des facteurs physiques et sociaux, le but étant d'évaluer le coût réel des nuisances subies en tenant compte des gênes exprimées et de l'impact d'une surexposition au quotidien en établissant le lien entre l'exposition réelle (objective) et son évaluation subjective (sa perception). L'étude différencie deux manières de percevoir et d'objectiver cette pollution, soit par une perception sensorielle, soit en fonction du statut des individus (Bonnefoy et al., 2003).

---

<sup>5</sup> L'économie de l'écologie cherche à comprendre comment différentes entités interdépendantes tant au niveau de l'individu que des institutions ou les éléments naturels interagissent dans un système donné et comment ces entités visent à s'adapter au changement. Cette étude va analyser de manière intersectionnelle l'association entre des facteurs objectifs et subjectifs environnementaux et sanitaires en fonction de différentes stratifications socio-économiques (Beitone et al., 2019; Dozzi et al., 2008).

<sup>6</sup> La perception directe se fait par le biais d'indicateurs de la vie quotidienne, des stimulants qui se captent à travers les sens et le corps.

## 2. Les résultats des études de perception de la pollution atmosphérique

En 2004, une enquête belge au niveau fédéral a été menée afin d'évaluer l'appréciation des personnes face à leur santé et leur environnement ; elle conclut que les nuisances environnementales dépendent plus des caractéristiques territoriales (zone urbaine ou rurale), que des caractéristiques socioéconomiques. La recherche a été menée à une l'échelle supérieure à l'échelle communale, elle ne prend donc pas en compte certaines caractéristiques locales et individuelles. Par ailleurs, elle souligne qu'en valeur absolue, les personnes les plus favorisées sont celles qui produisent le plus de nuisances mais en subissent le moins les conséquences. En même temps, on constate que les individus les plus éduqués sont les plus favorablement sensibles aux politiques environnementales mises en place. Ce résultat est nuancé par la réalité territoriale, l'accès aux zones vertes étant plus prépondérant dans le sud du pays (Dozzi et al., 2008).

À Bruxelles, la population perçoit les sources de pollutions comme des facteurs négatifs de leur environnement, tandis que les espaces verts sont considérés comme des facteurs positifs sur leur santé et leurs environnement (Aerts et al., 2020; IBGE, 2015).

À Mexico, Catalán-Vázquez et al. (2016) démontrent que la majorité des jeunes issus de la capitale perçoivent la pollution atmosphérique de leur ville, mais que ces perceptions diffèrent selon le genre, le niveau d'éducation ou encore la zone d'étude. Selon les chercheurs, pour que les politiques environnementales soient effectives, celles-ci doivent être ciblées afin que les populations se sentent concernées et agissent avec les décideurs pour avoir un impact réel sur le niveau de pollution local.

L'étude menée par Bonnefoy et al. (2003) à Dunkerque souligne que le statut démographique des personnes modifierait la perception sensorielle. L'appréciation de la qualité de l'air est modulée par l'âge, le lieu de résidence des personnes interrogées. De plus, les femmes auraient plus de réceptivité olfactive aux pollutions que les hommes, tandis que les personnes âgées apparaissent plus préoccupées par la pollution que les jeunes.

La thèse menée à Beyrouth a mis en évidence que les personnes habitant la capitale percevaient bien la pollution atmosphérique, particulièrement celle liée au trafic. Les références cognitives qui ressortent de l'étude sont d'une part par la quantité de voiture, d'autre part par l'état des bâtiments. Cependant, cette pollution, bien que problématique d'un point de vue sanitaire, n'est pas la priorité des problèmes des beyrouthins. Cela s'explique, entre autres, par le fait que les individus pensent que les autres sont plus affectés par cette pollution qu'eux-mêmes (Khazen, 2019). Comme dans l'analyse française, les perceptions des individus changent selon leurs statuts.

### 3. Méthodes d'analyses identifiées dans les autres études

Les facteurs de stratification sociale peuvent jouer un rôle dans les fluctuations d'exposition et d'impact sanitaire des individus, mais cela peut aussi déterminer une fluctuation dans le cadre de vie, surtout lorsqu'un individu est en proie à une situation sociale plus précaire (Bonnefoy et al., 2003; Chauvin & Hermand, 2008; European Commission et al., 2016; *Green and quiet*, s. d.; Khazen, 2019; Noël et al., 2020; Pelletier et al., s. d.).

L'analyse quantitative permet d'identifier les schémas, les corrélations entre des facteurs des facteurs sociaux, du cadre de vie, et la perception différenciée de son environnement. Cependant, ces méthodes ne sont pas très adaptées pour comprendre des mécanismes spécifiques qui peuvent rendre un environnement plus ou moins favorable (Carter & Horwitz, 2014; Lalloué, 2014; Morelli, 2016).

Enfin, une analyse qualitative permettant de comprendre les mécanismes sous-jacents des schémas observés. Cela passe par une revue de la littérature internationale sur les usages et la perception de l'environnement et la santé, mais aussi l'étude du risque. Ensuite, l'analyse prend la forme de questionnaires individuels (Bonnefoy et al., 2003; Khazen, 2019; Sheppard et al., 2012). Morelli (2016) souligne que pour évaluer les impacts sanitaires des effets de la pollution de l'air à l'échelle de l'individu, en un effet à l'échelle de la population, il faut d'abord caractériser le risque, et, ensuite évaluer le risque relatif. Ce dernier est étudié tant au niveau sanitaire (étude de vulnérabilité sanitaire) qu'au niveau du statut (étude de vulnérabilité sociale).

### 4. La perception des risques et l'attitude liés à la pollution atmosphérique

#### 4.1. *La perception des risques*

Les études qualitatives relatives à la pollution atmosphérique attestent que les réactions et les réponses face au risque sont influencées à la fois par des caractéristiques intrinsèques telles que l'âge, le genre, l'état de santé, mais aussi par des facteurs extrinsèques tels que les lieux de vies et les proximités avec les sources de contamination (Dozzi et al., 2008; European Commission et al., 2016; Fecht et al., 2015; Khazen, 2019; Noël et al., 2020).

La plupart des études soulignent que les individus perçoivent bien le fait de vivre ou non dans un environnement pollué, en revanche ils sont moins bien informés quant aux risques relatifs d'exposition à cette pollution. De plus, la gêne exprimée paraît fortement corrélée à la dépendance économique des habitants à l'origine de cette gêne (Bonnefoy et al., 2003; Fecht et al., 2015; *Green and quiet*, s. d.).

Afin de pouvoir mesurer l'impact de la pollution de l'air et prendre des mesures adéquates pour la diminuer, il faut, d'une part, comprendre la distribution d'exposition de celle-ci, afin de

comprendre son impact sur la vulnérabilité des individus<sup>7</sup> ; mais aussi identifier le risque, ce qui permet de quantifier le dommage et donc de mesurer plus tard cette vulnérabilité (Eggerickx et al., 2018; Morelli, 2016; Stephenne et al., 2017).

La connaissance des causes de la pollution est un facteur qui joue sur la sensibilité de l'homme vis-à-vis de son environnement ; en d'autres termes, les personnes convaincues d'avoir une bonne connaissance des causes de la pollution sont aussi celles qui montrent le plus de sensibilité à l'égard de celle-ci. Cependant les études soulignent que cette sensibilité diffère selon les groupes sociaux ; les classes les plus aisées ont tendance à être davantage informées des problèmes que les classes plus précarisées (Blavier et al., 2013; Carter & Horwitz, 2014).

#### *4.2. L'attitude face aux risques*

L'analyse qualitative met en évidence des résultats divergents quant à l'attitude face au risque : en France, les nouvelles générations ont une prise de conscience plus importante des problèmes environnementaux actuels que leurs aînés, l'éducation semble jouer un rôle prépondérant dans la sensibilisation à la pollution. A l'inverse, au Mexique proportionnellement moins d'étudiants détectent les risques potentiels et encore moins dans leur environnement immédiat (Bonnefoy et al., 2003; Catalán-Vázquez et al., 2009).

Les individus sont catégorisés selon quatre typologies de réponses ou stratégies d'adaptation : les fatalistes, les hiérarchiques, les individualistes et les égalitaristes. Ces différentes stratégies permettent à l'être humain de se défendre influent sur ses représentations, sa perception et son évaluation de la nuisance. Les études proposées à Beyrouth et à Dunkerque mettent en évidence l'attitude fataliste des individus face à la pollution de l'air, et cela s'explique en grande partie par une méfiance des individus face aux pouvoirs locaux, mais aussi par la situation de précarité dans laquelle une partie de la population se trouve (Bonnefoy et al., 2003; Khazen, 2019).

Le manque de sensibilité face aux risques de pollution laisse supposer qu'il faut incorporer certains fondements éthiques dans la politique environnementale afin que les citoyens perçoivent mieux les politiques mises en place. En effet, si les résidents savent quel est le niveau d'exposition, le type de personne affecté, quel type de personne est plus vulnérable, cela peut encourager la participation sociale des populations locales dans la lutte contre la pollution et améliorer les relations de confiance entre les différentes institutions et le citoyen (Bickerstaff & Walker, 2001; Blavier et al., 2013; Brunet, 2008).

---

<sup>7</sup> La vulnérabilité est la propension ou la prédisposition de certaine personne à être défavorablement affecté par un risque (Lalloué, 2018).

## 5. Les enjeux démocratiques et politiques de la pollution de l'air

### 5.1. *L'étude des inégalités économiques et environnementales*

En économie, le niveau d'inégalités au sein d'une société a un impact négatif sur l'ensemble des individus et est corrélé négativement au bien-être des individus (Gruber, 2011). La pathologie invisible engendrée par la pollution de l'air doit être étudiée comme un *concernement* partagé<sup>8</sup> (Blavier et al., 2013).

Étudier les différenciations d'expositions environnementales et de différenciation de vulnérabilité permet d'étudier les inégalités. Pour ce faire, il faut identifier et quantifier les inégalités d'exposition et de vulnérabilité mais aussi communiquer les dangers. Lalloué (2014) observe un gradient de la santé tout au long de l'échelle sociale et dans tous les pays, ce qui engendre des inégalités sociales. En Belgique, les mères au statut socioéconomique plus bas font face à une mortalité infantile plus élevée, surtout dans les zones du pays les plus exposées (Eggerickx et al., 2018).

### 5.2. *L'air, un bien purement public*

Le caractère ubiquitaire et gratuit de l'air fait que celle-ci est considéré pour certain comme un bien purement public<sup>9</sup>. Dans ce cas, la variation de la qualité de l'air engendre des externalités qui ne seront probablement pas prises en compte par le marché. Par exemple, bien que tout le monde profite de l'air ambiant, la gestion de la qualité de l'air engendre un coût qui n'est pas directement représenté dans l'offre ou la demande, ce qui engendre une défaillance du marché (Gruber, 2011). Cette externalité doit être prise en compte, soit par le biais de l'intervention des pouvoirs publics, soit par la coordination entre les différents agents et la conscientisation citoyenne.

La manière dont les différentes entités vont aborder le problème va dépendre de l'information disponible, fournie par les médias, et les différentes communautés de recherches. Soulignons qu'en théorie néo-classique, lorsque quelqu'un jouit d'un bien sans en payer le prix réel, nous risquons de nous confronter à des problèmes de « passagers clandestins » lorsqu'il s'agira d'établir des politiques publiques pour améliorer sa qualité ou analyser ses sources.

---

<sup>8</sup> Le concernement peut se traduire comme « toute sensibilité orientée vers une part du monde s'exprimant par un comportement plus ou moins actif » (Brunet, 2008). À l'instar de l'engagement, le concernement n'induit pas forcément une mobilisation quelconque, ni le dévouement à une organisation mais est une condition nécessaire pour encourager l'engagement citoyen.

<sup>9</sup> Pour aller plus loin, un bien est considéré comme public s'il est non-rival en consommation et que l'on ne peut exclure personne de sa consommation. Non-rival signifie que la consommation d'un individu n'altère pas la consommation d'un autre individu, peu importe la quantité consommée de ce bien (Gruber, 2011)

Finalement, la gestion de la qualité de l'air représente une factualisation<sup>10</sup> de nombreux acteurs se confrontant à des intérêts divergents.

### 5.3. *La relation entre décideurs et citoyens*

Le rôle des sciences sociales et économiques dans ce cadre est d'étudier les représentations et les décisions prises par ces individus. Etudier le comportement des agents économiques, la manière dont ceux-ci perçoivent les risques et réagissent permet de mettre en place des politiques ciblées (Blavier et al., 2013; Brunet, 2008; Khazen, 2019).

L'éco-baromètre établi par les gouvernements locaux de Madrid et d'Andalousie en Espagne est un parfait exemple de la prise en considération des perceptions des individus. Ces gouvernements estiment périodiquement les perceptions et les attitudes des citoyens, leur comportement individuel et collectif, ainsi que leur opinion sur les actions des institutions et des organismes publics responsables de la politique environnementale .

L'information et la communication sont des éléments clés. D'un côté, l'information joue un rôle primordial dans la rationalité des choix des individus : dans certains pays où les gouvernements sont moins concernés, les médias restent un moyen fiable pour la communication du risque à la population. D'autre part, l'attitude des individus concernés conditionne la médiatisation des nuisances (Blavier et al., 2013; Charvolin et al., 2015; Khazen, 2019; Morelli, 2016).

Finalement la perception est subjective, mais isole un ressenti, dont les décideurs devront tenir compte dans la prise de décision afin de lutter au mieux contre la pollution atmosphérique. En démocratie, un citoyen impliqué est un citoyen (pro)actif.

---

<sup>10</sup> Le factualiser permet d'identifier/dénoncer les problèmes lorsque l'on en parle avec d'autres individus. C'est à partir de ce moment-là qu'on peut émettre des revendications et réclamer des politiques de transformation.

## B. Méthodologie

Cette partie décrit la manière dont l'analyse va être effectuée, en fonction de quelles données et selon les méthodes statistiques utilisées.

### 1. Schéma général du mémoire

L'analyse du cas belge se divise en quatre parties. (1) D'abord nous analysons l'état de la pollution en Belgique, quelles en sont les principales sources et où se trouvent les concentrations les plus importantes. (2) Nous étudions ensuite les risques sanitaires liés à une surexposition de cette pollution atmosphérique en Belgique. (3) Subséquemment, nous tentons de comprendre, via des outils statistiques, quelle est la perception des individus face à leur environnement au moyen des données issues de l'enquête MEqIn, à quel point celle-ci s'écarte des données officielles (données de CELINE) et comment les perceptions diffèrent entre ces individus. (4) Le prolongement nécessaire de l'étude serait de comprendre via des enquêtes qualitatives quelles sont les réactions des individus face aux risques environnementaux, comment ils se comportent lorsqu'ils se situent dans des zones de forte exposition. Pour ce quatrième point, les données qualitatives ne sont pas (encore) disponibles ; cependant, une première base théorique est avancée pour tenter de comprendre quels sont les différents types de réactions possibles des individus sur base de la littérature.

Cette recherche peut servir aux décideurs, à la communauté scientifique et toute autre personne concernée par les risques environnementaux comme un outil de compréhension du comportement des belges face à la pollution atmosphérique. Cela dans le but de mener à bien des politiques tant au niveau local que global de lutte contre la pollution de l'air. De plus, l'augmentation des connaissances des causes et conséquences de la pollution par les citoyens permet d'augmenter la sensibilité de ces derniers sur le sujet.

### 2. Méthodes d'analyses des données

Cette section décrit les différentes méthodes adoptées pour effectuer les analyses du travail. L'analyse de données a été conduite en plusieurs étapes et effectuée principalement via les logiciels Excel (2014) et STATA (15.1). Globalement, l'analyse statistique va permettre d'identifier l'association entre des indicateurs objectifs d'exposition et la perception en tenant compte de différentes caractéristiques de la population.

#### 2.1. Méthode d'analyse des données

Dans un premier temps, l'analyse descriptive des données de pollutions socioéconomiques et démographiques est effectuée. La présentation des données se fait par des tableaux de statistiques descriptives, de fréquences, des tableaux croisés et différents

types de diagrammes. Cette partie permet d'identifier les variables qui seront utiles pour la suite de l'analyse.

## 2.2. *Méthode d'analyse de perception de l'environnement face aux données de pollutions*

L'étude de la perception requiert des mesures objectives de relations entre différents aspects des individus, de leur environnement et de l'interprétation subjective que les gens ont de ces relations (Carter & Horwitz, 2014).

### 2.2.1. *Méthode d'analyse de corrélation de Spearman*

Une analyse de corrélation de Spearman est effectuée afin d'évaluer la relation monotone entre deux variables continues ou ordinales.

L'étude non-paramétrique de Spearman est utilisée pour mesurer s'il y a dépendance entre les variables ; ici, le lien entre les niveaux de perceptions et de pollutions. Ce lien de dépendance est ensuite analysé en divisant les données en différentes catégories socioéconomiques et démographiques (Carter & Horwitz, 2014; Dozzi et al., 2008; Rakotomalala, 2017; Térouanne, 1998).

Avant d'effectuer la corrélation, Stata (15.1) transforme les données en rang, triant les données par ordre de croissance et remplaçant leur valeur par des rangs. Si les valeurs sont identiques, il estime une moyenne du rang. Les individus sont ensuite classés selon un ordre croissant. Finalement, le logiciel calcule le carré de la différence de rang pour chacun des individus et puis calcule le coefficient de corrélation rho ( $r_s$ ) pour chaque paire de variable, suivant la formule de l'équation ci-dessous :

$$r_s = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sigma_Y}$$

où X indique le rang de l'observation pour la première variable, Y le rang pour la deuxième variable, et  $\sigma_X$  et  $\sigma_Y$  les écarts-types des rangs.

La valeur  $r_s$  (appelée rho de Spearman) obtenue est une estimation de la corrélation entre deux variables dans la population. Pour que la corrélation soit significative, il faut qu'il y ait dépendance entre les deux variables. Pour ce faire, un test d'hypothèse est réalisé. L'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de corrélation entre les deux variables.

In fine, cette analyse va permettre de déterminer s'il y a dépendance entre l'ordre du niveau de pollution et l'ordre des réponses des individus relatives à la perception de leur environnement. En d'autres termes, cela indique si le niveau de pollution augmente quand les individus déclarent vivre dans un endroit pollué.

### 2.2.2. Méthode d'analyse de la variance à un facteur

Une analyse de la variance (ANOVA) est effectuée afin de faire la comparaison entre les moyennes du niveau d'indicateur de qualité de l'air par type de réponse sur la perception de l'environnement (Bonnefoy et al., 2003; Carter & Horwitz, 2014; Greenpeace, 2018; Khazen, 2019).

Lorsque le test ne prend en compte qu'une seule variable indépendante, le test est à un facteur et compare la variance de la moyenne d'un groupe (calculée sur base d'une variable dépendante continue) au sein d'un échantillon, en considérant une variable indépendante (variable en catégorie). ANOVA permet de comparer au minimum trois catégories afin d'établir s'il y a des différences significatives entre ces catégories. Pour que l'analyse soit valable, elle doit satisfaire trois hypothèses : l'échantillon doit être indépendant, la variance homogène et la population normalement distribuée. L'hypothèse nulle est que les moyennes des catégories sont égales (Dagnelie, 2011; Rakotomalala, s. d.).

Dans cette analyse, ANOVA va mettre en avant des différences significatives entre les niveaux moyens de pollution par catégorie de perception.

### 2.3. Méthode d'analyse de différenciation de perception de l'environnement

La dernière étape de l'analyse de perception est l'étude des différenciations de perception. Le modèle de choix bivarié permet de passer de la description à l'explication. Plus précisément, le modèle Logit va permettre d'associer des indicateurs objectifs de pollutions (tel que l'indicateur de QA) et la perception de l'environnement, stratifié par le genre, la position socioéconomique et des facteurs démographiques. Cela va permettre de déterminer si les variables sélectionnées peuvent prédire la perception des individus. Pour ce faire, les variables dépendantes de perceptions ont été transformées en variables binaires (Carter & Horwitz, 2014; Catalán-Vázquez et al., 2009; *Green and quiet*, s. d.; Noël et al., 2020).

La régression logistique binomiale s'apparente beaucoup à la régression linéaire de type OLS ; cependant, le modèle utilisé est la régression binomiale selon la méthode du maximum de vraisemblance<sup>11</sup>. Comme dans ce dernier, le poids de chaque variable indépendante, qu'elle soit catégorielle ou continue, est représenté par un coefficient de régression. Ce modèle de régression binomial multivarié va chercher à savoir pourquoi certaines personnes perçoivent de la pollution et d'autres non en fonction de plusieurs variables indépendantes.

---

<sup>11</sup> Le modèle des moindres carrés (OLS) de la régression linéaire est construit à partir des coefficients qui minimisent la distance au carré entre les valeurs observées et la droite de régression. Le modèle de maximum de vraisemblance (MLE) utilisée dans la régression Logit repose sur l'obtention des valeurs prédites de la variable dépendante située au plus près de la valeur observée. Les coefficients constituent alors les paramètres d'estimation de la probabilité maximale et mesurent le changement du ratio de probabilité.

La régression logistique multivariée permet d'une part d'identifier les caractéristiques distinguant les individus entre les deux groupes mais aussi de mesurer l'influence de chacune des caractéristiques dans cette distinction. Contrairement au modèle de régression OLS, elle ne nécessite pas la présence d'une relation linéaire entre les variables puisque la variable dépendante est dichotomique. Dans cette analyse, lorsque les valeurs du modèle sont connues, le modèle prédit le niveau de perception pour chaque individu (Afsa, 2016; Cameron & Trivedi, 2009).

Afin d'estimer la régression, la probabilité Logit est transformée pour obtenir une relation linéaire avec les variables dépendantes. La régression du modèle se caractérise par la formule suivante :

$$\ln \frac{p(y = 1|X)}{1 - p(y = 1|X)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_K x_K$$

Où  $x_1$  à  $x_K$  correspondent aux variables explicatives du modèle, et  $\beta_0$  à  $\beta_K$  les paramètres estimés.

**L'interprétation du modèle se fait d'une part par l'effet marginal pour les variables continues.**

Dans le modèle de régression linéaire, l'effet marginal dépend de la valeur du coefficient qui lui est associé. Dans les modèles Logit et Probit, l'effet marginal dépend de la variable indépendante qui lui est associée. L'effet marginal se calcule donc pour une valeur spécifique de cette variable explicative. Au vu de la fonction Logit et Probit, la dérivée de leur fonction respective est toujours supérieure à zéro, donc comme pour le modèle d'estimation linéaire, le signe dépend du coefficient dans les modèles Logit et Probit.

Dans cette analyse, l'effet marginal des variables indépendantes sont faites en fonction de la valeur moyenne de ces variables. L'effet mesure la probabilité que la variable dépendante advienne lorsque l'on augmente une variable indépendante d'une quantité infinitésimale.

L'effet marginal est estimé comme la moyenne de l'effet marginal individuel. Sa formule est de :

$$\frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\sum G'(x'\beta)}{n} \beta_i$$

où  $G'(\cdot)$  est la dérivée de la fonction de la distribution cumulative Logit,  $n$  est le nombre d'observation et  $\beta_i$  est le coefficient de la variable indépendante  $x_i$ .

### D'autre part l'interprétation se fait via un odd ratio (OR).

On appelle risque relatif (ou odd ratio) d'un événement le rapport de la probabilité de l'événement à celle de son complémentaire. Ce risque relatif peut se calculer pour chaque variable indépendante  $x_i$ . S'il est égal à 1, l'événement dépendant ( $y$ ) et la caractéristique ( $x_i$ ) sont indépendants. Si l'OR est supérieur à 1, le lien entre  $y$  et  $X$  est positif. Si l'OR est inférieur à un 1, le lien entre la variable dépendante et indépendante est négatif (Afsa, 2016).

Suivant la formule de la régression, l'exponentielle d'un paramètre correspond à l'odd ratio. Lorsque  $x_1$  est égal à un, le rapport entre la probabilité que l'évènement survienne et qu'il ne survienne pas est égal à :

$$\frac{p(y = 1|x_1 = 1, \hat{x}_{K-1})}{1 - p(y = 1|x_1 = 1, \hat{x}_{K-1})} = \exp(\beta_0 + \beta_1 + \dots + \beta_K x_K)$$

Lorsque  $x_1$  est égal à zéro, ce rapport est égal à :

$$\frac{p(y = 1|x_1 = 0, \hat{x}_{K-1})}{1 - p(y = 1|x_1 = 0, \hat{x}_{K-1})} = \exp(\beta_0 + \dots + \beta_K x_K)$$

Le risque relatif de succès est donc égal à :

$$\frac{\frac{p(y = 1|x_1 = 1, \hat{x}_{K-1})}{1 - p(y = 1|x_1 = 1, \hat{x}_{K-1})}}{\frac{p(y = 1|x_1 = 0, \hat{x}_{K-1})}{1 - p(y = 1|x_1 = 0, \hat{x}_{K-1})}} = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 + \dots + \beta_K x_K)}{\exp(\beta_0 + \dots + \beta_K x_K)} = \exp(\beta_1)$$

Donc  $x_1 = 1$  à  $\exp(\beta_1)$  plus de risque que  $y = 1$  adienne que  $x_1 = 0$ . Le risque encouru ici est un risque relatif mesuré par un rapport de probabilité.

Dans notre analyse, en contrôlant le niveau de pollution, le modèle peut tenir compte de différentes caractéristiques et déterminer les différences significatives dans la perception de la pollution entre deux groupes. Cela va permettre une modélisation économique des comportements individuels.

Nous pourrions décrire l'OR comme un rapport de rapports de probabilités.

## C. Données

Dans cette étude, nous comparons la perception des individus de leur environnement face à des indicateurs officiels de mesure de la pollution. Pour ce faire, nous croisons des données récoltées à l'échelle individuelle avec les données de pollution au niveau le plus précis disponible actuellement. La base de données au niveau individuel provient de l'enquête sur le bien-être des Belges MEqIn, conduite par des chercheurs de plusieurs universités belges en 2016. Les données de pollution indiquent les émissions de polluants par zone de 4x4 km. Dans un souci de confidentialité des données, seul le croisement des données de pollution au niveau communal a pu être fait avec les échelons individuels.

Cette partie décrit dans un premier temps (1) les unités statistiques et géographiques retenues ainsi que la zone d'étude. Ensuite, les variables disponibles et construites sur la zone seront décrites comme suit : (2) les données environnementales, (3) les données socio-économiques et démographiques (4) les données de perceptions.

### 1. Unité statistique et zone d'étude

Dans cette section, les unités géographiques et statistiques sont définies.

#### 1.1. Unité géographique d'analyse

L'analyse croise des données récoltées au sein de la partie des **Source de données socioéconomiques, démographiques et de perception : le projet Meqin** au niveau individuel sur l'ensemble de la Belgique et des données de pollution collectées selon la méthode RIO 4x4 km<sup>2</sup> par CELINE (cf. **Modélisation des données disponibles**).

Dans cette étude, la concentration de pollution est agrégée au niveau communal, ce qui constitue l'échelon géographique le plus bas avec lequel les données au niveau individuel ont pu être croisées.

#### 1.2. Zone d'étude

La **Figure 1** présente la Belgique en la délimitant selon ses différentes stratifications territoriales. Le royaume est un territoire de 30.000 km<sup>2</sup> qui compte 581 communes, 5 provinces en Flandre, 5 provinces en Wallonie et Bruxelles-Capitale, pour une population estimée en 2017 à 11,35 millions d'habitants (Dozzi et al., 2008; Eggerickx et al., 2018).



Figure 1 Carte de la Belgique par communes, régions et provinces (2020)

Source : NGI (2020)

Eggerickx et al. (2018) synthétisent la situation socioéconomique en Belgique entre 1991 et 2018 comme suit :

Globalement, le nord du royaume (Flandre) est plus riche que le Sud (Wallonie). De plus, les métropoles sont plus riches avec un contraste entre les centres urbains relativement pauvres et les banlieues relativement riches. Cela s’observe particulièrement dans la région de Bruxelles- capitale et dans une moindre mesure à Gand, Anvers et Liège. Cette dichotomie s’explique en partie par l’effet transfrontalier du Luxembourg.

Les plus hauts niveaux d’éducation se concentrent dans les centres urbains. Il est intéressant d’analyser les variables de revenus et de diplômes car elles indiquent la capacité des ménages à accéder à l’information et dans une certaine mesure à s’adapter aux dégradations environnementales. En Belgique, diplômes et revenus sont positivement corrélés.

Depuis une trentaine d'années, les régions industrielles et certaines zones rurales se paupérisent. L'emploi industriel restant se trouve le long des axes principaux, à savoir entre Anvers, Bruxelles et Charleroi ; mais aussi entre Anvers, Gand et Lille ; les liaisons Anvers-Liège ou encore Liège-Charleroi sont des zones d'emploi industriel.

L'objectif de ce travail est d'étudier les perceptions et les différenciations de perception des individus à travers l'ensemble du territoire.

## 2. Les données d'exposition environnementales

Dans cette section, nous présenterons les pollutions atmosphériques étudiées dans cette analyse.

### 2.1. Sources des données de pollution

Les données relatives à la qualité de l'air sur l'ensemble du pays sont récoltées par la CELLule INterrégionale de l'Environnement (CELINE). Cet institut crée des cartes journalières et annuelles de la qualité de l'air en Belgique sur différents types de polluants. Pour ce faire, CELINE utilise une méthode d'interpolation spatiale de mesure de la qualité de l'air, la méthode RIO. Cette dernière permet de transformer la collecte locale des appareils de mesures afin de les étendre de manière spatiale sur l'ensemble du territoire en le découpant par des carrés de 4x4 km<sup>2</sup> (CELINE, s. d.). En annexe du document se trouve les limites de la méthode (cf. **Annexe C : Limites de la méthode RIO 4x4**).

### 2.2. Justification du choix des pollutions atmosphériques

Cette étude porte sur les particules fines (PM<sub>10</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>).

Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) n'est pas pris en compte car selon l'EEA et CELINE, l'organisation en charge officiellement du recensement des niveaux de pollution en Belgique, ce polluant ne représente plus un danger direct (CELINE, 2019; EEA, 2019).

**Les particules fines** représentent un ensemble de particules liquides et solides présentes dans l'atmosphère. Elles proviennent de résidus de combustions ou de la transformation de certains composants de l'air tel que le dioxyde d'azote. Elles sont un proxy courant pour évaluer la qualité de l'air car leur diffusion est plus homogène que tout autre polluant (WHO, 2018a). Il y a les particules d'un diamètre de 10 microns ou moins – notées PM<sub>10</sub>- et les particules d'un diamètre de 2,5 microns ou moins - notées PM<sub>2.5</sub>.

**Les oxydes d'azote** (noté NO<sub>x</sub>) sont composés d'un mélange de monoxyde d'azote (noté NO) et de dioxyde d'azote (noté NO<sub>2</sub>). Ce mélange apparaît lors de phénomènes de combustions produits par l'oxydation de l'azote contenu dans l'air, mais aussi lors de la combustion de l'azote venant des carburants. **Le dioxyde d'azote** fait partie des indicateurs

couramment utilisés pour quantifier l'exposition liée au trafic routier, une des sources majeures de pollution atmosphérique en Belgique. De surcroît le NO<sub>2</sub> se caractérise par une hétérogénéité spatiale plus importante que les autres polluants, ce qui permet d'envisager des contrastes selon les caractéristiques socioéconomiques du territoire (CELINE, 2019; Lalloué, 2014; WHO, 2018a).

La présence de PM<sub>10</sub> et de NO<sub>x</sub> induit nécessairement la présence de PM<sub>2,5</sub>, c'est pourquoi nous nous concentrerons sur les deux premiers polluants dans notre analyse. Notons par ailleurs que ces deux polluants se retrouvent plus concentrés dans les zones urbaines.

En ce qui concerne l'**ozone** (O<sub>3</sub>), sa formation provient de phénomènes secondaires plus complexes. L'ozone est un polluant secondaire, c'est-à-dire qu'il résulte d'une transformation chimique dans l'atmosphère et ne provient donc pas d'une source anthropique ou naturelle. Cette transformation se fait entre les rayonnements ultraviolets du soleil et certains polluants directement émis dans l'air, appelés des polluants primaires tels que les NO<sub>x</sub> et les composés organiques volatiles (noté COV) (Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, 2015). Seulement 10 % de l'ozone présent dans l'atmosphère se concentre au sol, l'ozone troposphérique. Ce polluant se concentre de manière plus importante dans les zones rurales et sa réaction avec le soleil induit que ses concentrations sont plus importantes en été. (De Thysebaert, 2018; Morelli, 2016). L'ozone est donc un indicateur courant pour quantifier l'exposition de la pollution en zone rurale. Il y a deux indicateurs d'exposition à l'ozone : le **NET60**<sup>12</sup> et l'**AOT60**<sup>13</sup>. CELINE (2017) et l'EEA retiennent l'AOT60 comme référence car il prend en compte la durée et l'ampleur du dépassement.

Par ailleurs, étant donné que les expositions sont plus difficilement quantifiables à court terme et que l'enjeu sanitaire réel porte sur l'exposition à long terme – dite chronique – aux polluants, nous nous concentrons sur une exposition à long terme aux polluants atmosphériques (CELINE, 2019).

### *2.3. Modélisation des données disponibles*

L'évaluation des niveaux de pollutions nécessite plusieurs phases de modélisation à partir des mesures des différents polluants. Dans le cadre de ce travail nous utilisons une concentration annuelle agrégée au niveau communal des polluants suivants: PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>.

---

<sup>12</sup> le **NET60** qui représente le nombre de jours par an pour lesquels la concentration moyenne sur 8 heures d'ozone est supérieure à 120µg/m, qui doit être inférieure à **25 fois par an**

<sup>13</sup> l'**AOT60** qui représente la somme annuelle des différences entre les maxima journaliers d'une concentration moyenne sur 8 heures d'une exposition supérieur à 120µg/m<sup>3</sup> qui ne peut pas être dépassé plus de **25 fois par an**.

La concentration annuelle moyenne est l'indicateur le plus souvent utilisé en étude écologique car ces valeurs sont plus facilement disponibles et une importante littérature existe à ce sujet (Lalloué, 2014) .

Afin de réaliser l'analyse, nous transformons les données brutes récoltées et interpolées par CELINE - soit 2098 observations - en données communales, donc 581 observations correspondant au nombre de communes belge. Pour ce faire, le logiciel QGIS, édition 3.4.6. a été utilisé. Pour réaliser la base de données finale et une représentation graphique, nous combinons la représentation graphique du quadrillage RIO 4x4km<sup>2</sup> - fichier « shapefile » - et les données de pollutions se trouvant dans un document Excel. Cela permet d'avoir une représentation graphique des polluants sur le territoire – ces deux documents ont été fournis par CELINE. Ensuite une superposition vectorielle par intersection des données de cartographie de de l'Institut Géographique National (IGN) par commune - shapefile - (IGN, 2019) et des données RIO a été effectuée afin d'obtenir un unique vecteur polygone sous forme de carrés 4x4 km<sup>2</sup> par commune. QGIS effectue alors un calcul de la superficie des champs afin d'obtenir les carrés 4x4 km<sup>2</sup> limités par les contours de la commune. Une fois cette opération effectuée, nous effectuons une moyenne arithmétique de l'ensemble des polluants par commune afin de n'avoir plus qu'une donnée de pollution par commune, c'est-à-dire que nous avons un volume pondéré par grille de 4x4 km<sup>2</sup> par commune.

Dans les études écologiques et épidémiologiques, mapper les résultats est une étape cruciale qui permet de montrer la distribution spatiale des zones les plus polluées, mais aussi, nous le verrons par après, des zones les plus défavorisées (Lalloué et al., 2013).

#### *2.4. Indicateur relatif à la qualité de l'air en Belgique*

Les questions posées à l'échelon individuel ne spécifient pas quels types de pollutions les personnes échantillonnées perçoivent. Cela engendre qu'une caractérisation plus précise des polluants n'est pas utile dans notre analyse et nous avons donc créé un indicateur de la qualité de l'air selon la méthodologie de l'IWEPS.

L'indicateur de Qualité de l'Air (QA) par commune belge est calculé au départ des données de qualité de l'air enregistrées en temps réel par les 83 stations télémétriques du réseau belge de surveillance de la qualité de l'air.

L'indicateur traduit le niveau de qualité de l'air ambiant dans chaque commune belge par rapport à la moyenne nationale. Il recense trois types de polluants posant un problème sanitaire, à savoir les particules fines (PM<sub>10</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>). Plus l'indicateur est proche de zéro, meilleure est la QA en référence à la QA moyenne en Wallonie. Plus l'indicateur tend vers 1, moins bonne est la qualité de l'air dans la commune par rapport à la quantité moyenne en Belgique.

Les polluants récoltés par CELINE RIO 4x4 km<sup>2</sup> (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>) ont été normalisés selon la méthode min-max. Une agrégation de ½ PM<sub>10</sub>, ¼ NO<sub>2</sub> et ¼ O<sub>3</sub> pour chaque polluant a ensuite été effectuée. Finalement, l'agrégation au niveau communal a été effectuée via le logiciel QGIS, édition 3.4.6 comme précédemment.

## 2.5. Caractérisation des données de pollution disponibles

Le **Tableau 1** analyse la concentration annuelle moyenne des différents polluants et de l'indicateur relatif à la Qualité de l'Air (QA) par commune wallonne en 2017 après la transformation des données « brutes » d'interpolation RIO 4x4 en données par commune – cf. Modélisation des données disponibles.

*Tableau 1 Tableau de synthèse descriptive des concentrations des différents polluants et de l'indicateur de QA par commune (Belgique, 2017)*

	Observation	Moyenne	Médiane	s.e.	Min	Max
<b>PM10</b> (en µg/m <sup>3</sup> )	2022	18.676	19.74	3.171	10.76	23.14
<b>NO2</b> (en µg/m <sup>3</sup> )	2022	18.347	18.11	5.839	5.14	37.17
<b>O3</b> (en (µg/m <sup>3</sup> )*h)	2022	1583.1	1505.35	613,1	344.81	2951.4
<b>Indicateur QA</b>	2022	0.4843	0.514	0.133	0.142	0.675

*Source : Auteur*

Le nombre d'observation pour l'échantillon final est de 581 données de concentration des pollutions atmosphériques associées aux 2022 individus réparti sur l'ensemble du territoire.

La moyenne des concentrations annuelles moyennes varient entre 18.34 µg/m<sup>3</sup> pour les NO<sub>2</sub> et (197,89 µg/m<sup>3</sup>)\*8heures pour l'O<sub>3</sub>.

On observe une distribution légèrement décalée à droite de la médiane des PM<sub>10</sub> et de l'indicateur de QA (et donc une queue de distribution étalée vers la gauche).

Inversement, le NO<sub>2</sub> et l'O<sub>3</sub> observent une distribution légèrement décalée à gauche de la médiane.

Le polluant concentrant le plus petit écart-type (s.e.) est le PM<sub>10</sub> tandis que le polluant concentrant le plus grand écart-type est l'O<sub>3</sub>. Ceci s'explique par les niveaux de valeurs différent entre les observations. L'indicateur de QA à un écart-type de 0.48.

### 3. Les données socioéconomiques, démographiques et de perception des ménages belges

Dans cette section, nous présentons les données socioéconomiques, démographiques et de perceptions utilisées pour l'étude, leurs sources et les traitements qui ont été effectués.

#### 3.1. *Source de données socioéconomiques, démographiques et de perception : le projet Meqin*

Le projet MEqIn (**M**easuring **E**quivalent **I**ncomes) est le produit d'une collaboration interdisciplinaire entre l'ULB, la KUL et l'UA visant à construire une base de données dans le but de mesurer le bien-être des individus en Belgique. L'enquête a eu lieu en 2016. Le projet décrit ici rassemble des scientifiques en théorie économique, économie de la santé, politique sociale, théorie économétrique et économétrie appliquée<sup>14</sup>.

La base de données du projet Meqin recense 3404 répondants, représentant 2098 ménages belges. Pour chaque ménage, sont interviewés une personne de référence ainsi que les membres du ménage de plus de 17 ans. La base de données est répartie en différents modules. Premièrement un module rempli par l'enquêteur donnant des indications sur l'environnement de l'interview. Deuxièmement, un module reprenant la composition des ménages et leurs caractéristiques socio-démographiques. Troisièmement, un module consacré à la santé physique et mentale des individus. Quatrièmement, les personnes interviewées décrivent leur statut de travail et leurs revenus. Cinquièmement, un module concernant les caractéristiques de leur logement et la perception qu'ils ont de leur environnement. Sixièmement, les individus décrivent leur manière de consommer et les moyens dont ils disposent. Enfin, la dernière partie de la base de données est un ensemble de variables estimant la propension à payer des individus pour différentes composantes de leur bien-être, à savoir la santé, le logement et l'emploi.

#### 3.2. *Sélection de variables issues de l'enquête Meqin*

Dans cette section, la première partie analysera les choix des variables socioéconomiques et démographiques. La deuxième partie sera concentrée sur les données liées à la perception.

##### 3.2.1. *Sélection des variables socioéconomiques et démographiques retenues*

Afin de connaître les déterminants du statut socio-économique qui caractérise la perception, il faut identifier les variables qui décrivent ce statut au niveau individuel et du ménage.

---

<sup>14</sup> Plus d'informations : <https://sites.google.com/view/meqin>

Une partie des variables a été sélectionnée sur base de la littérature (cf. *A. État de la question* et *Annexe D : Tableau de synthèse variables sélectionnées*).

Dozzi et al. (2008) soulignent par exemple qu'il est intéressant d'analyser le niveau d'éducation et le revenu car ces données indiquent la capacité des ménages à accéder à certaines ressources, telle que l'information, et à adapter leurs comportements pour faire face à des dégradations environnementales. La sélection s'est faite aussi en fonction de la disponibilité des données. Dans un souci de confidentialité, l'âge n'était disponible que par catégorie.

Ensuite, d'autres variables ont été retenues car nous les avons jugées pertinentes dans le contexte d'une analyse de perception de l'environnement ou de différenciation de perception en fonction de caractéristiques socioéconomiques. Nous avons pris en compte le type de localité ; une personne à la campagne se sentira probablement dans un environnement moins pollué qu'une personne habitant un centre-ville. Également, l'origine géographique ; une personne étrangère portant un autre bagage culturel n'aura peut-être pas la même perception de l'environnement.

In fine, toutes les variables sélectionnées couvrent un ensemble de thématiques telles que la structure familiale, l'emploi, l'éducation, le logement ou encore le statut social.

Les variables socioéconomiques et démographiques sélectionnées sont reprises dans le *Tableau 2* pour les variables continues et le *Tableau 3* pour les variables en catégorie. L'échantillon final recense 2022 ménages pour la plupart des données. Les statistiques descriptives reprises dans les tableaux sont pondérées afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population. La variable décrivant le revenu souffrant d'un grand nombre d'observations manquantes n'a pas été prise en compte pour la sélection de l'échantillon pour l'analyse inférentielle<sup>15</sup>.

*Tableau 2 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques continues (Belgique, 2017)*

	<b>Observ.</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Médiane</b>	<b>s.e.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Taille du ménage</b>	2022	2.224	2	1.315	1	10
<b>Revenu par ménage (€)</b>	1422	1785.59	1567,33	1201.483	0	26493.33
<b>Bien-être émotionnel</b>	1948	70.93	77	18.397	3	100
<b>Bien-être physique</b>	1948	75.69	93	32.05575	0	100

*Source : Auteur*

<sup>15</sup> En effet, le revenu ne recense que 1422 observations et risque donc de faire perdre de la précision d'estimation dans la suite de l'analyse.

Tableau 3 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques catégorielles (Belgique, 2017)

<b>Données en catégorie</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Pc. Cumulé</b>
<b>Niveau d'éducation</b>	N=2022		
<i>Faible</i>	650.56	32.17	32.17
<i>Moyen*</i>	708.49	35.04	67.21
<i>Elevé</i>	662.95	32.79	100
<b>Statut civil</b>	N=2022		
<i>Seul - enfant</i>	709.27	35.08	35.08
<i>Seul + enfant(s)</i>	174.96	8.65	43.73
<i>En couple - enf.</i>	567.17	28.05	71.78
<i>En couple + enf.</i>	489.94	24.23	96.01
<i>Autres</i>	80.67	3.99	100
<b>Statut professionnel</b>	N=2022		
<i>Actif</i>	1007.24	49.81	49.81
<i>Pensionné</i>	672.65	33.27	83.08
<i>Étudiant</i>	26.88	1.33	84.41
<i>Autres</i>	315.22	15.59	100
<b>Mode de vie</b>	N=2022		
<i>Propriétaire</i>	1368.58	67.68	67.68
<i>Locataire</i>	615.19	30.42	98.11
<i>Autres</i>	38.23	1.89	100
<b>Genre</b>	N=2022		
<i>Homme</i>	1066.88	52.76	52.76
<i>Femme</i>	955.12	47.24	100
<b>Âge</b>	N=2022		
<i>18-29</i>	130.10	6.43	6.43
<i>30-39</i>	315.31	15.59	22.03
<i>40-49</i>	385.51	19.07	41.09
<i>50-59*</i>	428.94	21.21	62.31
<i>60-69</i>	338.82	16.76	79.06
<i>70-79</i>	252.31	12.48	91.54
<i>80+</i>	171.00	8.46	100
<b>Origine</b>	N=2022		
<i>Belge</i>	1771.94	87.63	87.63
<i>Non-belge</i>	250.06	12.37	100
<b>Localité</b>	N=2022		
<i>Grande ville</i>	285.67	14.13	14.13
<i>Périphérie</i>	277.87	13.74	27.87
<i>Petite ville</i>	524.34	25.93	53.8
<i>Village</i>	909.82	45	98.8
<i>Campagne</i>	24.30	1.2	100
<b>Région</b>	N=2022		
<i>Bruxelles</i>	207	10.24	10.24
<i>Flandre</i>	1,167.41	57.74	67.97
<i>Wallonie</i>	647.59	32.03	100

\* Médiane

Source : Auteur

### 3.2.2. Sélection des variables de perceptions retenues

La sélection des variables de perception s'est principalement faite selon ce qui était disponible et relatif à l'environnement dans la base de données du projet MEqIn, mais aussi par la littérature.

L'analyse de la perception de l'environnement porte sur les personnes de référence du ménage, soit 2022 ménages. Pour cette analyse, la perception de la pollution, du trafic et des espaces verts est retenue. Pour l'analyse multivariée, les variables de perceptions sont transformées en variables dichotomiques.

Le **Tableau 4** synthétise les informations relatives aux variables de perception.

Tableau 4 Tableau de synthèse descriptive des variables socioéconomiques et démographiques catégorie (Belgique, 2017)

Données en catégorie	Fréquence	Pourcentage	Cumulé
<b>Perception pollution</b>			
<i>Pas pollué*</i>	1,637.74	81	81
<i>Plutôt pas pollué</i>	99.55	4.92	85.92
<i>Plutôt pollué</i>	129.39	6.40	92.32
<i>Pollué</i>	155.32	7.68	100
<b>Perception espace vert (EV)</b>			
<i>De l'espace vert*</i>	1,652	81.7	81.7
<i>Plutôt de l'EV</i>	116.08	5.74	87.44
<i>Plutôt pas d'EV</i>	122.30	6.05	93.49
<i>Pas d'espace vert</i>	125.89	6.23	99.72
<i>Sans avis</i>	5.74	0.28	100
<b>Perception trafic</b>			
<i>Pas de trafic*</i>	1,024.76	50.68	50.68
<i>Plutôt pas de trafic</i>	215.95	10.68	61.36
<i>Plutôt du trafic</i>	313.18	15.49	76.85
<i>Du trafic</i>	452.02	22.36	99.2
<i>Sans avis</i>	16.10	0.8	100

Observations 2022

\* Médiane

Source : Auteur

Plus de 80% des individus considèrent que leur environnement est pollué. Les personnes qui perçoivent leur environnement comme plutôt pollué et pollué représentent 15% des individus sondés. Des résultats similaires sont observés dans la perception d'espaces verts : 80% des individus considèrent vivre dans un lieu contenant assez d'espaces verts et 12% des individus ne se sentent pas assez entourés d'espaces verts dans leur environnement. En termes de perception de trafic, presque la moitié des individus ne trouvent pas qu'ils sont confrontés à trop de trafic dans leur environnement ; alors que 20% des individus pensent qu'il y a trop de trafic.

## D. Situation en Belgique : analyse et résultats

Cette partie va analyser la situation de la pollution atmosphérique de manière holistique. Dans un premier temps, l'exposition à la pollution atmosphérique va être exploré de manière globale et spatiale. Ensuite, la vulnérabilité engendrée par cette pollution sera brièvement littérairement analysée. Afin de se rendre compte des conséquences d'une exposition trop élevée, les risques liés à cette surexposition seront énoncés et une analyse de la situation en Belgique sera introduite. Finalement, une étude statistique sera menée pour évaluer la perception et la différenciation de perception des belges face à cette pollution.

### 1. Exposition objective à la pollution en Belgique

#### 1.1. *Analyse des concentrations de la pollution atmosphérique en Belgique*

Selon Greenpeace (2018), l'air est moins pollué qu'il y a 20 ans en Belgique ; cependant, l'ONG estime que les pollutions atmosphériques génèrent encore des dégâts importants sur la santé humaine et environnementale .

**En région bruxelloise**, les concentrations de particules fines sont en diminution mais sont au-dessus du seuil sanitaire dans beaucoup de quartiers bruxellois. Les oxydes d'azote et dioxydes d'azote restent un problème majeur de la région bruxelloise, au tant à l'exposition qu'à l'émission. En 2009, l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE) estimait que 70% des sources de particules fines provenaient du transport, tandis que 20% provenaient de la consommation en énergie des ménages. Pour l'institut, seules des mesures drastiques quant au trafic à grande échelle permettront d'être conformes aux normes légales (IBGE, 2015).

**En Wallonie**, le NO<sub>2</sub> est en diminution depuis 2014, le dépassement de la limite à court et à long terme n'a plus été dépassé depuis lors. Sur l'ensemble de la région, les particules fines ne dépassent pas les normes sanitaires. Cependant, lorsque cette pollution est analysée localement, il existe encore des zones où les populations sont trop exposées, en particulier dans les villes. Le niveau d'ozone au sol dépasse les objectifs d'exposition à long terme, c'est-à-dire que les individus sont exposés aux valeurs maximales plus d'une fois par an (De Thysebaert, 2018; ISSEP & AWAC, 2016).

**En Flandre**, les normes européennes ne sont pas encore atteintes à une échelle sous-communale pour le NO<sub>x</sub> et l'O<sub>3</sub> en 2017. Les particules fines ne respectent pas les normes sanitaires établies par l'OMS surtout dans la zone du port d'Anvers et la zone du Canal de Gant (De Potter, 2019). Lorsque les données des différents polluants sont agrégées au niveau communal, les communes respectent les valeurs européennes.

Certains polluants tels que les particules fines (PM<sub>1</sub>) et nanoparticules (PM<sub>0.1</sub>) ne sont pas encore analysées de manière approfondies, mais pourraient faire l'objet d'une étude à part entière (IBGE, 2015).

### 1.2. Analyse spatiale des données disponibles de pollution par commune

**En Belgique**, selon les données récoltées par CELINE, les pollutions atmosphériques, excepté pour l'ozone, respectent globalement les valeurs annuelles limites établies par l'union européenne depuis le 2010. Ce n'est cependant pas le cas des valeurs sanitaires établies par l'OMS, en particulier pour les particules fines (CELINE, 2019).

Les couleurs référencées sur les cartes suivent les indications de l'OMS (en jaune) et l'EEA (en rouge) lorsque les limites maximales sont dépassées, sauf pour le NO<sub>2</sub> où les normes OMS sont similaires aux normes européennes.

#### 1.2.1. Les concentrations annuelles moyennes de PM<sub>10</sub>

Une fois la transformation des données CELINE effectuée – **Figure 2**, nous obtenons une concentration annuelle moyenne de PM<sub>10</sub> de 18.68 µg/m<sup>3</sup> en Belgique 20.62 µg/m<sup>3</sup> en Flandre, 14.83 µg/m<sup>3</sup> en Wallonie et 19.28 µg/m<sup>3</sup> en région Bruxelloise. La médiane se situe à 19.74 µg/m<sup>3</sup> et l'écart-type est de 3.19.

Les plus faibles concentrations moyennes recensées, soit inférieure à 15 µg/m<sup>3</sup>, ont été observées dans le sud de la province de Liège, à savoir vers Malmédy et Trois-Ponts. Les concentrations moyennes les plus élevées, soit supérieure à 20 µg/m<sup>3</sup> sont observées vers Anvers, Gent et Ostende.

Concentration annuelle moyenne de PM<sub>10</sub> par commune (Belgique, 2017)

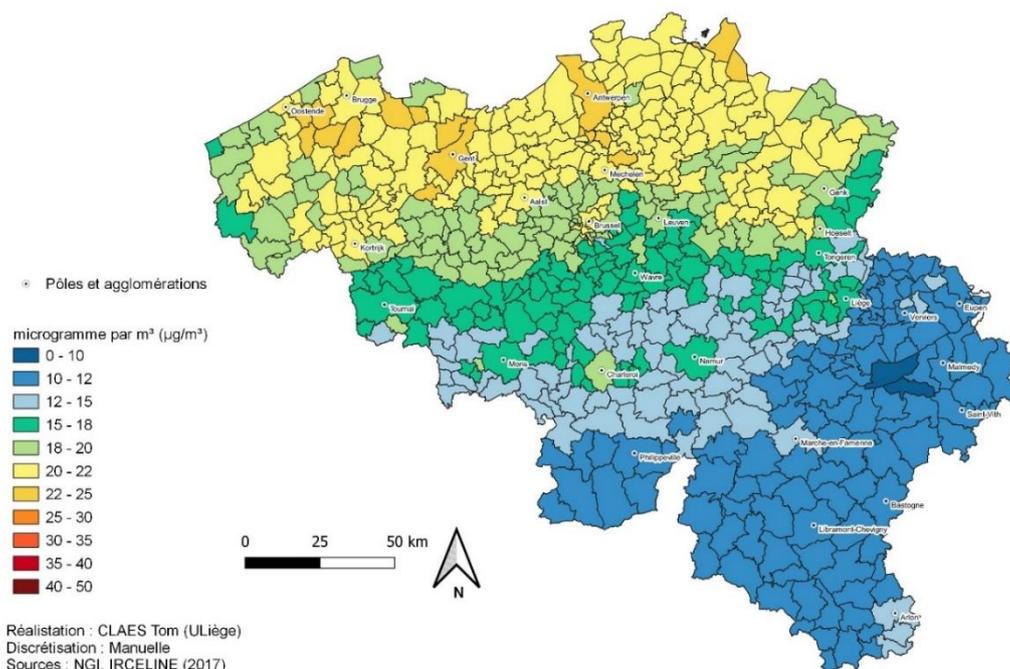


Figure 2 Concentration annuelle moyenne de PM<sub>10</sub> par commune belge en 2017

Source : Auteur

### 1.2.2. Les concentrations annuelles moyennes de NO<sub>2</sub>

Une fois la transformation des données CELINE effectuée – **Figure 3**, nous obtenons une concentration annuelle moyenne de NO<sub>2</sub> de 18.26 µg/m<sup>3</sup> en Belgique, 19.43 µg/m<sup>3</sup> en Flandre, 13.59 µg/m<sup>3</sup> en Wallonie et 27.32 µg/m<sup>3</sup> en région Bruxelloise. La médiane se situe à 18.11 µg/m<sup>3</sup> et l'écart-type est de 5.14.

Les communes recensant les concentrations annuelles les plus basses, soit inférieures à 5µg/m<sup>3</sup>, sont majoritairement situées dans le sud de la province du Luxembourg, à Martelange et Arlon mais aussi dans le sud de la province de Liège à Stoumont et Trois-Ponts, mais aussi du côté sud de Namur, à Gedinne ou Viroinval.

Les communes enregistrant les concentrations annuelles moyennes les plus élevées se situent principalement dans la région de Bruxelles – Capitale ; les communes de Saint-Gilles, Schaerbeek ou Molenbeek enregistrent des concentrations supérieures à 30µg/m<sup>3</sup>.

La commune d'Anvers enregistre des concentrations de 29.52 µg/m<sup>3</sup>.

On observe que ce sont principalement les villes et les périphéries qui enregistrent les plus hautes concentrations, tandis que les endroits plus boisés enregistrent les concentrations les plus faibles.

Concentration annuelle moyenne de NO<sub>2</sub> par commune (Belgique, 2017)

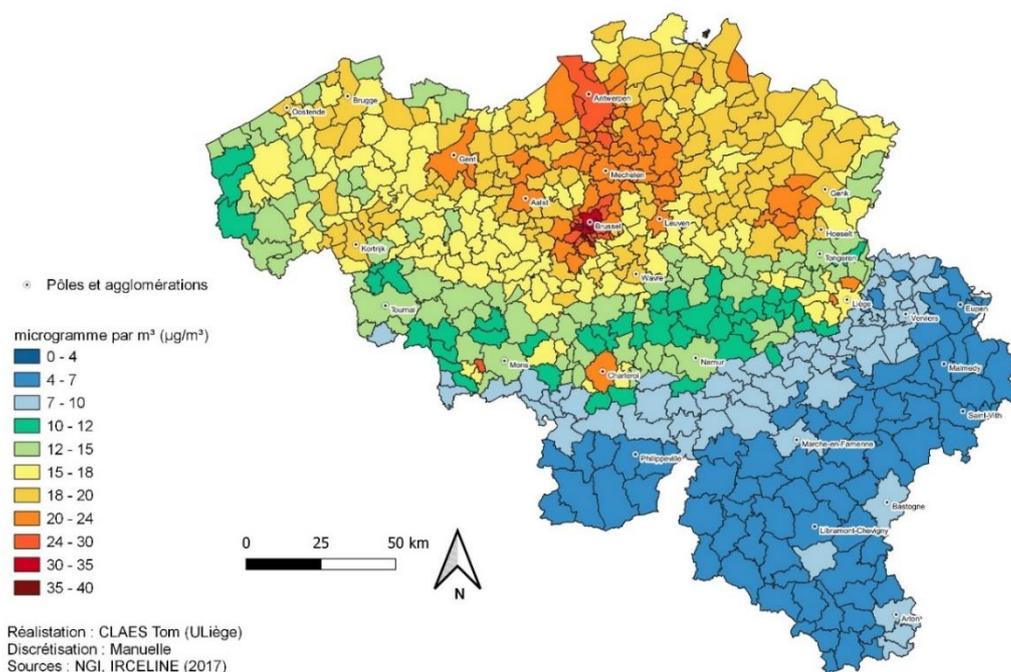


Figure 3 Concentration annuelle moyenne de NO<sub>2</sub> par commune belge en 2017

Source : Auteur

### 1.2.3. Les concentrations annuelles moyennes de O<sub>3</sub>

La transformation des données CELINE effectuée – **Figure 4**, nous obtenons une concentration annuelle moyenne d'O<sub>3</sub> de 1586.59 µg/m<sup>3</sup> par heure en Belgique, 1703.50 µg/m<sup>3</sup> par heure en Flandre, 1618.32 µg/m<sup>3</sup> par heure en Wallonie et 657.11 µg/m<sup>3</sup> par heure en région Bruxelloise. La médiane se situe à 1506.6 µg/m<sup>3</sup> par heure et l'écart-type est de 591.50.

Les concentrations les plus basses, moins de 600 (µg/m<sup>3</sup>)\*h, sont recensées vers la région de Bruxelles-capitale, à Evere, Schaarbeek, Bruxelles ou encore Saint-Gilles. Dans la région d'Anvers les concentrations vacillent entre 600 et 800 µg/m<sup>3</sup>.

Les concentrations les plus hautes, plus de 3000 µg/m<sup>3</sup>, se situent dans le Limbourg, à Bochlt et Bree. Des communes de la province de Liège comme Fexhe-le-Haut-Clocher, Verlaine ou Oreye enregistrent des concentrations tournant autour de 2700 – 2800 µg/m<sup>3</sup>.

Les concentrations préoccupantes se situent surtout dans les zones moins urbanisées.

Concentration annuelle d'ozone AOT60 par commune (Belgique, 2017)

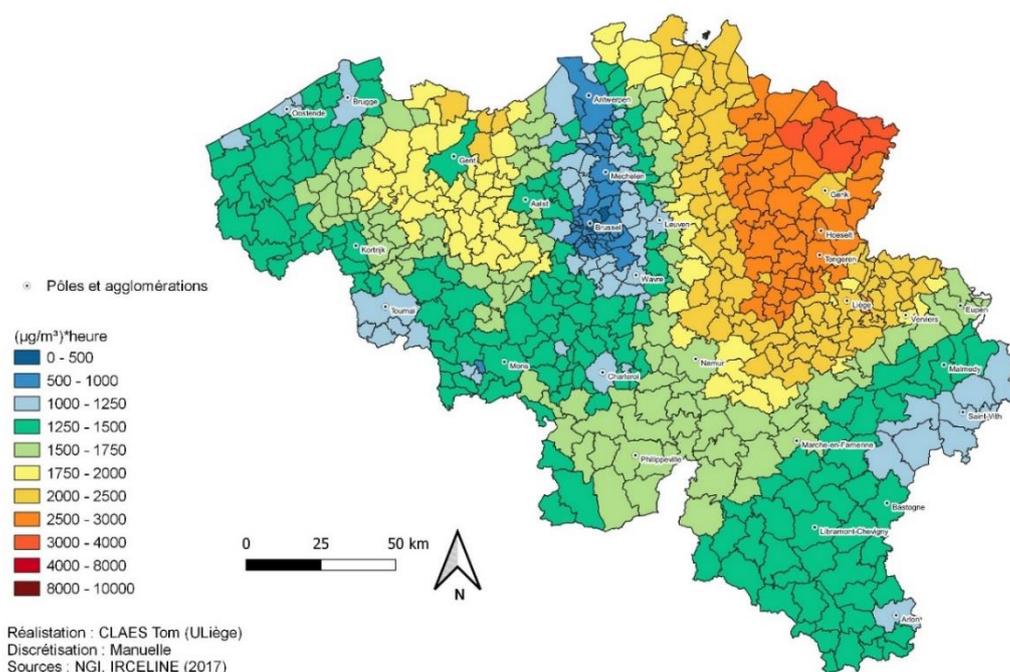


Figure 4 Concentration annuelle d'Ozone AOT60 par commune belge en 2017

Source : Auteur

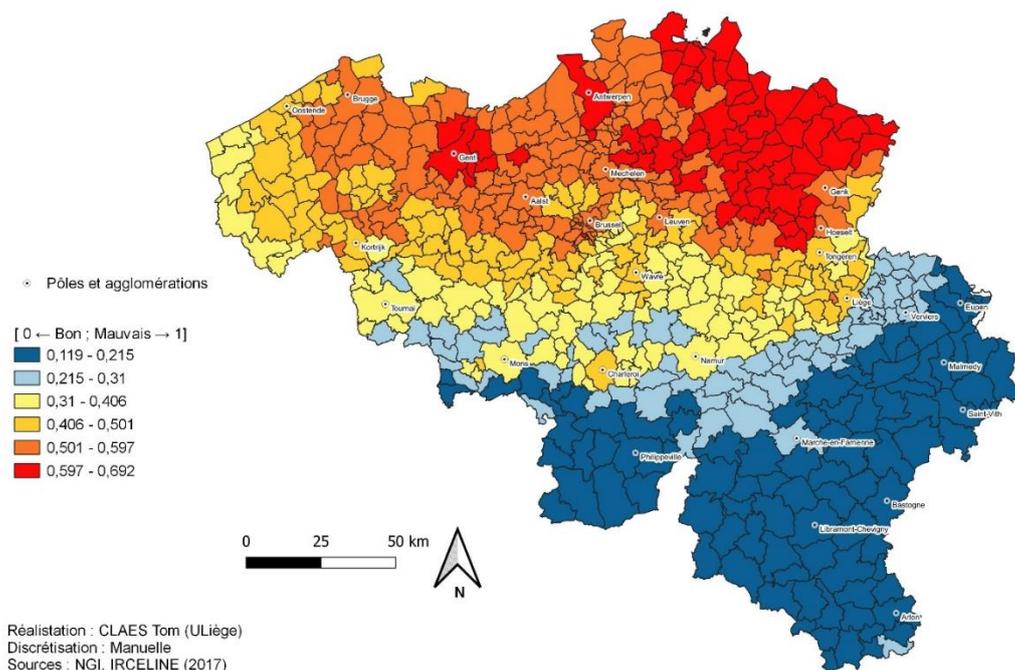
### 1.2.4. L'indicateur annuel moyen de qualité de l'air

Une fois l'indicateur construit sur base des données CELINE, nous obtenons un indicateur relatif moyen de la qualité de l'air – **Figure 5**. On observe que sur l'ensemble de la Belgique l'indicateur est de 0.48, en Flandre ; le ratio est de 0.57, 0.32 en Wallonie et de 0.53 en région Bruxelloise. Le ratio de la médiane se situe à 0.51 et l'écart-type est de 0.13.

L'indicateur recense le ratio le plus bas, en dessous de 0.12, dans la province du Luxembourg, à Hébreumont, Bouillon et Martelange mais aussi dans le sud de la province de Liège avec la commune de Trois-Ponts.

L'indicateur recense le ratio le plus haut, c'est-à-dire supérieur à 0.65, dans le Limbourg, à Oudsbergen, Peer et Bree. La zone de Gand et Anvers enregistrent des ratios entre 0.60 et 0.64.

*Indice d'exposition de la population à la qualité de l'air (Belgique, 2017)*



*Figure 5 Indicateur de qualité de l'air par commune belge en 2017*

Source : Auteur

### 1.3. Analyse de la vulnérabilité des individus face à la pollution

La pollution de l'air peut affecter tout individu. Dans cet ordre, l'impact social et sanitaire des externalités générées s'analysent de deux manières. D'une part, il est intéressant d'analyser l'exposition à la pollution, d'autre part qui est le plus vulnérable à cette pollution, car les conséquences sanitaires ne sont pas uniquement déterminées par l'exposition : intervient également un gradient de santé dans le statut socioéconomique<sup>16</sup> (European Commission et al., 2016; Fecht et al., 2015; Noël et al., 2020; Pelletier et al., s. d.; Richardson et al., 2013).

En dehors du contexte environnemental, lorsque l'on sait que rien qu'en Wallonie, entre 2012 et 2016, la part des 5% de d'hommes les plus défavorisés vit en moyenne 17 ans de moins

<sup>16</sup> C'est-à-dire que les personnes les plus défavorisées tendent à avoir la moins bonne santé. Dans le cas de l'exposition à la pollution, ces personnes vont donc plus subir les effets de l'exposition.

que les 25 % d'hommes les plus favorisés (Eggerickx et al., 2018), la vulnérabilité des plus précaires n'est plus à démontrer.

En étude écologique, l'exposition peut se distribuer de manière inégale entre les individus. De ce fait, différentes études cherchent à identifier les déterminants sociaux qui peuvent affecter le lieu de vie des individus. L'idée sous-jacente est de savoir si les plus défavorisés sont plus exposés à des conditions environnementales nuisibles à la santé par rapport à d'autres groupes sociaux. La littérature met en évidence des conclusions divergentes lorsque l'exposition est caractérisée en fonction de différentes stratifications géographiques ou sociales (Fecht et al., 2015; Hajat et al., 2015; Lalloué, 2014).

Selon Dozzi et al. (2008) sur l'ensemble du territoire, ce sont en moyenne les classes supérieures qui produisent le plus de nuisance environnementale mais qui en subissent le moins les conséquences. Cooreman et al (2019) souligne néanmoins que marginalement les plus favorisés émettent moins de pollution que les plus précaires, au tant entre les individus qu'entre les régions. Lorsque l'analyse est effectuée au sein même des régions, l'étude du cas belge rejoint ce qui a été trouvé dans la littérature. Alors qu'à Bruxelles, une récente étude menée par des chercheurs de KUL et la VUB (2020) démontre que la plupart des zones exposées à des concentrations de pollutions plus élevées sont situées dans des zones plus défavorisées. En Wallonie, les résultats d'une précédente étude sont moins évidents ; en effet, alors qu'une association positive entre le niveau de revenu et le niveau de pollution est mise en avant dans les campagnes, cette relation n'est pas significative dans les zones urbaines. D'après Aerts et al (2020), l'association positive entre ruralité, richesse et pollution s'explique par la situation économique et géographique particulière de la Wallonie. À une stratification plus basse, des résultats différents pouvaient être trouvés dans les zones urbaines.

## **2. Risques objectifs dus à une surexposition**

### *2.1. Impacts sanitaires dus à une surexposition aux polluants*

Les retombées atmosphériques de substances acidifiantes du dioxyde d'azote, dit pluie acide, peut perturber la qualité des sols, de l'eau, du bâti et de la flore. Les études épidémiologiques démontrent qu'une trop forte exposition implique des répercussions sanitaires telle que des irritations respiratoires à court terme. À long terme, les études divergent quant aux conséquences sanitaires plus graves provenant de la présence de NOx dans l'atmosphère (Kutlar, 2017). Par ailleurs, sa présence dans l'air participe à la formation et à la présence d'autres polluants beaucoup plus nocifs comme les particules fines PM<sub>2.5</sub>. Il est aussi précurseur d'ozone et cause de l'eutrophisation (De Thysebeart, 2018; WHO, 2006).

Les études étiologiques démontrent qu'une exposition à court terme à des particules fines supérieures à celles préconisées par l'OMS peut provoquer des inflammations et altérer la

fonction respiratoire ; surtout pour des personnes plus vulnérables comme les asthmatiques ou des personnes souffrant de maladies cardio-vasculaires, les jeunes enfants, les personnes âgées ou encore les femmes enceintes. Une exposition chronique, à long terme, est plus néfaste et peut toucher l'ensemble de la population, surtout en zone urbaine, là où la densité de population est la plus importante. Cela peut provoquer des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des cancers du poumon (WHO, 2006). A terme, une exposition chronique altère la qualité de vie et peut diminuer l'espérance de vie (IBGE, 2015; ISSEP & AWAC, 2016)<sup>17</sup>.

## *2.2. Situation sanitaire en Belgique*

Selon CELINE (2018), les concentrations de particules fines et d'ozone demeurent problématiques en Belgique d'un point de vue sanitaire. Les deux types de polluants affectent les voies respiratoires et causent une mortalité accrue. Le rapport sur l'état de l'environnement wallon (2017) souligne le fait que ce ne sont pas tant les problèmes de toxicité aiguë liés à l'exposition de court terme qui préoccupent aujourd'hui mais bien les risques liés à une exposition plus faible mais continue d'un ensemble de polluants (dite exposition chronique).

Greenpeace (2018) a mené une étude locale et ciblée du recensement des concentrations de NO<sub>2</sub> à proximité des écoles primaires en Belgique. Le résultat de cette enquête est que sur les 222 écoles analysées, plus de 60% sont exposées à une qualité de l'air préoccupante, voire carrément mauvaise. Les zones les plus touchées sont celles situées dans des canyons urbains où la densité de circulation est importante (facteur non-pris en compte dans les recensements de concentration de pollution de CELINE) .

## *3. Perception de la pollution des individus: analyse et résultats*

Cette section analyse la perception des individus dans un premier temps face à l'indicateur de qualité de l'air (QA) et les différents polluants qu'il contient d'abord par une étude de corrélation de Spearman et ensuite par une analyse de la variance. Ensuite le travail se concentrera sur la différenciation de perception en fonction du statut socioéconomique et démographique des individus.

### *3.1. Analyse de corrélation entre le niveau de pollution et le niveau de perception des individus*

#### *3.1.1. Étude de corrélation de Pearson entre le niveau de pollution et les indicateurs de perception de la pollution*

Dans cette partie, une analyse de corrélation entre les niveaux de perception sera effectuée dans un premier temps. Ensuite, une analyse de corrélation entre chaque niveau de

---

<sup>17</sup> Une description complète de tous les effets possibles des particules fines sur la santé existe dans le rapport World Health Organization. (2006). Air Quality Guidelines. WHO Regional Office, pp 247-305.

perception et l'indicateur de la QA. Finalement, les résultats principaux d'analyse de corrélation par catégorie socio-démographique seront mis en avant.

La méthode d'analyse est décrite dans la section - **Méthode d'analyse de corrélation de Spearman**.

### 3.1.1.1. Corrélation entre les différents niveaux de perception et l'indice de QA

La matrice de corrélation de Spearman est donnée par le **Tableau 5** et met en évidence les corrélations entre les variables de perceptions de la pollution, du trafic, des espaces verts et l'indicateur de la QA.

Tableau 5 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value

Matrice de corrélation de Spearman				
	Perception pollution	Perception trafic	Perception espace v.	Indicateur QA
Perception pollution	1.000			
Perception trafic	0.3016*	1.000		
Perception espace v.	0.3354*	0.3373*	1.000	
Indicateur QA	0.0441*	0.004	-0.003	1.000

p-valeur : \*  $p < 0.10$

Source : Auteur

Le test d'indépendance entre l'indicateur de la QA et la perception de la pollution rejette l'hypothèse d'indépendance au seuil de 10%. On suspecte donc avec 10% de chances de commettre une erreur de type 1 (à savoir la probabilité de  $RH_0$  alors que  $H_0$  est vrai) que le niveau de qualité de l'air est dépendant. L'hypothèse de dépendance n'est pas vérifiée pour la perception du trafic et des espaces verts. Les trois types de perceptions sont dépendants au seuil de 1% et corrélés positivement entre eux.

Le coefficient de corrélation de Spearman indique que l'indicateur de QA est positivement corrélé à la perception de pollution. Ceci signifie que la qualité de l'air se détériore en même temps que la perception de la qualité de l'environnement qu'ont les individus.

### 3.1.1.2. Analyse de corrélation de Spearman par catégorie

Analysons maintenant les corrélations entre les perceptions et le niveau de QA en prenant en compte certaines catégories.

Lorsque les trois régions sont contrôlées, le **Tableau 6** montre qu'à Bruxelles une corrélation significativement positive est observée entre les trois niveaux de perception. Une qualité de

l'air moins bonne est associée à une perception de la pollution plus forte ( $\rho = 0.3859$ ), à plus de trafic ( $\rho = 0.3082$ ) et moins d'espaces verts ( $\rho = 0.3538$ ). En Flandre, seule la perception de la pollution est associée significativement à la qualité de l'air ( $\rho = 0.1412$ ). En Wallonie, comme à Bruxelles, les différentes perceptions sont associées positivement à l'indicateur de QA. Cependant le rho est moins important.

Tableau 6 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par région: coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value

Région :	Belgique		Bruxelles		Flandre		Wallonie	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.0441	0.0475	0.3859	0	0.1412	0	0.2105	0
<b>Traffic</b>	0.0475	0.8502	0.3082	0	0.0283	0.3251	0.1222	0.002
<b>Espaces verts</b>	-0.0032	0.8842	0.3538	0	0.0327	0.2554	0.1548	0.0001

Source : Auteur

Lorsque le genre est contrôlé – **Tableau 7**, le test d'indépendance ne trouve pas de relation significative entre les niveaux de perceptions et le niveau de pollution.

Tableau 7 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par genre : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value

Genre :	Homme		Femme	
	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.0423	0.1838	0.0447	0.1518
<b>Traffic</b>	-0.0139	0.662	0.0207	0.5072
<b>Espaces verts</b>	-0.024	0.4499	0.0161	0.6071

Source : Auteur

Le **Tableau 8** met en avant que seules les personnes à faible qualification semblent décerner plus de pollutions lorsque l'indicateur de QA augmente au seuil de 10% (et donc que le niveau de QA diminue). Le rho de Spearman est de 0.067. Les autres perceptions et niveaux de qualifications ne sont pas significatifs et donc considérés comme indépendants des variations du niveau de QA.

Tableau 8 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par niveau d'éducation : coefficient de corrélation de Spearman ( $\rho$ ) et p-value

Éducation :	Faible		Moyen		Élevé	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.0677	0.0864	0.0092	0.8103	0.0582	0.1259
<b>Traffic</b>	0.0145	0.7138	-0.039	0.3085	0.0369	0.3318
<b>Espaces verts</b>	0.0107	0.7871	-0.0174	0.6501	0.0011	0.9771

Source : Auteur

Le **Tableau 9** montre qu'il y a une corrélation faiblement positive entre la perception du trafic et le niveau de QA au seuil de 5% pour les personnes qui ne sont pas nées en Belgique. Le

rho de Spearman est de 0.033 et la p-valeur est de 4%. Ces individus perçoivent aussi la corrélation positive entre les espaces verts et le niveau de QA. Les personnes natives du royaume ne sont pas associées à des corrélations significatives entre les différents niveaux de perceptions et l'indice de QA.

Tableau 9 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par origine : coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

Origine :	Belge		Non-belge	
	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.0277	0.2428	0.1054	0.1072
<b>Trafic</b>	-0.0198	0.4029	0.1389	0.0333
<b>Espaces verts</b>	-0.0385	0.104	0.1341	0.04

Source : Auteur

La corrélation catégorisée par localité : le **Tableau 10** met en avant que les habitants des grandes villes et périphéries associent une corrélation significativement positive entre la perception de leur environnement, tant au niveau de la pollution que des espaces verts, et le niveau de QA. Le rho est respectivement de 0.1988 et 0.1835 pour les grandes villes et 0.1183 et 0.1218 pour les périphéries. La perception du trafic est significativement corrélée au niveau d'indice de QA dans les périphéries (rho=0.1218), mais pas dans les grandes villes. Une corrélation peu intuitive à souligner est que les habitants des petites villes et villages ont une association négative entre la perception des espaces verts et l'indicateur de la QA. Cela voudrait dire que plus les gens perçoivent les espaces verts, plus l'indicateur de pollution est élevé. Il n'y a pas assez d'observations pour les fermes à la campagne pour pouvoir tirer des conclusions significatives.

Tableau 10 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par type de localité: coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

Localité :	Grande ville		Périphérie		Petite ville	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.1988	0.0022	0.1183	0.0468	-0.0516	0.2339
<b>Trafic</b>	0.0303	0.6442	0.1218	0.0405	-0.0763	0.0782
<b>Espaces verts</b>	0.1835	0.0048	0.1765	0.0029	-0.189	0
	Village		Ferme à la campagne			
	rho	p-value	rho	p-value		
<b>Pollution</b>	0.018	0.5819	0.177	0.4191		
<b>Trafic</b>	-0.005	0.8775	0.2808	0.1944		
<b>Espaces verts</b>	-0.0565	0.0828				

Source : Auteur

Le **Tableau 11** analyse la corrélation entre le niveau de pollution et la perception des individus en fonction de leur statut civil. Pour les personnes vivant seules et en couple sans enfant, on

observe une corrélation significativement positive entre le niveau de pollution perçu et l'indice de QA. Pour les « autres » types de ménages, on obtient une corrélation significativement positive entre trafic ou espaces verts et l'indicateur QA. L'étude de corrélation des personnes seules ou en couple avec enfant(s) ne révèlent pas de résultats significatifs.

Tableau 11 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par statut civil: coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

Statut civil :	Seul sans enfant		Seul avec enfant(s)		En couple sans enfant	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
<b>Pollution</b>	0.1495	0.0012	-0.0576	0.3059	0.074	0.0683
<b>Trafic</b>	-0.0225	0.6281	-0.0358	0.5251	-0.0182	0.6547
<b>Espaces verts</b>	-0.0094	0.8394	-0.0672	0.2318	-0.0092	0.8204
	En couple avec enfant(s)			Autres		
	rho	p-value	rho	p-value		
<b>Pollution</b>	-0.0178	0.6831	0.0593	0.5702		
<b>Trafic</b>	0.0434	0.3185	0.2095	0.0427		
<b>Espaces verts</b>	0.0227	0.601	0.1927	0.0628		

Source : Auteur

Afin de faciliter l'interprétation de l'étude de corrélation par catégorie de revenus, celui-ci a été divisé en quartile. Le **Tableau 12** met en avant que la corrélation entre l'indicateur QA et la perception pollution est significativement positive (rho=0.1066) pour les personnes à bas revenu. Dans une moindre mesure, cela est vrai aussi pour les personnes à moyen revenu (rho=0.0154). Ces derniers ont une corrélation positive aussi avec la perception des espaces verts (rho = 0.0728).

Tableau 12 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par niveau de revenu: coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

Revenu (€) :	Bas		Moyen-bas		Moyen-haut		Haut	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
Pollution	0.1066	0.0381	0.0275	0.6236	0.1278	0.0154	0.0318	0.5473
Trafic	0.0705	0.171	0.0704	0.2082	0.0334	0.5279	0.0237	0.6531
Espaces verts	0.0013	0.9798	0.0866	0.1216	0.0948	0.0728	0.0135	0.7977

Source : Auteur

L'étude de corrélation par catégorie d'âge est donnée par le **Tableau 13** et met en avant que seules les personnes comprises entre 60-69 et 70-79 associent une plus grande perception de la pollution à un indicateur de QA plus grand. Leur rho est respectivement de 0.1026 et 0.1313.

Tableau 13 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces t) par catégorie d'âge : coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

Âge :	18 -29		30-39		40-49		50-59	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
Pollution	-0.1156	0.1975	0.0393	0.4859	0.0702	0.1592	-0.0393	0.4182
Trafic	-0.0426	0.6359	0.049	0.3854	-0.0062	0.9013	0.0318	0.5122
Espaces verts	-0.0499	0.5788	-0.0076	0.8924	0.0155	0.7556	-0.012	0.804
	60-69		70-79		80+			
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value		
Pollution	0.1026	0.0583	0.1313	0.0389	0.0986		0.2207	
Trafic	-0.0711	0.19	0.1166	0.0667	-0.1095		0.1737	
Espaces verts	0.0089	0.8705	0.0292	0.6468	-0.0292		0.7171	

Source : Auteur

L'étude de corrélation selon le statut professionnel résumé par le **Tableau 14** révèle que seules les personnes pensionnées ont un niveau de perception de la pollution positivement (et significativement) associé à la qualité de l'air.

Tableau 14 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par statut professionnel: coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

	Actif		Pensionné		Etudiant		Autre	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
Pollution	0.0109	0.7268	0.1249	0.013	0.2322	0.2169	295	0.7578
Trafic	0.0047	0.8786	0.0058	0.8812	0.0258	0.8925	0.0003	0.9958
Espaces verts	0.0082	0.7929	0.014	0.7197	0.1225	0.5191	-0.081	0.1652

Source : Auteur

L'étude de corrélation selon le mode de vie montrée au **Tableau 15** indique que seules les personnes locataires ont une corrélation significativement positive entre pollution et perception de la pollution.

Tableau 15 Corrélation entre indicateur de pollution QA et variables de perception de la pollution (environnement pollué, présence de trafic et espaces verts) par mode de vie : coefficient de corrélation de Spearman (rho) et p-value

	Propriétaire		Locataire		Autre	
	rho	p-value	rho	p-value	rho	p-value
Pollution	0.0371	0.1581	0.0802	0.0521	0.2327	0.1720
Trafic	-0.0169	0.5248	0.0435	0.3031	0.1823	0.3021
Espaces verts	-0.0042	0.8748	-0.0360	0.3937	0.2063	0.2417

Source : Auteur

In fine, trois premières conclusions se dégagent de l'analyse de corrélation.

Premièrement, les caractéristiques de localités semblent jouer un rôle prédominant (Bruxelles, grandes et petites villes) dans la corrélation entre perception de la pollution et le niveau de pollution. Les conclusions sont moins significatives pour la Flandre et la Wallonie, qui sont moins urbanisées que Bruxelles.

Deuxièmement, les facteurs de précarité tels que le niveau d'éducation bas, les personnes vivant seules sans enfants (incluant les pensionnés), les personnes non-originaires de Belgique, les locataires et les personnes à bas revenu ou revenu de remplacement semblent également être associés à une perception de la pollution corrélée positivement (et significativement) au niveau de la qualité de l'air.

Troisièmement, la perception de la pollution semble être plus souvent corrélée positivement à l'indicateur objectif de qualité de l'air que la perception du trafic ou des espaces verts.

### 3.1.2. *Analyse de la variance entre le niveau de pollution et le niveau de perception des individus*

Dans cette section, l'analyse de la variance (ANOVA) va tester s'il existe une différence de moyenne de pollution (variable continue) entre les différents niveaux de perception de pollution (variable en catégorie). En d'autres termes, l'analyse va chercher à déterminer si une perception de la pollution, de trafic ou d'EV plus élevée est associée avec une plus grande quantité de pollution dans l'air.

La première partie décrit les variables dépendantes et indépendantes incluses dans l'analyse. La seconde partie analyse les résultats par type de polluant. Une analyse complète des différentes perceptions par rapport à l'indicateur de QA est fournie en annexe du document - cf. **Annexe E : Analyse complète de la variance**. La méthode d'analyse du modèle est détaillée dans la section méthodologie – cf. **Méthode d'analyse de la variance à un facteur**.

#### 3.1.2.1. *Variables incluses dans l'analyse de la variance*

L'indicateur de QA, ainsi que les trois polluants (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) inclus dans l'indicateur servent de variables dépendantes et sont caractérisées par les trois types de perceptions, à savoir la perception de la pollution, du trafic et des espaces verts.

Pour chaque niveau de perception de pollution, une analyse de la variance est effectuée afin de déterminer si les moyennes des concentrations de pollutions observées diffèrent.

Au vu du nombre d'individus sondés, nous pouvons faire l'hypothèse que la population est asymptotiquement distribuée selon une loi normale pour l'ensemble des tests (Théorème de limite centrale). De plus, en **Annexe B : Histogrammes de qualité de l'air par type de perception** sont présentés soutenant l'hypothèse de normalité. L'hypothèse d'indépendance d'échantillonnage est aussi supposée.

Deux tests seront donc effectués. Le premier portera sur l'homogénéité de la variance via le test de Bartlett. Ensuite le test de l'analyse de la variance sera effectué afin de déterminer s'il y a similarité entre les moyennes.

Pour le test de Bartlett, l'hypothèse nulle est que la variance est homogène.

Pour ANOVA, l'hypothèse nulle (H<sub>0</sub>) est que la moyenne de la concentration du polluant analysé est égale entre les niveaux de perceptions.

Si les moyennes diffèrent, le test à posteriori de Bonferroni peut être effectué afin de comparer les paires moyennes et la taille de l'effet mesuré.

### 3.1.2.2. Résultats principaux de l'analyse de la variance

L'ensemble des tests d'homogénéité et d'ANOVA sont synthétisés en **Annexe F : Tableau de synthèse des résultats d'analyse de la variance.**

#### 3.1.2.2.1. ANOVA de l'indicateur de QA

Le test de Bartlett ne rejette pas l'hypothèse nulle de variance homogène de l'indicateur de QA pour les trois types de perceptions. Nous pouvons donc poursuivre l'analyse de la variance pour les trois types de perceptions.

Lorsque la variable indépendante est **la perception de la pollution**, le test d'analyse de la variance ne rejette pas l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes au seuil de 10%. La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  est vrai (p-valeur) est de 16.54% et la statistique F-test est de 1.70. Il est donc fort probable que le niveau de pollution moyen au sein de chaque niveau de perception soit le même dans la population. Les paires de moyennes sont similaires entre elles.

Lorsque la variable catégorielle est **la perception du trafic**, le test d'analyse de la variance ne rejette pas l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes au seuil de 10%. La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  est vrai est de 91.90 % et la statistique F-test est de 0.17. Il est donc fort probable que le niveau de pollution moyen au sein de chaque niveau de perception du trafic soit le même dans la population belge. Les paires de moyennes sont similaires entre elles.

Lorsque la moyenne est comparée par catégories de **la perception des espaces verts**, la p-valeur est de 5.72 %. Elle est plus petite que le seuil de 10%. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est rejetée au seuil de 10% . Il est peu probable que le niveau de pollution au sein de chaque niveau de perception soit le même dans la population. Au moins une paire de moyennes est différente des autres.

Afin de déterminer quelle(s) paire(s) de moyennes ne sont pas égales, un test post-hoc est effectué avec la comparaison de Bonferonni.

La différence est significative entre les catégories « *plutôt des espaces verts* » et « *plutôt pas d'espaces verts* » au seuil de 5%. Il n'existe aucune autre différence de moyenne qui dépasse ce seuil.

La taille de l'effet est relativement faible, la proportion de variance expliquée ( $R^2$ ) par la variable indépendante est de 6.12%.

#### 3.1.2.2.2. ANOVA des PM<sub>10</sub>

Bien que les variances soient homogènes pour les trois types de perceptions, seule la perception des espaces verts rejette l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes au seuil de 10%. Il est peu probable que le niveau de concentration annuelle de PM<sub>10</sub> au sein de chaque niveau de perception soit le même dans la population. Au moins une paire de moyennes est différente des autres.

La comparaison de Bonferroni met en évidence que la différence est significative entre les catégories « *plutôt des espaces verts* » et « *plutôt pas d'espaces verts* » au seuil de 5%. Il n'existe aucune autre différence de moyenne qui dépasse ce seuil.

La taille de l'effet est relativement faible, la proportion de variance expliquée ( $R^2$ ) par la variable indépendante est de 5.8%.

#### 3.1.2.2.3. ANOVA des NO<sub>2</sub>

Les variances de la concentration annuelle moyenne de NO<sub>2</sub> ne sont homogènes pour aucun type de perception, nous ne pouvons donc pas analyser la variance.

#### 3.1.2.2.4. ANOVA de l'O<sub>3</sub>

Les variances de la concentration annuelle moyenne de O<sub>3</sub> sont homogènes pour la perception du trafic et des espaces verts, nous pouvons donc analyser la variance lorsque l'on contrôle ces deux variables indépendantes.

Lorsque la variable catégorielle est **la perception du trafic**, le test d'analyse de la variance ne rejette pas l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes au seuil de 10%. La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  est vrai est de 0 % et la statistique F-test est de 10.09. Il est donc fort probable que le niveau de concentration d'ozone au sein de chaque niveau de perception du trafic ne soit pas le même dans la population belge. Au moins une paire de moyennes ne sont pas similaires entre elles.

La comparaison de Bonferroni met en évidence que la différence est significative pour les catégories de perception « *pas de trafic* » et « *plutôt pas de trafic* ». Il n'existe aucune autre différence de moyenne qui dépasse ce seuil.

La taille de l'effet peut être considérée comme moyenne, la proportion de variance expliquée ( $R^2$ ) par la variable indépendante est de 12.19%.

Lorsque la variable catégorielle est **la perception d'espaces verts**, le test d'analyse de la variance ne rejette pas l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes au seuil de 10%. La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  est vrai est de 0 % et la statistique F-test est de 29.22. Il est donc fort probable que le niveau de concentration d'ozone au sein de chaque niveau de

perception d'espaces verts ne soit pas le même dans la population belge. Au moins une paire de moyennes ne sont pas similaires entre elles.

La comparaison de Bonferroni met en évidence que la différence est significative au seuil de 1% pour la perception d'espaces verts (EV) avec « *plutôt des EV* », « *plutôt pas d'EV* » et « *pas d'EV* ». La différence est significative aussi entre « *plutôt pas d'EV* » et « *plutôt des EV* ». Il n'existe aucune autre différence de moyenne qui dépasse ce seuil.

La taille de l'effet peut être considérée comme moyenne, la proportion de variance expliquée ( $R^2$ ) par la variable indépendante est de 20.47%.

### 3.2. *Analyse multivariée de la probabilité de différenciation de perception de la pollution : la régression logistique*

Cette section analyse comment la perception des individus peut être expliquée par le niveau de pollution et les caractéristiques démographiques et socioéconomiques à l'aide d'un modèle Logistique dichotomique. La régression Logit modélise l'appartenance à une catégorie parmi deux possibles. Cela va permettre d'une part d'identifier les caractéristiques distinguant les individus entre les deux groupes mais aussi de mesurer l'influence de chacune des caractéristiques dans cette distinction (Afsa, 2016).

En contrôlant le niveau de pollution, le modèle peut tenir compte de différentes caractéristiques et déterminer les différences significatives entre les deux groupes. Cela va permettre une modélisation économique des comportements individuels.

Le modèle ne va pas analyser la relation linéaire entre les réponses de la variable à expliquer, son interprétation n'aurait pas de sens. Au lieu de s'intéresser au statut binaire de perception, nous allons nous concentrer sur la probabilité de percevoir l'environnement comme pollué. La valeur de la variable dépendante se situera alors entre [0-1].

La première partie de l'analyse décrit la spécification du modèle sur base d'un choix de variables dépendantes et indépendantes incluses dans la régression. La seconde partie analyse les résultats par type de perception.

#### 3.2.1. *Spécification du modèle*

L'échantillon de l'étude contient 2022 individus servant de personnes de références au ménage belges interrogés en 2017. L'analyse est effectuée avec le logiciel STATA (15.1) et sa procédure *Logistic* est utilisée.

Dans un premier temps, les variables incluses dans la régression sont décrites. Les trois perceptions servent de variables dépendantes binaires ; celles-ci sont transformées pour soit percevoir soit ne pas percevoir respectivement la pollution, le trafic ou les espaces verts. Les variables dépendantes sont caractérisées par des variables indépendantes de type démographique et socioéconomique. Comme expliqué dans la caractérisation des données, le choix des variables s'est basé d'une part sur la littérature, d'autre part en fonction des données disponibles jugées pertinentes pour cette analyse (cf. ***Annexe D : Tableau de synthèse variables sélectionnées***). L'indicateur objectif de pollution de QA est d'abord incorporé au modèle afin d'évaluer si les réponses subjectives sont dépendantes du niveau réel de la pollution. Cela va aussi permettre d'identifier si les caractéristiques démographiques et socioéconomiques ont un impact sur les réponses à niveau de pollution constant.

Ensuite, les variables démographiques sont ajoutées car les analyses précédentes ont permis de mettre en évidence que la corrélation entre pollution subjective et objective était plus importante dans certaines régions et certaines villes du territoire. En effet celles-ci jouent un rôle prédominant dans la perception de la pollution. Les variables socioéconomiques sont ajoutées afin de caractériser davantage la population. L'ajout des variables indépendantes au modèle modifie progressivement les coefficients des différentes variables déjà incorporées. Finalement, l'équation se présente comme suit :

$$\begin{aligned} Pr(\text{Perception}_i = 1) = G[ & \beta_0 + \beta_1 \text{indic.}QA_i + \alpha_2 \text{Femme}_i + \alpha_3 \text{âge} [30 ; 39]_i + \\ & \alpha_4 \text{âge} [40; 49]_i + \alpha_5 \text{âge}[50; 59]_i + \alpha_6 \text{âge}[60; 69]_i + \alpha_7 \text{âge}[70 ; 79]_i + \alpha_8 \text{âge} [\geq 80]_i + \\ & \alpha_9(\text{Non belge}_i) + \alpha_{10} \text{Périphériques}_i + \alpha_{11} (\text{Petite ville}_i) + \alpha_{12} \text{Village}_i + \alpha_{13} \text{Campagne}_i + \\ & \alpha_{14} \text{Flandre}_i + \alpha_{15} \text{Wallonie}_i + \alpha_{16} (\text{Education moyen}_i) + \alpha_{17} (\text{Education haut}_i) + \\ & \alpha_{19}(\text{Seul avec enf.}_i) + \alpha_{20} (\text{En couple avec enf.}_i) + \alpha_{20} (\text{En couple sans enf.}_i) + \\ & \alpha_{21} \text{Autres}_i + \alpha_{22} \text{Locataire}_i + \alpha_{21} \text{Autres}_i + \beta_{22} (\text{Bien – être émotionnel}_i) + \beta_{23} (\text{Bien –} \\ & \text{être physique}_i)] \end{aligned}$$

où chaque observation  $i$  représente un individu de l'échantillon.  $Pr(\text{Perception} = 1)$  est la probabilité que la variable binaire indépendante soit égale à 1 ;  $G(z)$  est la fonction Logit :  $P(y_i = 1|x_i) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$  ; et  $z$  est elle-même la fonction linéaire multivariée incluse dans la fonction Logit.

La variable dépendante :

- $Pr(\text{Perception}_i = 1)$  est la probabilité que l'individu déclare percevoir dans son environnement de la pollution (environnement pas pollué ou pollué), du trafic (pas de trafic ou du trafic) ou un manque d'espaces verts (des EV ou pas d'EV).

Les variables indépendantes continues sont :

- $\text{Indic.}QA_i$  est l'indicateur de qualité de l'air moyen par commune belge en 2017 ;
- $\text{Bien – être émotionnel}_i$  est le score calculé du bien-être émotionnel de la personne de référence du ménage ;
- $\text{Bien – être physique}_i$  est le score calculé du bien-être physique de la personne de référence du ménage.

Les variables indépendantes catégorielles sont :

- $\text{Femme}_i$  est une variable binaire indiquant si l'individu est une femme. La catégorie de base est donc l'homme ;
- $\text{âge} [30 ; 39]_i$  à  $\text{âge} [70 ; 79]_i$  indiquent la catégorie d'âge de l'individu. La catégorie de référence est de 18 à 29 ans ;

- (*Non belge<sub>i</sub>*) indique si l'individu est originaire d'un autre pays que la Belgique ;
- les variables *Périphériques<sub>i</sub>*, *Petite ville<sub>i</sub>*, *Village<sub>i</sub>*, *Campagne<sub>i</sub>* indiquent le type de localité. La catégorie grande ville constitue la catégorie de référence ;
- la région *Flandre, Wallonie<sub>i</sub>*. Bruxelles étant la catégorie de base ;
- le niveau d'éducation *Education moyen<sub>i</sub>* et *Education haut<sub>i</sub>* ;
- le type de ménage : *Seul avec enf.<sub>i</sub>*, *En couple avec enf.<sub>i</sub>*, *En couple sans enf.<sub>i</sub>*, *Autres*. La catégorie de base étant seul sans enfants ;
- le statut d'habitation : *Locataire*, *Autres*, avec la catégorie propriétaire comme catégorie de référence.

Notons que le revenu est exclu de l'analyse car cette variable présente un grand nombre d'observations manquantes. Bien que certaines variables ne soient pas significatives, celles-ci sont gardées afin de réduire une éventuelle inconsistance de l'estimation de certains paramètres. Cette inconsistance proviendrait du risque de variables omises causant un biais d'estimation.

### 3.2.2. Les résultats des régressions

#### 3.2.2.1. Prédiction du niveau de perception de pollution

Dans un premier temps, la justification du choix de la méthode d'estimation des paramètres du modèle (entre Logit, Probit et OLS) est établie, ensuite l'effet marginal des variables continues est analysé. Finalement, l'odd ratio est interprété.

Après suppression des observations manquantes, le nombre d'individus inclus dans la régression est de 1934 personnes de références. Les différents tests de spécifications sont effectués où l'hypothèse nulle est que le modèle est correctement spécifié (RESET, Wald, likelihood ratio) et non-rejeté au seuil de 10%. De plus, les variables sont conjointement significatives au seuil de 1%.

##### 3.2.2.1.1. Le choix du modèle

Le **Tableau 17** présente l'effet marginal des variables continues. Cet effet pour les trois modèles est fortement similaire et les coefficients ont le même degré de significativité entre les modèles.

Le modèle Logit a un logarithme de probabilité de -707.77 tandis que le Probit a un logarithme de probabilité de -706.99, il y a donc une différence de 0.78 en faveur de Probit. Finalement, comme nous cherchons à évaluer l'effet moyen plutôt qu'extrême, le modèle Logit va être préféré au modèle Probit.

Le **Tableau 16** estime la probabilité ajustée des trois types de modèles : la moyenne des prédictions de probabilités sur base des paramètres estimés des régression Logit, Probit et OLS<sup>18</sup>. On observe que bien que la moyenne et l'écart-type soient sensiblement les mêmes entre les trois cas, le modèle de probabilité linéaire (LPM) inclut 107 observations en-dessous de zéro.

Tableau 16 Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire)

#### Probabilité ajustée par type de modèle

Y= pr(perception = pollué)	Observ.	Moyenne	s.e.	Min	Max
<b>Indic. QA</b>	2022	0.488	0.131	0.142	0.675
<b>Pr. Logit</b>	1934	0.139	0.099	0.009	0.689
<b>Pr. Probit</b>	1934	0.138	0.098	0.004	0.638
<b>Linear prediction</b>	1934	0.139	0.094	-0.150	0.475

De ce fait, seul le modèle Logit sera interprété dans cette analyse.

<sup>18</sup> Pour estimer la probabilité ajustée des modèles, nous prenons la moyenne des fonctions Logit et Probit, mais aussi du modèle de probabilité linéaire (LPM).

#### 3.2.2.1.2. Analyse de l'effet marginal des variables continues

L'effet marginal reflète le changement de probabilité que la variable dépendante advienne ( $y=1$ ) pour un changement donné d'une variable indépendante. Le **Tableau 17** présente donc l'effet marginal pour un changement donné de l'indicateur de QA, et des scores de bien-être physiques et émotionnels sur la probabilité de percevoir son environnement comme pollué.

La première colonne indique les résultats issus du modèle linéaire classique selon la méthode OLS. La deuxième colonne ceux de l'effet marginal dans le modèle Logit. La troisième colonne ceux de l'effet marginal dans le modèle Probit.

Dans le modèle Logit (2), le coefficient de niveau de QA indique que lorsque celui-ci augmente de 10% d'unité, la probabilité de percevoir son environnement comme pollué augmente de 6.21% d'unité. La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  (p-valeur) est vrai est de 1% (erreur de type 1).

Lorsque le score de bien-être émotionnel de l'individu augmente de 10 points (sur un score total de 100), la probabilité de percevoir la pollution diminue de 2%. La probabilité de commettre une erreur de type 1 est de 1%.

Nous n'obtenons pas de résultats significatifs quant à la relation entre le bien-être physique et la perception de la pollution.

**Tableau 17 Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit)**  
 Comparaison des différents effets marginaux selon le modèle

Variable dépendante : Perception de la pollution			
	(1) OLS	(2) Logit	(3) Probit
Indic. QA	0.565*** (0.0882)	0.621*** (0.106)	0.617*** (0.1012)
<b>Score: Bien-être mental</b>	-0.0022*** (0.0006)	-0.0021*** (0.0050)	-0.002*** (0.0004)
<b>Score: Bien-être phys.</b>	0.00017 (0.0003)	0.0002 (0.003)	0.0002 (0.0002)
<b>Dummies</b>			
Genre	Oui	Oui	Oui
Âge	Oui	Oui	Oui
Origine	Oui	Oui	Oui
Localité	Oui	Oui	Oui
Région	Oui	Oui	Oui
Education	Oui	Oui	Oui
Statut Civil	Oui	Oui	Oui
Mode de vie	Oui	Oui	Oui
<b>Observations</b>	<b>1948</b>	<b>1948</b>	<b>1948</b>

Standard errors in parentheses

\* p<.1, \*\* p<.05, \*\*\* p<.01

### 3.2.2.1.3. Interprétation du risque relatif du modèle Logit

Les odd ratios présentés dans la colonne (1) du **Tableau 22** indiquent l'impact des variables explicatives sur le risque relatif de percevoir la pollution : la probabilité que la perception de la pollution advienne ( $\Pr(y= \text{pollué})$ ) par rapport à la probabilité que les individus ne perçoivent pas la pollution ( $1- \Pr(y= \text{pollué})$ ).

Quand l'**indicateur de QA** augmente de 10% d'unité, la probabilité que l'individu perçoive de la pollution par rapport à la probabilité qu'il n'en perçoive pas est 28.9 fois plus probable. Ce résultat est significatif au seuil de 1%.

Pour les personnes âgées entre 70 et 79 ans, la probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir est 0.57 fois plus grande que celle d'un jeune de moins de 30 ans (ou 1.75 fois plus petite), toutes autres choses restant égales. Ce résultat est significatif au seuil de 10%.

Les personnes vivant dans les petites villes ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 0.56 fois celle d'une personne vivant dans une grande ville (ou 1.79 fois moins de chance), toutes autres choses restant égales.

Les personnes vivant dans des villages ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 2.13 fois plus petite qu'une personne vivant dans une grande ville, toutes autres choses restant égales.

Les personnes vivant en Flandre ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 2.64 fois plus petite qu'une personne vivant à Bruxelles, toutes autres choses restant égales. Tandis qu'en Wallonie, les personnes ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 2.33 fois plus grande qu'une personne vivant à Bruxelles.

Les personnes vivant en couple sans enfant ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 1.48 fois plus grande qu'une personne vivant seule sans enfant, toutes autres choses restant égales.

Les personnes locataires ont une probabilité relative de percevoir la pollution par rapport à ne pas la percevoir 1.55 fois plus petite que celle d'une personne propriétaire, toutes autres choses restant égales.

Finalement, l'odd ratio associé au bien-être mental d'une personne est proche de et légèrement inférieur à 1 ( $=0.98$ ), ce qui veut dire que cette caractéristique n'a quasiment pas d'impact sur la probabilité de percevoir la pollution. Lorsque le bien-être mental augmente de 1 point, la probabilité que l'individu perçoive de la pollution par rapport à la probabilité qu'il n'en perçoive pas est 1.02 fois plus probable. Ce résultat est significatif au seuil de 1%.

### 3.2.2.2. Prédiction du niveau de perception du trafic

Cette section sur la perception du trafic est structurée de la même manière que la section précédente : dans un premier temps, la justification du choix du modèle est établie, ensuite l'effet marginal des variables continues est analysé. Finalement, l'odd ratio est interprété.

Le nombre d'observations dans l'échantillon final reste de 1934 observations. Les différents tests de spécifications sont effectués où l'hypothèse nulle est que le modèle est correctement spécifié (RESET, Wald, likelihood ratio) et non-rejeté au seuil de 5%. De plus, les variables sont conjointement significatives au seuil de 1%.

#### 3.2.2.2.1. Le choix du modèle

Le **Tableau 18** contient les statistiques descriptives de prédiction de la probabilité de percevoir le trafic sur base des résultats issus des trois types de méthodes d'estimation<sup>19</sup>. On observe que les trois types de modèles sont sensiblement les mêmes.

Tableau 18 Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire)

#### Probabilité ajustée par type de modèle

Y= pr(perception = trafic)	Observ.	Moyenne	s.e.	Min	Max
<b>Indic. QA</b>	2022	0.4880	0.1306	0.1421	0.6753
<b>Pr. Logit</b>	1934	0.3811	0.1113	0.1142	0.8376
<b>Pr. Probit</b>	1934	0.3814	0.1111	0.1044	0.8457
<b>Linear prediction</b>	1934	0.3812	0.1108	0.0645	0.8813

Cette conclusion est confirmée par les résultats présentés au **Tableau 19**, qui présente l'effet marginal des variables continues selon les trois méthodes d'estimation : OLS, Logit et Probit. Cet effet pour les trois modèles est fortement similaire et les coefficients présentent les mêmes degrés de significativité d'une méthode d'estimation à l'autre.

Finalement, comme nous cherchons à évaluer l'effet moyen plutôt qu'extrême, le modèle Logit va être préféré au modèle Probit.

#### 3.2.2.2.2. Analyse de l'effet marginal des variables continues

L'effet marginal reflète le changement de probabilité de percevoir du trafic dans son environnement ( $y=1$ ) pour un changement donné d'une variable indépendante. Le **Tableau 19** présente l'effet marginal pour un changement donné de l'indicateur de QA, et des scores de bien-être physique et émotionnel sur la probabilité de percevoir du trafic. La première colonne contient les résultats du modèle linéaire classique selon la méthode OLS, la deuxième colonne ceux du modèle Logit et la troisième, ceux du modèle Probit.

<sup>19</sup> Pour estimer la probabilité ajustée des modèles, nous prenons la moyenne des fonctions Logit et Probit, mais aussi du modèle de probabilité linéaire (LPM).

Selon les paramètres issus de la régression Logit présentés dans la colonne (2) du **Tableau 19**, le coefficient du niveau de QA indique que lorsque celui-ci augmente de 10% d'unité, la probabilité de percevoir du trafic augmente de 2.48% d'unité. La p-valeur est de 5% (erreur de type 1).

Lorsqu'un individu devient plus heureux et que son score de bien-être émotionnel augmente de 10 points (sur un score total de 100), la probabilité de percevoir le trafic diminue de 2,3%. La probabilité de commettre une erreur de type 1 est de 1%.

Les paramètres associés au bien-être physique ne sont pas significatifs.

Tableau 19 Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit)

Comparaison des différents modèles			
Variable dépendante : Perception du trafic			
	(1) OLS	(2) Logit	(3) Probit
Indic. QA	0.247* (0.128)	0.248* (0.130)	0.251* (0.359)
<b>Score: Bien-être mental</b>	-0.0023*** (0.0007)	-0.002*** (0.001)	-0.0023*** (0.002)
<b>Score: Bien-être phys.</b>	-0.00008 (0.0004)	-0.0001 (0.0004)	-0.0001 (0.0004)
<b>Dummies</b>			
Genre	Oui	Oui	Oui
Âge	Oui	Oui	Oui
Origine	Oui	Oui	Oui
Localité	Oui	Oui	Oui
Région	Oui	Oui	Oui
Education	Oui	Oui	Oui
Statut Civil	Oui	Oui	Oui
Mode de vie	Oui	Oui	Oui
Observations	1948	1948	1948

Standard errors in parentheses

\* p<.1, \*\* p<.05, \*\*\* p<.01

### 3.2.2.2.3. Interprétation du risque relatif du modèle Logit

La colonne (2) du **Tableau 22** présente les risques relatifs (ou odd ratio) de la perception du trafic obtenus sur base des coefficients de la régression Logit.

L'odd ratio mesure le rapport entre la probabilité de percevoir du trafic  $\Pr(y=\text{trafic})$  et la probabilité de ne pas percevoir de trafic  $(1 - \Pr(y=\text{trafic}))$ .

Quand l'**indicateur de QA** augmente de 10% d'unité, la probabilité que l'individu perçoive du trafic par rapport à la probabilité qu'il n'en perçoive pas est 1.03 fois plus probable. Ce résultat est significatif au seuil de 5%.

Globalement, plus l'âge augmente, moins les individus ont de la chance de percevoir du trafic toutes autres choses restant égales. Les personnes âgées entre 30 et 39 ans et 40 et 49 ans ont 1.75 fois moins de chance de percevoir du trafic par rapport aux jeunes de moins de 30 ans. Ce résultat est significatif au seuil de 5%. Pour les personnes âgées entre 50 et 59 ans, la probabilité est 1.96 fois plus petite que pour un jeune de moins de 30 ans. Ce résultat est significatif au seuil de 1%. Pour les personnes entre 60 et 79 ans, la probabilité relative de percevoir du trafic par rapport à ne pas en percevoir est 2.38 fois plus petite que pour un jeune de moins de 30 ans toutes autre choses restant égales. Ce résultat est significatif au seuil de 1%. Pour les personnes âgées de plus de 80 ans, la probabilité relative de percevoir du trafic par rapport à ne pas en percevoir est 2.17 fois plus petite que pour un jeune de moins de 30 ans toutes autre choses restant égales. Ce résultat est significatif au seuil de 1%.

De résultats similaires sont observés lorsque l'on compare les citoyens de grandes villes et les autres. En effet, la probabilité de percevoir du trafic par rapport à ne pas en percevoir est plus importante pour les habitants des grandes villes respectivement à ceux des périphéries, des petites villes, des villages ou de la campagne. Tous ces résultats sont significatifs au seuil de 5%.

À l'inverse, la probabilité de percevoir du trafic par rapport à ne pas en percevoir est moins importante à Bruxelles qu'en Wallonie.

Les niveaux d'éducation se différencient significativement. La probabilité de percevoir du trafic par rapport à ne pas en percevoir est plus importante chez les personnes au niveau d'éducation bas par rapport aux personnes aux niveaux d'éducation moyens et hauts.

Finalement, quand le bien-être mental augmente de 1 point, la probabilité que l'individu perçoive du trafic par rapport à la probabilité qu'il n'en perçoive pas est proche de 1, ce qui signifie que le bien-être n'a quasiment pas d'impact sur la probabilité de percevoir la pollution.

### 3.2.2.3. Prédiction du niveau de perception des espaces verts

Le nombre d'individus dans l'échantillon final est de 1912 personnes de références. Les différents tests de spécifications sont effectués où l'hypothèse nulle est que le modèle est correctement spécifié (RESET, Wald, likelihood ratio) et non-rejeté au seuil de 5%. De plus, les variables sont conjointement significatives au seuil de 1%.

#### 3.2.2.3.1. Le choix du modèle

Le **Tableau 20** donne les statistiques descriptives de la prédiction de la probabilité de ne pas percevoir des espaces verts dans son environnement sur base des paramètres estimés dans les trois types de modèles (Logit, Probit, OLS). On observe que les trois types de modèles sont sensiblement les mêmes.

Tableau 20 Probabilité ajustée par type de modèle (Logit, Probit ou linéaire)

#### Probabilité ajustée par type de modèle

$y =$ pr(perception = pas d'EV)	Observ.	Moyenne	s.e.	Min	Max
<b>Indic. QA</b>	2022	0.4880	0.1306	0.1421	0.6753
<b>Pr. Logit</b>	1912	0.1307	0.1198	0.0095	0.7518
<b>Pr. Probit</b>	1912	0.1304	0.1163	0.0053	0.7173
<b>Linear prediction</b>	1934	0.1280	0.1119	-0.108	0.5362

Cependant le modèle de prédiction linéaire inclut 217 observations en-dessous de zéro.

La similarité des modèles est confirmée par les résultats présentés au **Tableau 21**, qui contient l'effet marginal des variables continues. Cet effet est fortement similaire (en termes de magnitude et de significativité) d'un modèle à l'autre.

Sur base de ces résultats et étant donné que nous cherchons à évaluer l'effet moyen plutôt qu'extrême, le modèle Logit va être préféré au modèle Probit.

#### 3.2.2.3.2. Analyse de l'effet marginal des variables continues

L'effet marginal reflète le changement de probabilité que la variable dépendante advienne ( $y=1$ ) pour un changement donné d'une variable indépendante. Le **Tableau 21** présente l'effet marginal pour un changement donné de l'indicateur de QA, et des scores de bien-être physique et émotionnel sur la probabilité de ne pas percevoir d'espaces verts. La première colonne contient les résultats du modèle linéaire classique selon la méthode OLS. La deuxième colonne ceux du modèle Logit. La troisième colonne indique l'effet marginal dans le modèle Probit.

Le coefficient de niveau de QA n'est significatif dans aucune des méthodes d'estimation. Cela signifie que la qualité de l'air n'a pas d'impact significatif sur la perception du trafic, à caractéristiques socioéconomiques et démographiques constantes.

Lorsqu'un individu devient plus heureux et que son score de bien-être émotionnel augmente de 10 points (sur un score total de 100), la probabilité de ne pas percevoir d'EV diminue de 1%. La probabilité de commettre une erreur de type 1 est de 1%.

Tableau 21 Estimation de l'effet marginal des variables continues selon la méthode d'estimation (OLS, Logit ou Probit)

Comparaison des différents modèles

Variable dépendante : Perception de pas d'espaces verts

	(1) OLS	(2) Logit	(3) Probit
Indic. QA	0.127 (0.086)	0.104 (0.094)	0.092 (0.091)
<b>Score: Bien-être mental</b>	-0.001*** (0.0005)	-0.001*** (0.0004)	-0.0012*** (0.0004)
<b>Score: Bien-être phys.</b>	-0.00002 (0.0002)	-0.0001 (0.0002)	-0.0003 (0.0003)
<b>Dummies</b>			
<i>Genre</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Âge</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Origine</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Localité</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Région</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Education</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Statut Civil</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
<i>Mode de vie</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>
Observations	1934	1912	1912

Standard errors in parentheses

\* p<.1, \*\* p<.05, \*\*\* p<.01

### 3.2.2.3.3. Interprétation du risque relatif du modèle Logit

Les paramètres indiquant l'impact des différentes variables dépendantes sur le risque relatif de ne pas percevoir des espaces verts dans son environnement sont présentés dans la colonne (3) du [Tableau 22](#).

Comme vu à la section précédente, le niveau de pollution n'a pas d'impact significatif sur la probabilité de ne pas percevoir d'espaces verts.

Plus les individus vieillissent, plus la probabilité de ne pas percevoir d'espaces verts par rapport à percevoir des espaces verts diminue, toutes autres choses restant égales.

Les personnes de plus de 80 ans ont toutefois une probabilité plus importante de percevoir

des espaces verts par rapport aux personnes âgés entre 70 et 79 ans.

La probabilité de ne pas percevoir des EV par rapport à en percevoir est plus importante pour les habitants des grandes villes respectivement à ceux des périphéries, des petites villes, des villages ou des campagnes. Tous ces résultats sont significatifs au seuil de 5%.

Les personnes vivant en Wallonie ont une probabilité relative de ne pas percevoir les espaces verts par rapport à les percevoir de 1.98 fois plus grande qu'une personne vivant à Bruxelles, toutes autres choses (dont le type de localité) restant égales.

Les personnes au niveau d'éducation moyen ont une probabilité relative de ne pas percevoir les espaces verts par rapport à les percevoir de 1.72 fois plus petite qu'une personne au niveau d'éducation bas, toutes autres choses restant égales. De même, les personnes au niveau d'éducation haut ont une probabilité relative de ne pas percevoir les espaces verts par rapport à les percevoir de 1.96 fois plus petite qu'une personne au niveau d'éducation bas.

Les personnes locataires ont une probabilité relative à ne pas percevoir les espaces verts par rapport à les percevoir de 1.68 fois plus grande qu'une propriétaire, toutes autres choses restant égales.

Finalement, si le bien-être émotionnel d'une personne augmente, la probabilité relative de ne pas percevoir d'espaces verts par rapport à en percevoir diminue légèrement.

Odd-ratio de perception

**Variable dépendante Pr (y=1) :**

Perception de...	(1) <b>Pollution</b>	(2) <b>Trafic</b>	(3) <b>Pas d'EV</b>
Indic. QA	289.514*** (273.215)	3.046* (1.780)	2.875 (2.729)
<b>Genre</b> (base : Homme)			
Femme	0.901 (0.134)	0.985 (0.101)	0.966 (0.154)
<b>Âge</b> (base : 18-29)			
30-39	0.708 (0.219)	0.571** (0.132)	0.743 (0.228)
40-49	0.709 (0.213)	0.556*** (0.124)	0.644 (0.196)
50-59	0.753 (0.219)	0.513*** (0.113)	0.427*** (0.134)
60-69	0.854 (0.261)	0.422*** (0.097)	0.384*** (0.129)
70-79	0.577* (0.190)	0.415*** (0.101)	0.193*** (0.072)
80+	0.563 (0.228)	0.473*** (0.131)	0.215*** (0.092)
<b>Origine</b> (base : Belge)			
Non-belge	1.060 (0.218)	1.244 (0.199)	1.099 (0.231)
<b>Localité</b> (base : Grande ville)			
Périphérie	0.628 (0.180)	0.655* (0.145)	0.563** (0.156)
Petite ville	0.560** (0.157)	0.564*** (0.123)	0.476*** (0.126)
Village	0.472*** (0.134)	0.391*** (0.085)	0.181*** (0.053)
Campagne	0.216 (0.238)	0.208*** (0.119)	1 (.)
<b>Région</b> (base : Bruxelles)			
Flandre	0.383*** (0.122)	1.342 (0.335)	0.909 (0.289)
Wallonie	2.335*** (0.761)	1.917** (0.494)	1.983** (0.650)
<b>Éducation</b> (base : faible)			
Moyen	1.021 (0.183)	0.759** (0.096)	0.589*** (0.106)
Elevé	0.920 (0.171)	0.679*** (0.088)	0.516*** (0.102)
<b>Situation civile</b> (base : Seul sans enfant)			
Seul + enfant(s)	1.141 (0.293)	0.945 (0.162)	1.051 (0.270)
En couple - enf.	1.478* (0.306)	1.018 (0.144)	0.975 (0.204)
En couple + enf.	1.319 (0.308)	1.021 (0.164)	0.830 (0.203)
Autres	1.535 (0.515)	0.914 (0.230)	0.701 (0.278)
<b>Mode de vie</b> (base : propriétaire)			
Locataire	0.656** (0.112)	0.915 (0.110)	1.613*** (0.276)
Autres	1.074 (0.504)	0.740 (0.292)	1.639 (0.858)
<b>Score: Bien-être mental</b>	0.981*** (0.004)	0.990*** (0.003)	0.988*** (0.004)
<b>Score: Bien-être phys.</b>	1.002 (0.003)	0.999 (0.002)	0.999 (0.003)
<b>Constant</b>	<b>0.087***</b> <b>(0.060)</b>	<b>2.369*</b> <b>(1.138)</b>	<b>1.138</b> <b>(0.817)</b>
Observations	1934	1934	1912

Standard errors in parentheses

\* p<.1, \*\* p<.05, \*\*\* p<.01

Tableau 22 Résultats des régressions Logistiques de la probabilité de percevoir (1) de la pollution (2) du trafic (3) pas d'EV par rapport à l'indicateur de niveau de QA, des données démographiques et socioéconomiques

## E. Prolongement nécessaire

En étude comportementale, évaluer comment les individus perçoivent la pollution est une étape nécessaire dans le processus d'évaluation de la perception de leur environnement ; cependant, ce n'est pas une condition suffisante pour savoir comment ces individus vont réagir.

Dans cette partie, la première section analyse l'évolution des manières de percevoir les pollutions et les risques qui en découlent. La deuxième section caractérise le risque et plus particulièrement les risques environnementaux. La dernière section énonce les différentes méthodologies d'analyse du risque et de l'attitude face à celui-ci.

Finalement cette partie donne les premières clés pour étudier de manière qualitative comment les individus se comportent face aux risques environnementaux.

### 1. Mesures objectives et subjectives de la pollution

Jusqu'à la moitié du 20<sup>e</sup> siècle, la perception sensorielle des fumées et des puanteurs étaient les principaux outils d'identification de la pollution. Ces fumées représentaient également le travail et les décideurs devaient déjà durant l'ère industrielle tenir compte d'une réalité économique. Après 1960, d'autres polluants moins perceptibles tels que l'ozone, les particules fines ou le dioxyde d'azote sont apparus dans l'air. C'est alors que de nouveaux indicateurs et outils officiels permettant d'estimer les concentrations de ces différents polluants sont apparus, prenant la place des outils de perceptions « subjectifs ». Cependant ces nouveaux outils ne sont pas le signe d'une rationalisation objective instaurée du rapport des individus à la pollution. Comme le souligne Blavier et al (2013), « *l'apparition de réseaux de mesure sociotechniques et le détour par les laboratoires n'a pas vocation à faire oublier du jour au lendemain le témoignage des sens* » (p.13). En effet, même via des outils scientifiques, l'usage des sens est omniprésent lorsque la qualité de l'air est analysée ; qu'il s'agisse de la lecture d'un graph ou d'une carte, la présentation des données peut faire oublier toute prétendue objectivité. De plus, les nouvelles mesures de l'air sont plus abstraites pour l'individu et les pollutions représentent des conjonctions de pollutions complexes. Dans ce contexte, il n'y a pas lieu d'opposer la mesure « objective » des scientifiques et les perceptions « subjectives » populaires. Il y a une modernisation de la pollution et le citoyen se détache de son implication sociale dans la lutte contre la pollution car il ne la perçoit plus comme avant. De son côté, suite à l'étalement de l'urbanisme et sa conjonction avec les industries, les décideurs ne s'attardent plus à analyser les émissions, mais se concentrent surtout sur les immissions (Blavier et al., 2013).

Notons tout de même que certains biais de perception altèrent le jugement et le lien entre son identification, les effets sanitaires encourus et le niveau de pollution qui semble

problématique. Il peut arriver par exemple qu'une mauvaise odeur soit amalgamée à de la pollution alors que certains des polluants analysés sont totalement inodores. Il en va de même pour la visibilité, certains associent une vision trouble à des niveaux de pollution élevés alors que le niveau de pollution peut dépasser largement les sens olfactifs ou visuels. Ces nuisances perceptibles ont probablement un impact sanitaire mais relèvent davantage de la notion d'anxiété que de l'identification d'un risque lié à un polluant. Dans cet ordre, cet effet doit être pris en considération lorsque l'on quantifie le risque en étude épidémiologique. (Blavier et al., 2013; Bonnefoy et al., 2003).

Non seulement la perception peut différer, mais à une même perception, les réactions peuvent changer. Nous le verrons par la suite, cela peut être dû à plusieurs déclencheurs micro-locaux ou micro-sociaux. C'est l'identification de ces transformations et ces mutations au sein de la population qui permettront de comprendre la versatilité et l'ambiguïté des perceptions des individus.

Une étude écologique menée en Belgique a mis en évidence une association négative entre les espaces verts et le niveau de pollution dans l'air. Dans le royaume, une augmentation des espaces verts est associée à une diminution de la densité de population et à une diminution du trafic. Cependant l'étude n'est pas parvenue à démontrer que le niveau de pollution de l'air induisait une augmentation des maladies cardiovasculaires. Un biais écologique<sup>20</sup> serait la cause de ce résultat inattendu (Aerts et al., 2020).

## *2. Risques et perception des risques*

Le risque réfère à la probabilité, mesurable ou incertaine<sup>21</sup>, qu'un événement advienne. Celui-ci est contextuel et se caractérise par sa probabilité d'occurrence et le risque de ces effets (Newman, 1998).

Selon Khazen (2019), le risque résulte de la combinaison d'un danger dû à la propriété intrinsèque d'un agent dangereux ou d'une situation dangereuse difficilement modifiable tandis que l'exposition à ce danger peut être contrôlée. Cet événement dangereux peut, tout comme la pollution de l'air par exemple, être de source anthropique ou naturelle.

En sociologie, le danger est différencié du risque, ce dernier étant un danger connu. Le risque peut donc être analysé et étudié, mais surtout mesurable (Khazen, 2019). La

---

<sup>20</sup> Un biais écologique apparaît lorsque l'on tente de faire des déductions au niveau individuel à partir d'inférences faites sur des groupes auxquels les individus appartiennent. Une solution pour résoudre ce problème serait de diminuer la taille géographique de l'étude.

<sup>21</sup> Le terme risque est employé quand la probabilité qu'un événement se produise est connue, et on parle d'incertitude quand cette probabilité n'est pas connue (Khazen, 2019).

phylogénèse de l'homme vient en partie du fait que celui-ci sait prendre en considération et adapter son comportement face aux risques.

### 2.1. La pollution perçue comme un risque

L'interaction entre des dangers naturels et anthropogéniques peut provoquer des catastrophes. C'est le cas par exemple du phénomène appelé « *Les brouillards de la Meuse* ». En décembre 1930, une forte concentration de pollution maintenue par de mauvaises conditions climatiques a eu pour effet d'asphyxier mortellement une soixantaine de personnes et morbidement quelques milliers de personnes dans la région liégeoise (Nemery et al., 2001). Ces polluants provenaient des industries sidérurgiques de la région de Seraing, tandis que les mauvaises conditions climatiques n'ont pas assez dispersé l'oxyde d'azote et les particules fines présentes dans l'air. Des événements similaires sont apparus durant le 20<sup>e</sup> siècle, avec par exemple le « grand SMOG de Londres », tuant cette fois plus de 4000 personnes et contaminant quelques dizaines de milliers de personnes dans les rues de Londres en décembre 1952 (Morelli, 2016). C'est une méconnaissance des risques par la population et par la communauté scientifique qui fait que ce danger n'a pas pu être évité. Par sa médiatisation, ce dernier événement est l'une des causes qui a fait passer la pollution atmosphérique de danger inconnu à risque aux yeux de la communauté internationale.

### 2.2. Mesure du risque

En études économiques, le risque est mesuré en multipliant la gravité des conséquences par la probabilité, ce qui donne la valeur attendue du risque. Cette valeur obtenue peut être utilisée pour résoudre n'importe quel type de problème, tant pour le choix collectif qu'individuel (Newman, 1998). C'est l'attitude face au risque qui va déterminer le choix qu'effectuera l'individu. Afin de pouvoir élaborer une étude étiologique ou une évaluation du risque efficiente, il est essentiel de comprendre comment les individus perçoivent leurs environnements.

Les perceptions et les réponses à un risque se forment via un agencement complexe de contextes sociaux, culturels et politiques où l'expérience de vie peut jouer un rôle important, mais ce risque peut aussi être évalué en fonction de ses caractéristiques propres. Cependant, certains biais viennent perturber les connaissances et les réactions des individus face aux risques environnementaux (Bickerstaff & Walker, 2001; Chauvin & Hermand, 2008).

### 2.3. Les différentes façons d'étudier la perception du risque

Il est clair que les connaissances environnementales sont liées aux attitudes environnementales. Cependant, la causalité existante entre les connaissances et les attitudes des individus reste encore une source de doute. La pollution atmosphérique n'est la plupart du temps pas directement perceptible par des facteurs objectifs. Dans ce cas, la population va

l'évaluer via d'autres critères. L'interprétation de la perception du niveau de pollution des individus peut se classer par la **sensibilité socio-culturelle** ou par le **paradigme psychométrique**.

**La perception socio-culturelle** du risque suggère que la différenciation de perception d'un danger varie en fonction de facteurs sociaux ou culturels. Dans une société donnée, les individus adhèrent à un système de valeurs communes, ce qui induit implicitement qu'ils choisissent de négliger certains risques et d'en craindre d'autres. En termes de risques environnementaux dans les sociétés contemporaines, l'approche socioculturelle peut se scinder en quatre idéaux types<sup>22</sup> (Bonnefoy et al., 2003; Khazen, 2019):

- **Les hiérarchiques** sont des personnes consonantes cognitivement, bien intégrées socialement et économiquement. Elles sont plutôt imperméables aux interventions extérieures et n'aiment pas le changement. De ce fait, elles vont avoir tendance à minimiser les risques environnementaux.
- **Les individualistes** sont des personnes qui pensent que tout est possible tant qu'on le veut vraiment, ils ne veulent aucun niveau hiérarchique car ils n'aiment pas la contrainte. De plus, ils ne craignent pas, voire nient, le risque. Toute intervention pour réduire un risque environnemental est perçue comme un coût qui risque en plus de restreindre leurs libertés. Ils sont passifs face à ce risque et peu attachés à un quelconque lien, ils préfèrent ignorer la pollution.
- **Les égalitaristes** définissent les limites externes de leur société clairement, tous les membres sont égaux. Ils luttent ardemment contre les risques environnementaux avec l'idée de contester le système. Ils estiment que ce sont principalement les individualistes et les hiérarchiques qui sont à l'origine de la plupart des problèmes de société
- **Les fatalistes** sont indifférents face au risque. Ils sont souvent en situation de précarité. Même s'ils peuvent être gênés par un risque, ils n'ont que très peu de marge de manœuvre pour lutter contre celui-ci. Ils ont du mal à se projeter sur le long terme.

Parallèlement, le statut socio-économique d'une personne semble être un facteur déterminant dans la médiatisation de la perception de son risque environnemental. Par exemple, une étude menée à Dunkerque met en évidence que la sensibilité liée aux problèmes environnementaux serait plus présente dans les milieux socio-culturels plus élevés. À l'inverse les personnes travaillant dans une usine polluante ont tendance à minimiser la gêne exprimée vis-à-vis de cette pollution, ils ont une attitude fataliste. La gêne est liée à une dépendance

---

<sup>22</sup> Nous allons décrire ici quatre pôles extrêmes, sans nuance, il est certain que la perception réelle des individus est moins tranchée et que les archétypes s'entremêlent.

économique et à l'enracinement du cadre de vie. L'étude met en évidence cette même relation entre locataire et propriétaire (Bonney et al., 2003).

« **L'effet de l'Homme blanc** » est un cas d'étude de l'approche socioculturelle. Celui-ci met en évidence une certaine partie de la population, plus éduquée et plus aisée, traduisant une forme de distanciation sociale et géographique par rapport à la pollution atmosphérique en minimisant les risques sanitaires encourus. Ajoutons à cela que de manière générale les individus sont moins critiques à l'égard de leur environnement direct que de l'environnement lointain (Bonney et al., 2003; Catalán-Vázquez et al., 2009; Khazen, 2019). En d'autres termes, l'herbe est plus « polluée » chez le voisin.

Un autre phénomène amplement documenté dans l'approche socioéconomique et culturelle est lié à une perspective pécuniaire. Un événement générant des gains est plus facilement perçu comme moins risqué, tandis qu'à l'inverse, un événement coûteux va plus vite être perçu comme risqué

La perception socioculturelle est une analyse plus sociologique que statistique ; si l'attitude face au risque est prise en compte plutôt que sa perception, on parle de **paradigme psychométrique**. En effet, la peur peut jouer un rôle biologique plus important que des facteurs socioculturels, en d'autres termes, la peur nourrit la crainte (Catalán-Vázquez et al., 2009; Khazen, 2019).

Les facteurs influençant la peur et donc augmentant la perception négative d'un risque (qui lui-même nourrit la conscience du risque) sont *la nouveauté (connu/inconnu)*, *l'incontrôlabilité*, son caractère *involontaire* lorsque le risque est subi ou encore le *potentiel catastrophique* d'un événement (Catalán-Vázquez et al., 2009; Chauvin & Hermand, 2008; Khazen, 2019).

Ce type de paradigme est utilisé pour effectuer une analyse multivariée afin de produire des représentations quantitatives du risque, ce qui va permettre de traduire de manière qualitative le travail des experts en regroupant les individus selon les quatre archétypes socio-culturels vus ci-dessus.

Lorsque cela est translaté en termes d'étude environnementale et que les individus doivent faire face à des excès de pollution, la contrôlabilité et la volontarité sont très peu présentes. Cela s'explique par le fait que l'on est obligé de respirer l'air du lieu où on vit. Dans ce cas, les populations doivent respirer une pollution dont ils ne sont pas nécessairement responsables. Dans ce cadre, le processus de sensibilisation et de conscientisation au problème de pollution de l'air peut passer par la peur.

Un exemple caractérisant le paradigme psychométrique est que les individus ont tendance à surestimer les dangers moins fréquents avec une forte mortalité ; tandis qu'ils sous-estiment

les dangers les plus fréquents avec une faible mortalité, la comparaison entre les risques d'accidents de voitures et la phobie liée au crash d'avion représente une bonne comparaison de ce phénomène.

Il existe évidemment d'autres paramètres influençant la perception des risques tels que la médiatisation ou la communication sur certains risques, la confiance que l'on éprouve envers les experts et les dirigeants, la manière dont le risque est communiqué, ou encore la perception sensorielle de nos environnements<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Les biais induit par les médias sont référencés par les psychologues selon plusieurs types. On retrouve par exemple le biais probabilistique, de disponibilité, de représentativité, d'ancrage ou encore d'optimisme. Soulignons que l'information n'est plus seulement détenue par les médias traditionnels depuis l'avènement d'internet entre-autres ; aujourd'hui chacun est devenu un potentiel vecteur de transfert de risque.

## CONCLUSION

Cette étude apporte une (petite) pierre à l'édifice au travail de grande envergure que représente la construction d'un environnement sain et d'un cadre réglementaire juste, en proposant une prise de conscience de l'individu face aux niveaux et aux risques environnementaux auxquels il est confronté. La présente analyse se base sur des données croisées de pollution atmosphérique et de ressenti des ménages en Belgique. Pour ce faire, les données de concentrations annuelles de pollutions récoltées par CELINE ont été transformées en un indicateur qui couvre trois types de polluants : les particules fines, le dioxyde d'azote et l'ozone. Ces données ont ensuite été croisées avec celles du projet MEQIn de perceptions, et catégorisées en fonction de facteurs socioéconomiques et démographiques. Sur base de cette matière, l'analyse s'est articulée en trois étapes.

Premièrement, la distribution de l'exposition aux polluants sur le territoire belge est analysée. Les enquêtes menées par diverses institutions belges mettent en avant que bien que le niveau de pollution soit en diminution depuis une vingtaine d'années, la pollution reste un problème pour la santé publique en Belgique. Le trafic engendre une exposition au-dessus des normes sanitaires dans certains quartiers de Bruxelles. La Wallonie, quoique moins polluée, se caractérise également par une concentration d'ozone supérieure aux normes légales. Et dans certaines localités, la Flandre ne respecte pas toujours les normes Européennes en matière de  $\text{NO}_x$  et d' $\text{O}_3$  (CELINE, 2019; De Potter, 2019; IBGE, 2015; ISSeP & AWAC, 2016).

Les données disponibles analysées dans ce travail mettent en évidence les différences observées par les différentes institutions. Cependant, la méthode d'estimation utilisée réduit la précision des niveaux de concentrations locaux et donc expose les résultats dans une moindre mesure.

On observe bien que la Flandre est plus exposée aux concentrations de pollution que la Wallonie. Bruxelles concentre du  $\text{NO}_2$  proche des limites sanitaires. Et, de manière générale, les villes sont plus polluées en  $\text{NO}_2$  et  $\text{PM}_{10}$  que les campagnes. Finalement, les concentrations les plus fortes d'ozone se trouve principalement dans la zone Est du pays.

Deuxièmement, la distribution de l'exposition aux polluants a été étudiée dans le but d'analyser son incidence sur la vulnérabilité des Belges. Dozzi et al. (2008) observent que sur l'ensemble du territoire, ce sont en moyenne les classes supérieures qui produisent le plus de nuisance environnementale mais qui en subissent le moins les conséquences. À Bruxelles, des études locales ont permis de déterminer que les quartiers les plus défavorisés étaient aussi les plus pollués (Noël et al., 2020). En Wallonie, la situation économique et géographique particulière de la région induit des résultats mitigés (Aerts et al., 2020; De Thysebaert, 2018). Quant à la Flandre, aucune étude sur la vulnérabilité des individus n'a pu être trouvée.

Troisièmement, la perception des individus a été évaluée. L'analyse de données a été déclinée par type de perceptions, en observant distinctement la manière dont les individus perçoivent la pollution, le trafic et les espaces verts.

**L'analyse de la perception de la pollution** met en évidence que, de manière générale, un niveau de pollution plus élevé est corrélé à un plus grand niveau perception de la pollution, bien que ce résultat soit plus significatif à Bruxelles qu'en Wallonie et en Flandre. Certains indicateurs de dépendance économiques (locataires, bas revenus, pensionnés et non-belge) sont aussi associés à une corrélation positive. Globalement, il apparaît que les Belges ont une bonne perception du niveau de pollution : lorsque l'on contrôle les facteurs socioéconomiques et démographiques, l'étude logistique démontre que, quand le niveau de pollution augmente, la probabilité de percevoir la pollution est plus grande. Cependant les niveaux de perceptions se différencient selon la région, le lieu de résidence et l'âge - toutes autres choses restant égales. En effet, à niveau de pollution constant, les Wallons perçoivent davantage leur environnement comme pollué que les autres régions. De plus, les jeunes générations ont tendance à déclarer leur environnement plus pollué, pour un même niveau de pollution, de manière significativement plus importante que leurs aînés. Cela pourrait s'expliquer par un degré de conscientisation du problème de la pollution chez les jeunes.

**L'analyse de la perception du trafic** démontre qu'en région bruxelloise et en Wallonie, un plus haut niveau de pollution est associé à une plus grande perception de trafic. Néanmoins, la corrélation est significativement positive dans les périphéries et négatives dans les petites villes et il serait alors intéressant d'analyser pourquoi cette corrélation varie d'une zone à l'autre<sup>24</sup>. L'analyse de la variance montre ensuite une différence significative entre l'intensité du trafic et les concentrations annuelles moyennes d'ozone. La moyenne de la concentration de ce polluant secondaire rendue visible par les smogs urbains varie selon la catégorie de perception du trafic. Comme cela a été identifié dans la littérature, un plus haut niveau de pollution est associé à une plus grande probabilité de percevoir du trafic, même si cette augmentation de probabilité de perception reste très relative. L'étude de la différenciation de perception indique quant à elle que le trafic est plus amplement perçu en Wallonie qu'à Bruxelles et en Flandre. Comme pour la perception de pollution, plus les individus sont âgés, moins ils déclarent observer du trafic dans leur environnement (toutes autres choses restant égales). De plus, ce trafic est plus sensiblement perçu dans les grandes villes qu'ailleurs. Enfin, plus le niveau d'éducation est bas, plus la probabilité de percevoir le trafic est importante. Ce dernier résultat suggère que les personnes plus pauvres vivent dans des endroits où il y a plus de trafic.

---

<sup>24</sup> L'analyse spatiale des distances parcourues et la composition du parc automobile en Belgique serait une piste à creuser pour comprendre les mécanismes sous-jacents.

**L'analyse de perception des espaces verts** montre que le niveau de pollution dans l'air est corrélé à une moindre perception d'espaces verts (EV) à Bruxelles, et dans une moindre mesure en Wallonie. Cette corrélation est également positive dans les grandes villes et périphéries. À l'inverse, la corrélation est négative dans les petites villes et les campagnes. Cela laisserait suggérer que plus on détecte d'EV, plus la qualité de l'air est dégradée dans ces zones. Aerts et al. (2014) font l'hypothèse que l'impact des EV sur les individus est peut-être plus important lorsque l'accès aux zones vertes est limité. L'étude d'analyse de la variance met en évidence que les moyennes de niveau de pollutions diffèrent entre les catégories de perceptions, surtout en ce qui concerne l'ozone. La régression Logistique ne montre pas de résultats significatifs entre le niveau de pollution et la perception d'EV, lorsque l'on prend en compte les caractéristiques socioéconomiques et démographiques des individus. Les individus ont deux fois plus de chance de percevoir des espaces verts en Wallonie qu'à Bruxelles et dans les villages que dans les villes et périphéries. La probabilité de ne pas percevoir d'EV est plus importante pour les personnes à niveau d'éducation moyen et haut que bas. Cela peut s'expliquer par le fait que, comme nous l'avons vu dans la littérature, les niveaux d'éducation sont plus élevés dans les centres urbanisés que dans zones plus rurales. Finalement, les locataires déclarent davantage qu'il n'y a pas d'EV que les propriétaires.

Soulignons par ailleurs que la comparaison de la perception de la pollution par les individus et les indicateurs de pollution atmosphérique permet une comparaison directe entre indicateurs « subjectifs » et « objectifs », ce qui n'est pas le cas lorsque l'on compare les indicateurs de pollution à la perception du trafic ou des EV. Dans le premier cas, les paramètres associés aux caractéristiques des individus permettent d'identifier leur propension à déclarer leur environnement pollué, à niveau de pollution constant. Dans les deuxièmes et troisièmes cas, ce type de comparaison nécessiterait de contrôler (et donc d'observer) l'intensité du trafic chez les personnes sondées ou le pourcentage d'espaces verts présents dans leur commune. Cela n'a pas été possible dans le cadre de cette analyse.

Enfin, la dernière partie de cette étude pointe d'éventuels prolongements utiles pour approfondir le questionnement. Une étude qualitative complémentaire permettrait par exemple d'expliquer les mécanismes sous-jacents aux facteurs d'identification sensitive de la pollution et des différenciations de perception. Une telle analyse permettrait également d'éclairer la manière dont les individus évaluent le risque. Comme nous l'avons énoncé, cette étape est nécessaire pour comprendre comment l'individu perçoit son environnement. En effet, lorsque l'on étudie la perception des risques liés à la pollution de l'air, les caractéristiques locales des quartiers et des zones jouent un rôle fondamental (Catalán-Vázquez et al., 2009). C'est pourquoi dans ces zones, une étude qualitative approfondie serait utile pour déterminer les sources socio-urbaines exactes des différents polluants. Une telle étude pourrait s'appuyer sur

un recensement de l'intensité du trafic et du commerce, mais également sur une analyse du niveau de bruit et d'émission, tout en prenant en compte la situation géographique de la zone. En effet, Lalloué (2014) souligne que les déterminants diffèrent fortement entre les communes rurales et les agglomérations lorsqu'il s'agit d'analyser les disparités sociales et environnementales. Une étude plus locale qui différencierait les zones constituerait donc une piste intéressante.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aerts, R., Nemery, B., Bauwelinck, M., Trabelsi, S., Deboosere, P., Van Nieuwenhuysse, A., Nawrot, T. S., & Casas, L. (2020). Residential green space, air pollution, socioeconomic deprivation and cardiovascular medication sales in Belgium : A nationwide ecological study. *Science of The Total Environment*, 712, 136426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136426>
- Afsa, C. (2016). *Le modèle Logit—Théorie et application* (Méthodologie statistique). INSEE.
- Beitone, A., Cazorla, A., & Hemdane, E. (2019). *Dictionnaire de science économique—6e éd.* (Vol. 6). Hors Collection.
- Bickerstaff, K., & Walker, G. (2001). Public understandings of air pollution : The ‘localisation’ of environmental risk. *Global Environmental Change*, 11(2), 133-145. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00063-7](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00063-7)
- Blavier, G., Charvolin, F., Frioux, S., Kamoun, L., Mélard, F., & Roussel, I. (2013). *Percevoir et objectiver la pollution de l’air. Une exploration historique et sociologique de ses « mesures » et de ses débordements.*
- Bonnefoy, B., Frère, S., Maramotti, I., Moch, A., & Roussel, I. (2003). *La perception de la pollution atmosphérique d’origine industrielle par les habitants de l’agglomération de Dunkerque.* 178, 10.
- Brunet, P. (2008). De l’usage raisonné de la notion de « concernement » : Mobilisations locales à propos de l’industrie nucléaire. *Natures Sciences Sociétés*, 16(4), 317-325. Cairn.info.
- Cameron, A. . C., & Trivedi, P. K. (2009). *Microeconometrics Using Stata*. Stata Press.
- Carter, M., & Horwitz, P. (2014). Beyond Proximity : The Importance of Green Space Useability to Self-Reported Health. *EcoHealth*, 11(3), 322-332. <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0952-9>
- Catalán-Vázquez, M., Riojas-Rodríguez, H., Jarillo-Soto, E. C., & Delgadillo-Gutiérrez, H. J. (2009). Percepción de riesgo a la salud por contaminación del aire en adolescentes de la Ciudad de México. *Salud Pública de México*, 51(2). <https://doi.org/10.1590/S0036-36342009000200011>
- Cellule Interrégionale de l’Environnement. (s. d.). *RIO-IFDM* [Document]. Consulté 10 mars 2020, à l’adresse <https://www.irceline.be/fr/documentation/modeles/rio-ifdm>
- Cellule Interrégionale de l’Environnement. (2019). *Rapport annuel 2018 de la qualité de l’air en Belgique.*
- Charvolin, F., Frioux, S., Kamoun, L., Mélard, F., & Roussel, I. (2015). *Un air familier : Sociohistoire des pollutions atmosphériques.* Presses des Mines. <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.1871>
- Chauvin, B., & Hermand, D. (2008). Contribution du paradigme psychométrique à l’étude de la perception des risques : Une revue de littérature de 1978 à 2005. *L’Année psychologique*, 108(02), 343. <https://doi.org/10.4074/S0003503308002066>

- Cooreman, G., Frère, J.-M., Lévy, P. Z., Vanhille, J., Verbist, G., & Goedemé, T. (2019). *Analysis of the air pollution associated with household consumption in Belgium in 2014: The case of greenhouse gas emissions*. 53.
- Dagnelie, P. (2011). *Statistique théorique et appliquée*. 2, 2,. De Boeck.
- De Potter, B. (2019). *Jaarrapport Lucht – Emissies en concentraties van luchtverontreinigende stoffen*. Vlaamse Milieumaatschappi.
- De Thysebaert, D. (2018). *Rapport sur l'état de l'environnement wallon 2017* (SPW, p. 368). SPW.
- Dozzi, J., Lennert, M., & Wallenborn, G. (2008). Inégalités écologiques : Analyse spatiale des impacts générés et subis par les ménages belges. *Espace populations sociétés*, 2008/1, 127-143. <https://doi.org/10.4000/eps.2443>
- Eggerickx, T., Sanderson, J.-P., & Vandeschrick, C. (2018). Les inégalités sociales et spatiales de mortalité en Belgique : 1991-2016. *Espace populations sociétés*, 2018/1-2. <https://doi.org/10.4000/eps.7416>
- European Commission, Environment Directorate-General, University of the West of England, B., & Science Communication Unit. (2016). *Links between noise and air pollution and socioeconomic status*. <http://dx.publications.europa.eu/10.2779/200217>
- European Environment Agency. (2019). *Air quality in Europe: 2019 report*. [https://op.europa.eu/publication/manifestation\\_identifier/PUB\\_THAL19012ENN](https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_THAL19012ENN)
- Fecht, D., Fischer, P., Fortunato, L., Hoek, G., de Hoogh, K., Marra, M., Kruize, H., Vienneau, D., Beelen, R., & Hansell, A. (2015). Associations between air pollution and socioeconomic characteristics, ethnicity and age profile of neighbourhoods in England and the Netherlands. *Environmental Pollution*, 198, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.014>
- Green and quiet*. (s. d.). <http://greenandquiet.be/fr/151-2/>
- Greenpeace. (2018). *Mon air, mon école* (p. 49).
- Gruber, J. (2011). *Public Finance and Public Policy* (Vol. 3e). Worth Publishers.
- Hajat, A., Hsia, C., & O'Neill, M. S. (2015). Socioeconomic Disparities and Air Pollution Exposure : A Global Review. *Current Environmental Health Reports*, 2(4), 440-450. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0069-5>
- Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement. (2015). *Air – données de base pour le plan*.
- Institut Scientifique de Service Public, & Agence Wallonne de l'Air et du Climat. (2016). *Réseaux de surveillance de la Qualité de l'Air -Rapport 2016*.

- Khazen, M. (2019). *Perception des risques liés à la pollution de l'air à Beyrouth (Liban)*. Université du Littoral Côte d'Opale.
- Lalloué, Benoit. (2014). *Méthodes d'analyse de données et modèles bayésiens appliqués au contexte des inégalités socio-territoriales de santé et des expositions environnementales*. Université de Lorraine.
- Lalloué, Benoît, Monnez, J.-M., Padilla, C., Kihal, W., Le Meur, N., Zmirou-Navier, D., & Deguen, S. (2013). A statistical procedure to create a neighborhood socioeconomic index for health inequalities analysis. *International Journal for Equity in Health*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1475-9276-12-21>
- Morelli, X. (2016). *Air pollution, health and social deprivation in an urban setting*. Université Grenoble Alpes.
- Nemery, B., Hoet, P. H., & Nemmar, A. (2001). The Meuse Valley fog of 1930 : An air pollution disaster. *The Lancet*, 357(9257), 704-708. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)04135-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)04135-0)
- Newman, P. (Éd.). (1998). *The New Palgrave Dictionary of Economics and the Law*. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-14286-6>
- Noël, C., Vanroelen, C., Rodriguez Loureiro, L., Casas, L., & Gadeyne, S. (2020). *Environmental injustice in outdoor air pollution*.
- Pelletier, A., Ribeiro, C., Mietlicki, F., Dugay, F., Kauffmann, A., Lalloué, B., Isnard, H., & Girard, D. (s. d.). *Environmental pollution (air, noise) exposure and social deprivation around the major Ile-de-France airports*. 10.
- Rakotomalala, R. (s. d.). *Analyse de la variance ANOVA* (p. 158). Université Lumière Lyon 2.
- Rakotomalala, R. (2017). *Analyse de corrélation* (p. 105). Université Lumière Lyon 2.
- Richardson, E. A., Pearce, J., Tunstall, H., Mitchell, R., & Shortt, N. K. (2013). Particulate air pollution and health inequalities : A Europe-wide ecological analysis. *International Journal of Health Geographics*, 12(1), 34. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-12-34>
- Sheppard, A. J., Salmon, C., Balasubramaniam, P., Parsons, J., Singh, G., Jabbar, A., Zaidi, Q., Scott, A., Nisenbaum, R., Dunn, J., Ramsay, J., Haque, N., & O'Campo, P. (2012). Are residents of downtown Toronto influenced by their urban neighbourhoods? Using concept mapping to examine neighbourhood characteristics and their perceived impact on self-rated mental well-being. *International Journal of Health Geographics*, 11(1), 31. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-31>
- Stephane, N., Beaumont, B., Hallot, E., Lenartz, F., Lefebvre, F., Lauwaet, D., Poelmans, L., & Wolff, E. (2017). Exposure and vulnerability geospatial analysis using earth observation data in the city of Liège, Belgium.

*ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV-1/W1*, 149-156.

<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-1-W1-149-2017>

Térouanne, É. (1998). *Corrélation entre variables nominales, ordinales, métriques ou numériques* (N° 142; p. 5-16).

World Bank. (2007). *Communication for good Governance* (Washington D.C.). Communication for Governance and Accountability Program.

World Health Organization. (2006). *Air Quality Guidelines—Global Update 2005*. WHO Regional Office.

World Health Organization. (2013). *Health risks of air pollution in Europe*. 60.

World Health Organization. (2018a). *Ambient (outdoor) air pollution*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

World Health Organization. (2018b). *Neuf personnes sur 10 respirent un air pollué dans le monde*. <https://www.who.int/fr/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

### **Bases de données :**

CELINE

IWEPS : <https://walstat.iweps.be/>

NGI : <http://www.ngi.be/FR/FR1-5-2.shtm>

MEqIn: <https://sites.google.com/view/meqin>

## RÉFLEXIONS

### ***Le paradigme de l'intérêt général :***

Nous sommes tous semblables dans notre dépendance à l'écosystème. Il y a donc une nécessité de préserver l'écosystème pour vivre : l'intérêt général humain. Seulement, celui-ci ne peut être établi sans une libre délibération collective et sans équité de traitement entre les individus. D'une certaine manière, le paradigme écologique impose un système démocratique stable. La démocratie appelle au débat citoyen, cependant celui-ci n'est possible que si les citoyens sont écoutés et traités de manières égales. Chaque citoyen doit se sentir concerné non pas par l'intérêt individuel, mais bien par l'intérêt commun. L'universalité des droits humains est alors institutionnalisée, la citoyenneté représente alors le devoir, et le gouvernement, la nécessité (Blavier et al., 2013; Brunet, 2008).

### ***La relation entre les citoyens et décideurs***

Le système démocratique s'appuie essentiellement sur la notion de confiance qui doit s'installer et être ressentie fortement entre les personnes qui ont été choisies pour administrer la chose publique et les citoyens. Cette confiance est encore plus présente au niveau local où les politiciens sont en relation de proximité plus immédiate avec leurs électeurs.

Une meilleure compréhension des décideurs face à la mécompréhension de certains individus face à la pollution de l'air peut permettre de mettre en place une meilleure communication et une meilleure gouvernance en termes de politiques publiques (World Bank, 2007). Cependant, la gestion de la qualité de l'air et les normes établies peuvent aussi faire l'objet de choix politico-économiques avant que cela ne soit purement sanitaire.

Au niveau de la responsabilité citoyenne, si le respect des règles et de l'environnement est important, le respect de l'esprit des règles l'est encore davantage.

C'est de cette conjonction entre la responsabilisation éthique et un cadre de gouvernance adéquate qu'apparaissent les meilleures conditions d'un environnement sain. Dans ce sens, autant les élus locaux que nationaux ont leur rôle à jouer pour impliquer le citoyen dans le développement de ce système.

## LIMITES

Déduire des interprétations au niveau individuel sur base de données au niveau communal implique un risque de biais écologique. L'unique solution serait de réduire la taille des unités géographiques données d'expositions, mais ceci n'est pas possible dans cette étude.

De plus, le croisement entre les données de pollution au niveau communal avec les données socioéconomiques au niveau individuel fait partie des limites de cette analyse. En effet, une moyenne au niveau communal des nuisances environnementales ne représente pas la quantité exacte à laquelle chaque individu a été réellement exposé mais bien une pollution de fond. Le but est donc d'obtenir des indicateurs cohérents permettant d'évaluer au mieux le niveau de nuisance auxquels les individus ont été réellement exposés.

Une analyse plus poussée des sources d'émissions représente un travail immense mais nécessaire en étude épidémiologique.

# ANNEXES

## Annexe A : Limites et normes d'exposition à la pollution (EEA et OMS)

Les directives 2008/50/CE imposées par l'EEA à une exposition dite chronique, ou de long terme, aux différents types de polluants analysés sont les suivantes (EEA, 2019). L'exposition moyenne annuelle aux particules fines dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres (PM10) doit être inférieure à 40 microgrammes par mètre cube d'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et que celle aux particules dont le diamètre est inférieur à 2.5 micromètres (PM2.5) inférieure à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La limite de concentration annuelle moyenne du dioxyde d'azote (NO2) est de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les normes sanitaires imposées par l'OMS, que l'on retrouve dans le document Air Quality Guidelines (2006), sont plus strictes que celles imposées par l'Agence Européenne. Pour les particules fines de type PM10, la limite de concentration annuelle moyenne est fixée à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tandis que pour les PM2.5, la limite est de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour ce qui est des NO2, la concentration annuelle moyenne ne doit pas dépasser  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  -même valeur que celle de l'EEA.

**Table 1.1 Air quality standards for the protection of health, as given in the EU Ambient Air Quality Directives**

Pollutant	Averaging period	Legal nature and concentration	Comments
PM <sub>10</sub>	1 day	Limit value: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded on more than 35 days per year
	Calendar year	Limit value: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM <sub>2.5</sub>	Calendar year	Limit value: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Average exposure indicator (AEI) (*) in 2015 (2013-2015 average)
		Exposure concentration obligation: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
		National exposure reduction target: 0-20 % reduction in exposure	
O <sub>3</sub>	Maximum daily 8-hour mean	Target value: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded on more than 25 days/year, averaged over 3 years (**)
		Long-term objective: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	1 hour	Information threshold: $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Alert threshold: $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO <sub>2</sub>	1 hour	Limit value: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded on more than 18 hours per year
		Alert threshold: $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km <sup>2</sup> or an entire zone
	Calendar year	Limit value: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
BaP	Calendar year	Target value: $1 \text{ ng}/\text{m}^3$	Measured as content in PM <sub>10</sub>
SO <sub>2</sub>	1 hour	Limit value: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded on more than 24 hours per year
		Alert threshold: $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km <sup>2</sup> or an entire zone
	1 day	Limit value: $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded on more than 3 days per year
CO	Maximum daily 8-hour mean	Limit value: $10 \text{ mg}/\text{m}^3$	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Calendar year	Limit value: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Pb	Calendar year	Limit value: $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Measured as content in PM <sub>10</sub>
As	Calendar year	Target value: $6 \text{ ng}/\text{m}^3$	Measured as content in PM <sub>10</sub>
Cd	Calendar year	Target value: $5 \text{ ng}/\text{m}^3$	Measured as content in PM <sub>10</sub>
Ni	Calendar year	Target value: $20 \text{ ng}/\text{m}^3$	Measured as content in PM <sub>10</sub>

Notes: (\*) AEI: based upon measurements in urban background locations established for this purpose by the Member States, assessed as a 3-year running annual mean.

(\*\*) In the context of this report, only the maximum daily 8-hour means in 2017 are considered, so no average over the period 2015-2017 is presented.

Sources: EU, 2004, 2008.

Source : OMS (2006)

**Table 1.3 World Health Organization (WHO) air quality guidelines (AQGs) and estimated reference levels (RLs) (\*)**

Pollutant	Averaging period	AQG	RL	Comments
PM <sub>10</sub>	1 day	50 µg/m <sup>3</sup>		99th percentile (3 days per year)
	Calendar year	20 µg/m <sup>3</sup>		
PM <sub>2.5</sub>	1 day	25 µg/m <sup>3</sup>		99th percentile (3 days per year)
	Calendar year	10 µg/m <sup>3</sup>		
O <sub>3</sub>	Maximum daily 8-hour mean	100 µg/m <sup>3</sup>		
NO <sub>2</sub>	1 hour	200 µg/m <sup>3</sup>		
	Calendar year	40 µg/m <sup>3</sup>		
BaP	Calendar year		0.12 ng/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	10 minutes	500 µg/m <sup>3</sup>		
	1 day	20 µg/m <sup>3</sup>		
CO	1 hour	30 mg/m <sup>3</sup>		
	Maximum daily 8-hour mean	10 mg/m <sup>3</sup>		
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Calendar year		1.7 µg/m <sup>3</sup>	
Pb	Calendar year	0.5 µg/m <sup>3</sup>		
As	Calendar year		6.6 ng/m <sup>3</sup>	
Cd	Calendar year	5 ng/m <sup>3</sup> (b)		
Ni	Calendar year		25 ng/m <sup>3</sup>	

Notes: (\*) As WHO has not set an AQG for BaP, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, As and Ni, the RL was estimated assuming an acceptable risk of additional lifetime cancer risk of approximately 1 in 100 000.

(b) AQG set to prevent any further increase of Cd in agricultural soil, likely to increase the dietary intake of future generations.

Sources: WHO, 2000, 2006a.

**Table 1.2 Air quality standards, for the protection of vegetation, as given in the EU Ambient Air Quality Directive and the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)**

Pollutant	Averaging period	Legal nature and concentration	Comments
O <sub>3</sub>	AOT40 (*) accumulated over May to July	Target value, 18 000 µg/m <sup>3</sup> ·hours Long-term objective, 6 000 µg/m <sup>3</sup> ·hours	Averaged over 5 years (b)
	AOT40 (*) accumulated over April to September	Critical level for the protection of forests: 10 000 µg/m <sup>3</sup> ·hours	Defined by the CLRTAP
NO <sub>x</sub>	Calendar year	Vegetation critical level: 30 µg/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	Winter	Vegetation critical level: 20 µg/m <sup>3</sup>	1 October to 31 March
	Calendar year	Vegetation critical level: 20 µg/m <sup>3</sup>	

Notes: (\*) AOT40 is an indication of accumulated O<sub>3</sub> exposure, expressed in µg/m<sup>3</sup>·hours, over a threshold of 40 parts per billion (ppb). It is the sum of the differences between hourly concentrations > 80 µg/m<sup>3</sup> (40 ppb) and 80 µg/m<sup>3</sup> accumulated over all hourly values measured between 08.00 and 20.00 (Central European Time).

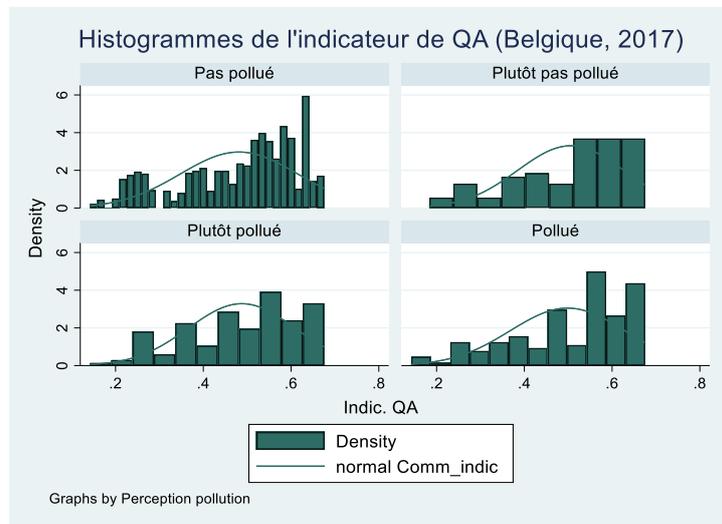
(b) In the context of this report, only yearly AOT40 concentrations are considered, so no average over 5 years is presented.

Sources: EU, 2008; UNECE 2011.

Source : OMS (2006)

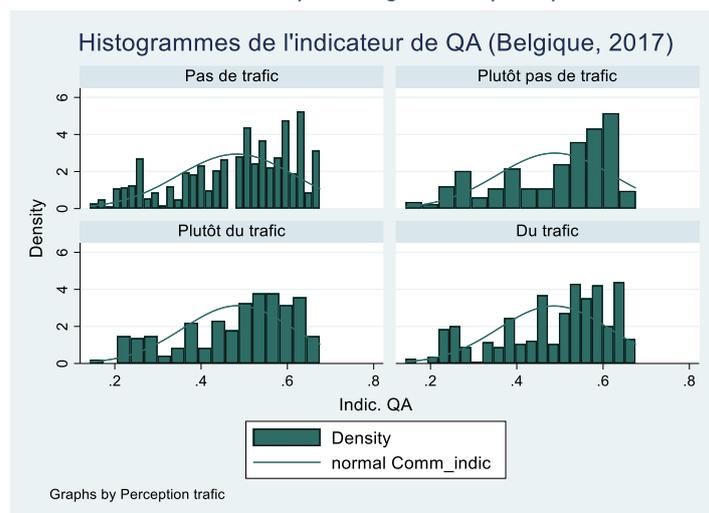
## Annexe B : Histogrammes de qualité de l'air par type de perception

Figure 6 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception de la pollution en Belgique (2017)



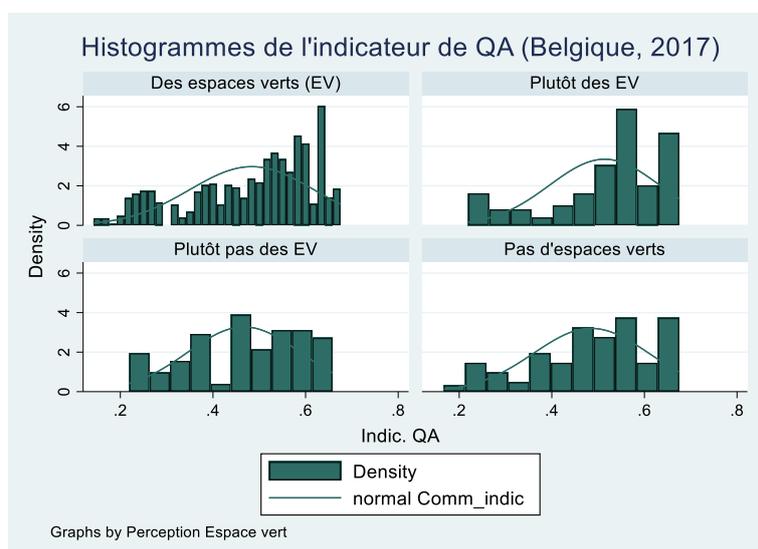
Source : Auteur

Figure 7 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception du trafic en Belgique (2017)



Source : Auteur

Figure 8 Histogramme de l'indicateur de QA par catégories de perception d'EV en Belgique (2017)



Source : Auteur

## Annexe C : Limites de la méthode RIO 4x4

La collecte de données de pollution en Belgique effectuée par CELINE est **soumise à certaines limites**. Tout d'abord, l'ensemble des données territoriales a été interpolée sur base d'un nombre limité de stations de mesures réparties sur le territoire. Cela engendre qu'un ensemble de caractéristiques locales ne peuvent pas être prises en compte. Par exemple le modèle RIO est « open-street », ce qui signifie qu'il ne tient pas compte de certains types d'obstacles le long des routes, ce qui peut mener à une sous-évaluation de certaines zones. Ensuite le modèle sous-estime la concentration des émissions dans les « streets canyons », des milieux urbains étroits à circulation routière dense. De plus, l'exposition est dite statique, c'est-à-dire qu'elle se base sur les lieux de résidences, et qu'on ne tient pas compte des déplacements des individus. La méthode d'interpolation établie ne permet donc pas d'obtenir une image parfaite de l'exposition réelle de la population (CELINE, 2019).

## Annexe D : Tableau de synthèse variables sélectionnées

Variable	Nom de variable	Définition et unité de mesure	Réf. Littérature
<b>DONNEES DE POLLUTIONS</b>			
pollution2	Particules Matters <sub>10</sub> (PM <sub>10</sub> )	Concentration annuelle moyenne de particules fines de tailles < 10 microns par commune (Belgique, 2017).  Son unité se mesure en microgramme par mètre cube ( <b>µg/m<sup>3</sup></b> ).	(Aerts et al., 2020; CELINE, 2019; ISSeP & AWAC, 2016; Morelli, 2016; WHO, 2018a)
pollution3	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote par commune (Belgique, 2017).  Son unité se mesure en microgramme par mètre cube ( <b>µg/m<sup>3</sup></b> ).	(Aerts et al., 2020; CELINE, 2019; ISSeP & AWAC, 2016 ; Lalloué, 2014; Morelli, 2016; WHO, 2018a)
pollution4	Ozone (O <sub>3</sub> )	Concentration annuelle moyenne d'ozone par commune (Belgique, 2017).  Son unité se mesure en microgramme par mètre cube par heures ( <b>(µg/m<sup>3</sup>)*heures</b> ).	(Aerts et al., 2020; CELINE, 2019; ISSeP & AWAC, 2016 ; Lalloué, 2014; Morelli, 2016; WHO, 2018a)
Comm_indic	Indicateur QA (Qualité de l'Air)	Moyenne arithmétique de PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> et O <sub>3</sub> sur 4 ans au niveau communal (Belgique, 2017).  L'indicateur a été catégorisé en 4 parties par rapport à la moyenne nationale : <b>bonne qualité de l'air, qualité acceptable, qualité préoccupante et mauvaise qualité de l'air</b> par rapport à la moyenne nationale.	<a href="https://www.iweps.be/">https://www.iweps.be/</a>
<b>DONNEES DEMOGRAPHIQUES</b>			
gen_resp	Genre de l'individu	Genre de de la personne de référence du ménage.  Son unité de mesure est : <b>Femme ou Homme</b> .	(Bonnefoy et al., 2003; Carter & Horwitz, 2014; Catalán-Vázquez et al., 2009; <i>Green and quiet</i> , s. d.; Khazen, 2019).
hhsiz	Taille du ménage	Nombre de personnes vivant dans le ménage.  Son unité est en nombre d'individu.	(Lalloué, 2014; Pelletier et al., s. d.).
age_cl_resp	Âge	L'âge de la personne de référence du ménage.  Son unité est en <b>années par catégorie</b> .	(Carter & Horwitz, 2014; Benoît Lalloué et al., 2013; Noël et al., 2020)
V40020101	Origine	Origine de la personne de référence du ménage.  Son unité de mesure est : <b>Belge ou Non-belge</b> .	(Aerts et al., 2020; European Commission et al., 2016; <i>Green and quiet</i> , s. d.)
Q13	Localité	Type d'environnement dans lequel le ménage vit.  La localité est classée en cinq catégories : <b>Grande ville, Périphérie</b> (de grande villes), <b>petite ville, village</b> ou ferme à la <b>campagne</b>	(Benoît Lalloué et al., 2013; Morelli, 2016)
region	Région	Région dans laquelle se situe le ménage.  Il y a <b>Bruxelles, Flandre et Wallonie</b>	(Aerts et al., 2020; Cooreman et al., 2019; Benoît Lalloué et al., 2013)
<b>DONNÉES SOCIOÉCONOMIQUES</b>			
education	Éducation	Variable construite par les chercheurs du projet meqin résumant le plus haut niveau d'éducation atteint par l'individu.  Son unité est :  - <b>Bas</b> , si le niveau est en-dessous du niveau d'éducation secondaire. - <b>Moyen</b> si le plus haut niveau complété est celui de l'école secondaire. - <b>Élevé</b> si le plus haut niveau complété est au-dessous du niveau d'éducation secondaire.	(Aerts et al., 2020; European Commission et al., 2016; Hajat et al., 2015; Benoît Lalloué et al., 2013; Nemery et al., 2001; Noël et al., 2020)
hystd2	Revenu disponible du ménage	Revenu disponible équivalent des ménages (échelle de l'OCDE) sans revenu du capital (par mois).  Ce revenu est égal au revenu disponible des ménages divisé par l'équivalence OCDE (oecd_eqsc= 1+(nadult_14-1)*0.5+(nchild_14)*0.3 ).  L'unité de mesure est en euro (€)	(Cooreman et al., 2019; European Commission et al., 2016; Fecht et al., 2015; Hajat et al., 2015; Richardson et al., 2013)

civil_status	Statut civil	Variable construite sur base de la position de la personne de référence dans le ménage selon la classification LIPRO.  Les unités sont nombre de ménage : <b>Seul sans enfant, seul avec enfant, en couple sans enfant, en couple avec enfant, autres</b> (plus d'un membre dans le ménage mais ni conjoint, ni enfant)	(European Commission et al., 2016; Khazen, 2019; Benoît Lalloué et al., 2013; Pelletier et al., s. d.)
statut_prof	Statut professionnel	Variable construite sur base de l'activité professionnelle de la personne de référence.  Son unité est : <b>Actif, (pré)pensionné, étudiant ou autre</b>	(Bonney et al., 2003; Catalán-Vázquez et al., 2009; Chauvin & Hermand, 2008; Benoît Lalloué et al., 2013; Noël et al., 2020)
V400902	Mode de vie	Situation de logement du ménage.  L'unité de mesure est que le ménage est : <b>Propriétaire, locataire ou autres</b> (logement de fonction par exemple).	(European Commission et al., 2016; Lalloué, 2014; Pelletier et al., s. d.)
V40052104	Bien-être émotionnel	Variable construite relatant le bien-être émotionnel de la personne de référence.  L'unité de la variable est un <b>score</b> compris entre <b>0 et 100</b> .	(Blavier et al., 2013; Chauvin & Hermand, 2008)
V40052105	Bien-être Physique	Variable construite relatant le bien-être physique de la personne de référence en tenant compte de son état de santé.  L'unité de la variable est un <b>score</b> compris entre <b>0 et 100</b> .	(Aerts et al., 2020; Dozzi et al., 2008; Richardson et al., 2013)
<b>DONNÉES PERCEPTION</b>			
V4009071_1:	Perception de pollution	Perception pollution par le représentant du ménage dans l'environnement immédiat.  L'unité de mesure est la perception perçue comme : <b>Pas pollué, plutôt pas pollué, plutôt pollué, pollué.</b>	(Bonney et al., 2003; Catalán-Vázquez et al., 2009; <i>Green and quiet</i> , s. d.; Khazen, 2019; Noël et al., 2020; Sheppard et al., 2012)
V4009072_4	Perception trafic	Perception du trafic par le représentant du ménage dans l'environnement.  L'unité de mesure est la perception perçue comme : <b>Pas de trafic, plutôt pas de trafic, plutôt du trafic, du trafic.</b>	(Aerts et al., 2020; Greenpeace, 2018; Noël et al., 2020)
V4009071_3	Perception espace vert	Perception d'espace vert par le représentant du ménage dans l'environnement.  L'unité de mesure est la perception perçue contenant : <b>De l'espace vert, un peu d'espace vert, plutôt pas d'espace vert, pas d'espace ver t.</b>	(Aerts et al., 2020; Carter & Horwitz, 2014; Khazen, 2019; Lalloué et al., 2013)

## Annexe E : Analyse complète de la variance

### a. Perception pollution et Indicateur

**La variable indépendante** sera la perception de pollution selon que les individus jugent leur environnement pas pollué, plutôt pas pollué, plutôt pollué ou pollué (4 catégories).

**La variable dépendante** sera l'indicateur de la Qualité de l'Air (QA) au niveau communal en Belgique pour l'année 2017.

#### Statistiques descriptives :

Par le biais des statistiques descriptives, regardons dans un premier temps les moyennes, écart-types, observation minimum et maximum de l'indicateur de la QA pour chaque groupe.

Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception de la pollution  
(Belgique, 2017)

	Observ.	Moyenne	Médiane	s.e.	Min	Max
<b>Perception Pollution</b>						
<i>Pas pollué</i>	1642	0.484	0.514	0.132	0.142	0.675
<i>Plutôt pas pollué</i>	99	0.524	0.558	0.117	0.183	0.675
<i>Plutôt pollué</i>	137	0.487	0.487	0.118	0.142	0.675
<i>Pollué</i>	144	0.507	0.562	0.129	0.142	0.675
<b>Total</b>	<b>2022</b>	<b>0.488</b>	<b>0.514</b>	<b>0.131</b>	<b>0.142</b>	<b>0.675</b>

Source : Auteur

Tableau 23 Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception de la pollution en Belgique en 2017

Les moyennes du niveau de la QA varient entre 0.484 pour les individus percevant une qualité de l'air pas polluée et 0.524 pour ceux qui perçoivent une qualité de l'air plutôt pas polluée. Au total, l'indicateur de qualité de l'air est de 0.488.

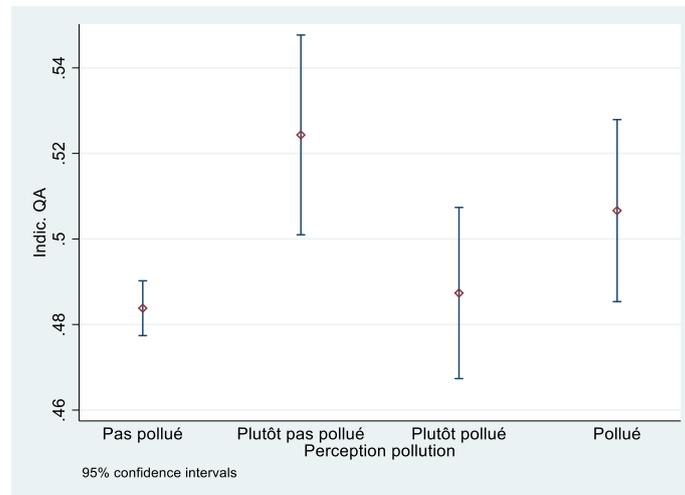
Pour 3 des 4 groupes, la valeur de la médiane est un peu plus élevée que la moyenne, ce qui suppose une distribution asymétrique vers les valeurs hautes de l'indicateur de QA.

Les écarts-types varient avec la plus faible variabilité pour les personnes percevant leur environnement comme plutôt pas pollué et la plus grande variabilité pour les gens percevant leur environnement comme non-pollué

Pour examiner la distribution des valeurs moyennes de l'indicateur de la QA des différents groupes, nous regardons le graphique de barres d'erreur ci-dessous.

Dans un intervalle de confiance de 95%, nous pouvons affirmer que la vraie valeur de la moyenne pour les gens percevant leur environnement comme pollué se situe entre 0,47 et 0,53. L'intervalle le plus restreint est celui des personnes percevant leur environnement

comme non pollué ; ceci est dû au grand nombre d'individus qui composent ce groupe et possède donc moins d'erreur type.



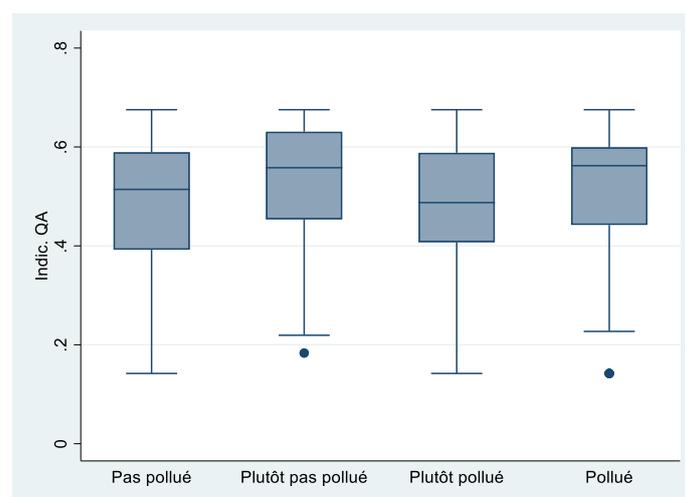
Source : Auteur

Figure 9 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception de pollution en Belgique (2017)

On constate que tous les intervalles se chevauchent, ce qui engendre que la plupart des groupes possèdent des valeurs moyennes possiblement identiques.

Seules les personnes percevant leur environnement comme pas pollué et plutôt pas pollué ont quasiment des valeurs qui ne se chevauchent pas, donc les valeurs possibles comprises dans l'intervalle de confiance ne sont quasiment pas partagées.

La figure ci-dessous représente le diagramme en boîte permettant de visualiser la distribution de la variable d'indice de qualité de l'air par catégorie de pollution. Les diagrammes mettent en évidence 1 valeur extrême pour les perceptions plutôt pas pollué et pollué.



Source : Auteur

Figure 10 Diagramme en boîte représentant la distribution de l'indice de qualité de l'air par catégorie de perception pollution en Belgique (2017)

### Normalité et homogénéité des variances

Afin de vérifier les hypothèses de normalité et d'égalité des variances, l'histogramme de l'indicateur de la QA est dessiné pour chaque niveau de perception – cf. **Annexe B : Histogrammes de qualité de l'air par type de perception**, et un test de Bartlett est effectué.

L'hypothèse de normalité est asymptotiquement assumée au vu du grand nombre d'observations.

L'hypothèse nulle ( $H_0$ ) du test de Bartlett est que les variances des groupes sont homogènes. La statistique du test est de 4.14. Il n'est pas significatif au seuil de 10%. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les variances sont homogènes. Ces variances sont considérées comme semblables.

Les deux hypothèses sont vérifiées ; le test ANOVA peut ainsi donc être effectué.

### Résultat d'ANOVA

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F
	SS	df	MS		
Between groups	.089506432	3	.029835477	1.70	0.1654
Within groups	35.4600862	2018	.017571896		
Total	35.5495926	2021	.0175901		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(3) = 4.1478$  Prob> $\chi^2 = 0.246$   
Source : Auteur

Le tableau ANOVA se décompose en deux parties . D'une part, il y a une décomposition des valeurs moyennes au tour de la moyenne générale qui est mesurée par la variance entre les 4 groupes (effet inter-groupe/Between groups). D'autre part, chaque groupe possède une dispersion interne mesurée par la variance dans chaque échantillon qui est mesurée par l'effet de la variance dans les groupes (effet intra-groupe / within groups). Le tableau présente également le total des deux effets pour la somme des carrés et les degrés de liberté.

Le résultat permet de comparer les influences respectives des variations entre et dans les groupes à travers une mesure de dispersion globale fournie par la somme des deux dispersions.

Plus précisément, la colonne de la somme des carrés (Sum of Squared – SS) indique, pour la variance inter-groupes, la somme de l'écart de chaque moyenne de groupe par rapport à la moyenne totale au carré multiplié par le nombre d'individus ; pour la variance intra-groupe, la variance (écart-type au carré) de chaque groupe multiplié par le nombre de sujets de ce groupe moins un.

La moyenne des carrés (Mean of Squared – MS) est calculée pour les deux effets en divisant la somme des carrés par le degré de liberté associé. Donc la moyenne des carrés inter-groupes est égale à  $0,0895 / 3 = 0.0298$ . La moyenne des carrés intra-groupe est égale à  $34.46/2018 = 0.0175$ . La statistique F est le rapport de la somme des carrés moyens inter et intra-groupes, et est égal à  $0.02983/0.0175 = 1.70$ .

La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  (p-valeur) est vrai est de 0.1654%. Elle est plus grande que le seuil de 5%. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est non rejetée au seuil de 10%. Il est donc fort probable que le niveau de pollution moyen au sein de chaque niveau de perception soit le même dans la population. Les paires de moyennes sont similaires entre elles.

### *b. Perception trafic et indicateur*

**La variable indépendante** sera la perception de pollution selon que les individus jugent qu'il n'y a pas de trafic, plutôt pas de trafic, plutôt du trafic et du trafic (4 catégories). « Sans avis » est retiré.

**La variable dépendante** sera l'indicateur de la Qualité de l'Air (QA) au niveau communal en Belgique pour l'année 2017.

#### *Statistiques descriptives :*

Par le biais des statistiques descriptives, regardons dans un premier temps les moyennes, écart-types, observation minimum et maximum de l'indicateur de la QA pour chaque groupe.

**Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception du trafic (Belgique, 2017)**

	Observ.	Moyenne	Médiane	s.e.	Min	Max
<b>Perception Trafic</b>						
Pas de trafic	1040	0.485	0.514	0.135	0.142	0.675
Plutôt pas de trafic	219	0.496	0.534	0.132	0.142	0.675
Plutôt du trafic	304	0.488	0.514	0.126	0.142	0.675
Du trafic	449	0.489	0.514	0.125	0.142	0.675
<b>Total</b>	<b>2012</b>	<b>0.488</b>	<b>0.514</b>	<b>0.131</b>	<b>0.142</b>	<b>0.675</b>

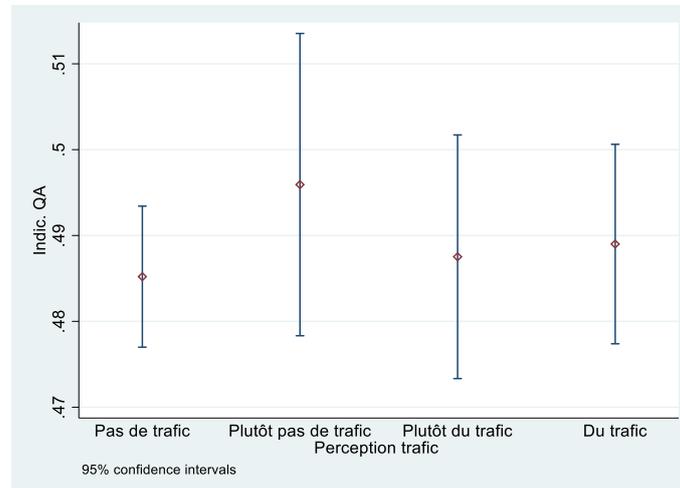
*Source : Auteur*

*Tableau 24 Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception de trafic en Belgique en 2017*

Les moyennes du niveau de la QA varient entre 0.485 pour les individus percevant pas de trafic et 0.496 pour ceux qui ne perçoivent plutôt pas de trafic. Au total, l'indicateur de qualité de l'air est de 0.488. Pour 3 des 4 groupes, la valeur de la médiane est quelque peu plus élevée que la moyenne, ce qui suggère une distribution quelque peu excentrée vers les valeurs les plus hautes de l'indicateur de QA.

Les écarts-types varient avec la plus faible variabilité pour les personnes percevant du trafic et la plus grande variabilité pour les gens ne percevant pas de trafic.

Pour examiner la distribution des valeurs moyennes de l'indicateur de la QA des différents groupes, nous regardons le graphique de barres d'erreur ci-dessous.



Source : Auteur

Figure 11 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception de trafic en Belgique (2017)

Dans un intervalle de confiance de 95%, nous pouvons affirmer que la vraie valeur de la moyenne pour les gens percevant du trafic se situe entre 0,478 et 0,51. L'intervalle le plus restreint est celui des gens percevant beaucoup de pollution; ceci est dû au grand nombre d'individus qui composent ce groupe et possède donc moins d'erreur type.

On constate que tous les intervalles se chevauchent, ce qui engendre que la plupart des groupes possèdent des valeurs moyennes possiblement identiques.

#### Normalité et homogénéité des variances

Afin de vérifier les hypothèses de normalité et d'égalité des variances, l'histogramme de l'indicateur de la QA est dessiné pour chaque niveau de perception (cf. **Figure 7**) et un test de Bartlett est effectué.

L'hypothèse de normalité est asymptotiquement assumée au vu du grand nombre d'observations.

L'hypothèse nulle ( $H_0$ ) du teste de Bartlett est que les variances des groupes sont homogènes.

La statistique du test est de 2.77. Le test n'est pas significatif au seuil de 10%. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les variances sont homogènes. Ces variances sont considérées comme semblables.

Les deux hypothèses sont vérifiées ; le test ANOVA peut ainsi donc être effectué.

### Résultat d'ANOVA

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F
	SS	df	MS		
Between groups	.00880004	3	.002933347	0.17	0.9190
Within groups	35.3705033	2008	.017614792		
Total	35.3793034	2011	.017592891		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(3) = 2.7790$  Prob> $\chi^2 = 0.427$

Source : Auteur

La moyenne des carrés (mean of squared – MS) est calculée pour les deux effets en divisant la somme des carrés par le degré de liberté associé. La moyenne des carrés inter-groupes est égale à  $0,0088 / 3 = 0.0029$ . La moyenne des carrés intra-groupe est égale à  $35.37/2008 = 0.0176$ . La statistique F est le rapport de la somme des carrés moyens inter et intra-groupes, et est égal à  $0,0029/0.0176 = 0,17$ .

La probabilité de rejeter  $H_0$  alors que  $H_0$  (p-valeur) est vrai est de 91.90%. Elle est plus grande que le seuil de 5%. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est non rejetée au seuil de 10%. Il est donc fort probable que le niveau de pollution moyen au sein de chaque niveau de perception du trafic soit le même dans la population. Les paires de moyennes sont similaires entre elles.

#### *c. Perception des espaces verts et indicateur*

**La variable indépendante** sera la perception de pollution selon que les individus jugent leur environnement comprenant des espaces verts (EV), plutôt des EV, plutôt pas des EV ou pas d'EV (4 catégories). « Sans avis » est enlevé.

**La variable dépendante** sera l'indicateur de la Qualité de l'Air (QA) au niveau communal en Belgique pour l'année 2017.

#### *Statistiques descriptives :*

Par le biais des statistiques descriptives, regardons dans un premier temps les moyennes, écarts-types, observation minimum et maximum de l'indicateur de la QA pour chaque groupe.

**Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception d'espaces verts  
(Belgique, 2017)**

	Observ.	Moyenne	Médiane	s.e.	Min	Max
<b>Perception espaces verts</b>						
<i>Des espaces verts</i>	1659	0.488	0.51	0.133	0.14	0.68
<i>Plutôt des EV</i>	108	0.522	0.56	0.111	0.22	0.68
<i>Plutôt pas des EV</i>	117	0.462	0.46	0.114	0.22	0.66
<i>Pas d'espaces verts</i>	134	0.493	0.52	0.124	0.17	0.68
<b>Total</b>	<b>2022</b>	<b>0.488</b>	<b>0.51</b>	<b>0.131</b>	<b>0.14</b>	<b>0.68</b>

*Source : Auteur*

*Tableau 25 Indicateur annuel moyen de pollution par catégorie de perception d'EV en Belgique en 2017*

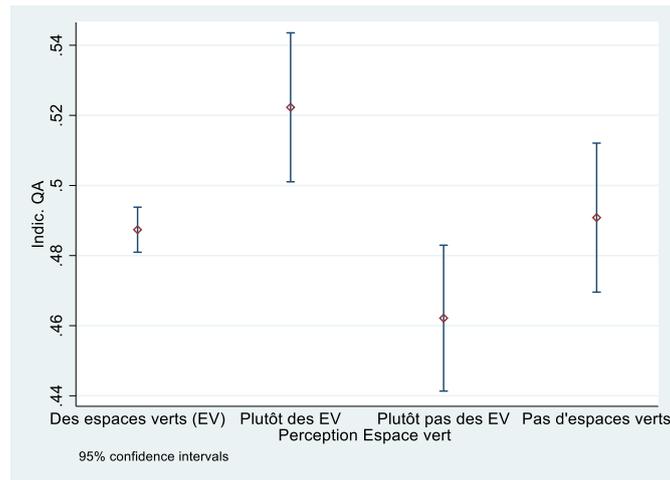
Les moyennes du niveau de la QA varient entre 0.462 pour les individus percevant plutôt pas d'espaces verts et 0.493 pour ceux qui ne perçoivent pas d'espaces verts. Au total, l'indicateur de qualité de l'air est de 0.488.

Pour 3 des 4 groupes, la valeur de la médiane est un peu plus élevée que la moyenne, ce qui suggère une distribution quelque peu asymétrique tendant vers les valeurs les plus hautes de l'indice de QA.

Les écart-types varient avec la plus faible variabilité pour les personnes percevant plutôt des EV et la plus grande variabilité pour les gens percevant des EV.

Pour examiner la distribution des valeurs moyennes de l'indicateur de la QA des différents groupes, nous regardons le graphique de barres d'erreur ci-dessous.

Dans un intervalle de confiance de 95%, nous pouvons affirmer que la vraie valeur de la moyenne pour les gens percevant leur environnement sans EV se situe entre 0,47 et 0,51. L'intervalle le plus restreint est celui des personnes percevant leur environnement avec des EV ; ceci est dû au grand nombre d'individus qui composent ce groupe et possède donc moins d'erreur type.



Source : Auteur

Figure 12 Barres d'erreurs des moyennes de l'indicateur de QA par catégorie de perception d'EV en Belgique (2017)

On constate que presque tous les intervalles se chevauchent, ce qui signifie que la plupart des groupes possèdent des valeurs moyennes possiblement identiques.

Seules les personnes percevant leur environnement comme étant sans EV et plutôt pas d'EV ont des valeurs qui ne se chevauchent pas, donc les valeurs possibles comprises dans l'intervalle de confiance ne sont pas partagées.

#### Normalité et homogénéité des variances

Afin de vérifier les hypothèses de normalité et d'égalité des variances, l'histogramme (cf. **Figure 8**) de l'indicateur de la QA est dessiné pour chaque niveau de perception et un test de Bartlett est effectué.

L'hypothèse de normalité est asymptotiquement assumée au vu du grand nombre d'observations.

L'hypothèse nulle ( $H_0$ ) du test de Bartlett est que les variances des groupes sont homogènes.

Celui-ci n'est pas significatif au seuil de 5% : la statistique du test chi(3) est de 5.33 et la p-valeur de 14,9%. Ce test ne rejette pas l'hypothèse de variance homogène.

Les deux hypothèses sont vérifiées ; le test ANOVA peut être effectué.

#### Résultat d'ANOVA

Source	Analysis of Variance			F	Prob > F
	SS	df	MS		
Between groups	.131631675	3	.043877225	2.51	0.0572
Within groups	35.047862	2004	.017488953		
Total	35.1794937	2007	.017528397		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(3) = 5.3322$  Prob> $\chi^2 = 0.149$

La moyenne des carrés (mean of squared – MS) est calculée pour les deux effets en divisant la somme des carrés par le degré de liberté associé. La moyenne des carrés inter-groupes est égale à  $0,1316 / 3 = 0.0438$ . La moyenne des carrés intra-groupe est égale à  $35.04/2004 = 0.0175$ . La statistique F est le rapport de la somme des carrés moyens inter et intra-groupes, et est égale à  $0.0438/0.0175 = 2.51$ .

La probabilité de  $H_0$  alors que  $H_0$  (p-valeur) est vrai est de 5.72 %. Elle est plus petite que le seuil de 10%. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est rejetée au seuil de 10% . Il est peu probable que le niveau de pollution au sein de chaque niveau de perception soit le même dans la population. Au moins une paire de moyennes est différente des autres.

Afin de déterminer quelle(s) paire(s) de moyennes ne sont pas égales, un test post-hoc est effectué avec la comparaison de Bonferroni.

#### Tests a posteriori : comparaison des paires de moyennes

Comparison of Indic. QA by Perception Espace vert (Bonferroni)			
Row Mean- Col Mean	Des espa	Plutôt d	Plutôt p
Plutôt d	.030253 0.128		
Plutôt p	-.016948 1.000	-.047201 0.045	
Pas d'es	.001357 1.000	-.028896 0.551	.018305 1.000

La différence est significative entre plutôt des espaces verts et plutôt pas d'espaces verts au seuil de 5%. Il n'existe aucune autre différence de moyenne qui dépasse le seuil de 5%.

#### Tests a posteriori : Taille de l'effet

$$r = \sqrt{\frac{\text{Somme des carrés inter - groupe}}{\text{Somme totale des carrés}}}$$

Il s'agit de la proportion de variance expliquée ( $R^2$ ) par la variable indépendante. Dans notre cas, la statistique  $r = 0.0612$ . L'effet est donc considéré de petite taille.

## Annexe F : Tableau de synthèse des résultats d'analyse de la variance

Tableau 26 Analyse de la variance : différence entre les niveaux perception de pollution et la moyenne des pollutions

Population A	Population B	Variances égales p-valeur	One-way ANOVA p-valeur	seuil RH <sub>0</sub>
Indic. QA	Perception poll.	0.246	0.1645	<0.05
Indic. QA	Perception trafic	0.427	0.9190	<0.05
Indic. QA	Perception EV	0.239	0.0068	<0.05
PM <sub>10</sub>	Perception poll.	0.1	0.8472	<0.05
PM <sub>10</sub>	Perception trafic	0.98	0.9836	<0.05
PM <sub>10</sub>	Perception EV	0.919	0.0782	<0.1
NO <sub>x</sub>	Perception poll.	0	0	<0.05
NO <sub>x</sub>	Perception trafic	0.003	0	<0.05
NO <sub>x</sub>	Perception EV	0	0	<0.05
O <sub>3</sub>	Perception poll.	0.001	0	<0.05
O <sub>3</sub>	Perception trafic	0.934	0	<0.05
O <sub>3</sub>	Perception EV	0.796	0	<0.05

N = 2022

\*si p-valeur > 0.05 : NRH<sub>0</sub>

- Variance Homogène
- Moyennes similaires

\*si p-valeur < 0.05 : NRH<sub>0</sub>

- Variances hétérogènes
- Au moins une paire de moyennes diffère