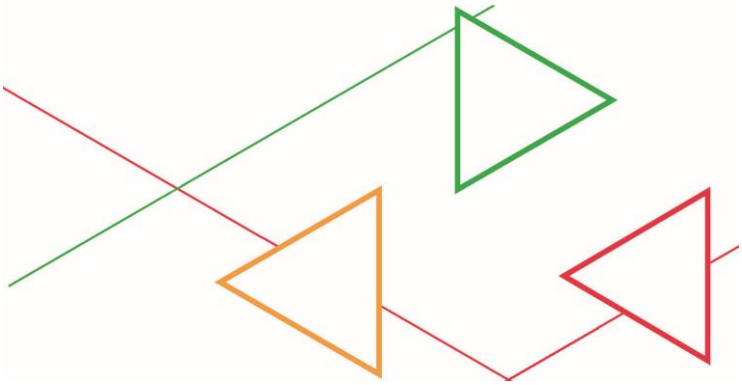
Etude d'impact environnemental d'implantation de deux zones basses émissions sur le territoire wallon

2ZBE

–

RAPPORT FINAL
Septembre 2020

Projet réalisé dans le cadre de la mise en œuvre du plan ENVIeS (Action I-1-8) et du décret relatif à la lutte contre la pollution atmosphérique liée à la circulation des véhicules thermiques du 17 janvier 2019



Rapport final n° 2020-04972 – 2ZBE
Institut Scientifique de Service Public – www.issep.be

Wallonie

Etude d'impact environnemental d'implantation de deux zones basses émissions sur le territoire wallon

2ZBE

Durée du projet	Du 01/01/2019 au 31/12/2019
Membres d'équipe du projet	Benjamin Bergmans (Cellule Emissions) Marie Dury (Cellule Qualité de l'Air) Nicolas Fernemont (Cellule Qualité de l'Air) Fabian Lenartz (Cellule Qualité de l'Air) Didier Muck (Cellule Qualité de l'Air) Pierre Crespin (Cellule Qualité de l'Air)
Personnes de contact	Benjamin Bergmans – b.bergmans@issep.be Marie Dury – m.dury@issep.be

Table des matières

Table des matières 3
Liste des abréviations 6
Préambule 7
Résumé 8
Abstract 9
Synthèse du projet 10
1 Introduction 11
1.1 Pollution atmosphérique et santé 11
1.2 Décret wallon 15
1.3 Parc wallon 16
1.4 Etude d'impact environnemental 2ZBE 22
2 Mesures 23
2.1 Polluants 23
2.1.1 Dioxyde d'azote 23
2.1.1.1 Instrument 23
2.1.1.2 Campagne de mesures et résultats à Eupen 24
2.1.1.3 Campagne de mesures et résultats à Namur 27
2.1.2 Carbone noir 30
2.1.2.1 Instrument 31
2.1.2.2 Campagne de mesures et résultats à Eupen 32
2.1.2.3 Campagne de mesures et résultats à Namur 36
2.1.3 Particules fines 39
2.1.3.1 Instrument 39
2.1.3.2 Campagne de mesures et résultats à Namur 39
2.1.4 Mini-stations Antilopes 40
2.1.4.1 Instrument 40
2.1.4.2 Campagne de mesures 40

2.2 Trafic 42
2.2.1 Comptages 42
2.2.1.1 Instrument 42
2.2.1.2 Campagnes de mesures 42
2.2.2 Floating car data 44
2.2.3 Résultats 45
3 Modélisation 49
3.1 Modèle 49
3.2 Données d'entrée et sorties du modèle 51
3.3 Projections de la situation actuelle à Eupen 53
3.3.1 Concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) 53
3.3.2 Concentrations en *black carbon* (BC) 56
3.3.3 Concentrations en particules fines 57
3.4 Projections de la situation actuelle à Namur 59
3.4.1 Concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) 59
3.4.2 Concentrations en *black carbon* (BC) 62
3.4.3 Concentrations en particules fines 64
3.5 Projections de l'impact d'une ZBE 66
3.5.1 Renouvellement du parc 66
3.5.2 Réduction des émissions 68
3.5.3 Impact potentiel sur les concentrations en polluants à Eupen 70
3.5.4 Impact potentiel sur les concentrations en polluants à Namur 75
4 Discussion des Résultats 80
4.1 Mesures 80
4.2 Emissions 80
4.2.1 Evolution des émissions dans une ZBE communale wallonne 80
4.2.2 Résultats des autres ZBE belges 81
4.3 Concentrations 84
4.3.1 Evolution des concentrations dans une ZBE communale wallonne 84
4.3.2 Résultats des autres ZBE européennes et belges 85

4.4 Emprise des ZBE 89
4.4.1 Eupen 89
4.4.2 Namur 92
4.5 Autres options 95
4.6 Poursuite des mesures en 2020 et les mesures de confinement 97
5 Conclusions et perspectives 99
5.1 Conclusions générales 99
5.2 Perspectives 103
5.3 Une suite avec EDIT, une Etude Dynamique Intelligente du Trafic 103
5.3.1 Le projet PEMSWALL 106
Coordination et communication 107
Références 109
Remerciements 110
Liste des annexes 111
Annexe 1 – Normes de qualité de l'air de l'UE et lignes directrices de l'OMS 112
Annexe 2 – Inventaire d'émissions par secteurs 113
Annexe 3 – Caractérisation du parc wallon 116
Annexe 4 – Zones basses émissions en Europe 117
Annexe 5 – Zones basses émissions belges 118
Annexe 6 – Campagnes NO_2 122
Annexe 7 – Mesures du carbone noir 125
Annexe 8 – Mesures du carbone noir en 2020 130
Annexe 9 – Guide d'utilisation des radars TMS-SA 134
Annexe 10 – Comptages trafic 144
Annexe 11 – Projections des concentrations en NO_2 au cours de la journée (de 6h à 20h) en 2018. 146
Annexe 12 – Projections des concentrations en NO_2 avec une ZBE 152
Annexe 13 – Projections des concentrations en des $PM_{2.5}$ et PM_{10} avec une ZBE 155

Liste des abréviations

AwAC : Agence wallonne de l'Air et du Climat
BC : carbone noir (*black carbon* en anglais)
CELINE (IRCEL) : Cellule Interrégionale de l'Environnement
DIV : Division Immatriculation des Véhicules
IBGE : Institut bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
ISSeP : Institut Scientifique de Service Public
LEZ : Low emission zone
NO_x : oxydes d'azote
NO_2 : dioxyde d'azote
OMS: Organisation Mondiale de la Santé
PACE 2030 : Plan Air Climat Énergie à l'horizon 2030
PM_{10} : particules dont le diamètre est < 10 micromètres (*particulate matter* en anglais)
$PM_{2.5}$: particules dont le diamètre est < 2,5 micromètres (*particulate matter* en anglais)
VITO : Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMM : Vlaamse Milieumaatschappij
ZBE : zone basses émissions

Préambule

Le présent document a été réalisé dans le cadre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'ISSeP, en vertu des dispositions prises dans le plan ENVIeS. La responsabilité de l'ISSeP ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tout fait équivalent relatif aux informations utilisées. L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'ISSeP ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'ISSeP d'actualiser ce document après cette date. Au vu des missions qui lui incombent, l'ISSeP n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'ISSeP dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'ISSeP ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Ce rapport ne peut être reproduit sinon en entier. Toute exploitation de ce document donnant lieu à une publication scientifique est conditionnée à l'accord préalable de l'équipe du projet. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'ISSeP dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Référencement : ISSeP (2020), Rapport final de l'étude ENVIeS sur l'impact environnemental d'implantation de deux zones basses émissions sur le territoire wallon (2ZBE), n° de rapport 2020-04972

Résumé

Afin d'améliorer la qualité de l'air, le Parlement wallon a adopté en janvier 2019 un décret relatif à la lutte contre la pollution atmosphérique liée à la circulation des véhicules. Une des mesures de ce décret est la possibilité donnée aux communes d'instaurer des zones basses émissions sur leur territoire. A l'intérieur de ces zones, l'accès aux véhicules les plus polluants sera progressivement interdit à partir de 2020 en fonction du type de motorisation (normes d'émissions européennes) et du type de carburant utilisé.

Deux communes, Eupen et Namur, ont été sélectionnées comme villes test pour une étude de modélisation de l'impact de l'implantation de zones basses émissions sur les concentrations en polluants (dioxyde d'azote (NO_2), particules fines (PMx) et carbone noir (*black carbon,* BC). La cellule Qualité de l'Air de l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) a été chargée de mener cette étude qui s'est déroulée de mars à décembre 2019.

En concertation avec les autorités communales, des campagnes de comptage du trafic, à l'aide de radars, ont été réalisées sur les réseaux routiers communal et régional pour compléter les données existantes. Des données spatialisées de mobilité obtenues par le positionnement GPS des véhicules (*floating car data*), acquises par le SPW-MI, ont permis, après calibration, d'étendre les données à l'ensemble du réseau routier des deux communes. Des mesures de concentrations en différents polluants ont été effectuées à l'aide d'une série d'aéthalomètres (pour le carbone noir), de tubes passifs (pour le NO_2) et de mini-stations (pour le NO_2 et les $PM_{2.5}$) distribués dans les deux communes.

A partir des données trafic et de facteurs d'émissions spécifiques aux catégories de véhicules et au mode de conduite, des émissions polluantes ont été affectées à chaque tronçon routier. Ces émissions ont servi à alimenter le modèle de dispersion atmosphérique ATMO-Street. Ce modèle permet de simuler la dispersion des polluants à partir des sources d'émissions (*i.e.*, le réseau routier). Le modèle tient également compte de la configuration géographique des lieux (hauteur du bâti) et des conditions atmosphériques (vent, température, …), pouvant engendrer une mauvaise dispersion et donc localement une accumulation des polluants (effet canyon). Les concentrations en polluants sont ensuite calculées en différents points du territoire étudié et ensuite interpolées pour l'ensemble de la zone. Une projection de l'état actuel de la qualité de l'air dans les deux communes a été réalisée et validée avec les mesures de concentrations en polluants enregistrées durant les campagnes de mesures ISSeP. A partir de cette situation présente, des scénarios de réductions des émissions correspondant au calendrier communal d'interdiction de véhicules ont été examinés afin d'estimer l'impact sur les concentrations en polluants.

Abstract

In order to improve air quality, Walloon Parliament has adopted a decree in January 2019 describing a list of proposed actions on automotive vehicles to improve urban air quality. The flagship measure of this decree is the possibility for municipalities to establish low emission zones on their territory. Within these low emission zones, access to the most polluting vehicles will be banned in several phases, depending on their engine type (Euro norm) and fuel type.

Two candidate municipalities, Eupen and Namur, were selected as demonstration cities. This paper presents the result of a modelling study on the potential improvement of urban air quality by establishing of a low emission zone on their area. Nitrogen dioxide (NO_2), particulate matter (PM_x) and black carbon (BC) are the pollutants investigated. The Air Quality Unit of the Scientific Institute of Public Service (ISSeP) was commissioned to conduct this study, which ran from March to December 2019.

In collaboration with the two municipal authorities, traffic counting campaigns, using radars, were carried out on the municipal, but also regional road networks to supplement existing data. Geolocation mobility data obtained by the navigation system of vehicles (floating car data), acquired by the SPW-MI, have allowed, after calibration, to extend the data on the entire municipal road network. Pollutants concentration measurements were performed using a series of aethalometers (black carbon), passive tubes (NO_2) and low-cost mini-stations (NO_2 and $PM_{2.5}$) spread on the territory of the two municipalities.

Based on traffic data and specific emission factors established by using vehicle categories and local driving conditions, emissions of the various pollutants were allocated to each stretch of road. These emissions were used as entry of the ATMO-Street atmospheric dispersion model, previously used to objectify the impact of low emission zones in Antwerp and Brussels. This model simulates the dispersion of pollutants from emission sources (*i.e.*, road network). This model also takes into account the geographical configuration of the location (height of the building) and atmospheric conditions (wind, temperature ...), which can lead to poor dispersion and therefore a local accumulation of pollutants (canyon effect). The concentrations of pollutants were then calculated at different points of the studied zone and then interpolated for the entire area. A projection of the current state of air quality in the two municipalities has been established. Result has been validated using real pollutant concentrations recorded during the ISSeP measurement campaigns. Based on the present situation, emission reduction scenarios corresponding to the municipal vehicle ban calendar were examined to estimate the potential of pollutant reduction in the two municipalities.

Synthèse du projet

FINANCEMENT SPW-ARNE DANS LE CADRE DE LA MISE EN ŒUVRE DU PLAN ENVIES – ACTION I-1-8

BUDGET : 200.000 **€**

PARTENAIRES :

- AwAC (Agence wallonne de l'Air et du Climat)
- DGO1 et DGO2 (SPW Mobilité et Infrastructures)
- DGO3 CPES (Cellule permanente environnement-santé)
- UWVC (Union des Villes et Communes de Wallonie)
- CRC-W (Centre régional de crise)

DURÉE DU PROJET : 12 MOIS

DATE DE DÉMARRAGE DU PROJET : 01/01/2019

1 Introduction

Après une première partie introductive, le rapport se structure comme suit. Dans le volet « Mesures », nous présentons les résultats des campagnes de mesures (de polluants et de trafic) qui ont été réalisées, durant le projet, pour compléter les données existantes (elles-mêmes collectées pour 2ZBE). Une description des polluants étudiés et des instruments utilisés est notamment donnée. Dans la section « Modélisation », le modèle de dispersion atmosphérique ATMO-Street et les données d'entrée nécessaires sont brièvement décrits. Les projections, à l'échelle des communes, des concentrations actuelles et attendues avec la mise en place d'une ZBE sont présentées. Ces projections wallonnes sont ensuite discutées à la lumière des projections et premiers bilans des ZBE européennes (annexe 4) et surtout belges (à Anvers et à Bruxelles, annexe 5) déjà en place. Enfin, le rapport se termine avec les conclusions générales et perspectives du projet.

1.1 Pollution atmosphérique et santé

La pollution atmosphérique constitue la première cause environnementale de décès prématurés en Europe avec plus de 400 000 victimes par an. Le tableau 1 présente les dernières estimations de l'Agence Européenne de l'Environnement pour 2016 (EEA, 2019). En Belgique, un peu moins de 10 000 personnes meurent prématurément chaque année à cause de la pollution atmosphérique. Une exposition prolongée aux polluants atmosphériques, particulièrement les particules fines (en anglais *particulate matter*, PM), le dioxyde d'azote (NO_2) et l'ozone (O_3), constitue en effet une lourde charge sur les organismes humains (annexe 1) et sur les écosystèmes.

Tableau 1 – Estimation des décès prématurés attribuables à l'exposition aux particules fines (PM2.5), au dioxyde d'azote (NO_2) et à l'ozone (O_3) en Belgique et en Europe en 2016.

Pays	$PM_{2.5}$	O_3	NO_2
Belgique	7 600	180	1 600
UE-28	374 000	14 000	68 000
41 pays européens	412 000	15 100	71 000

https://www.eea.europa.eu

Les particules en suspension dans l'air (quelques jours à quelques années) et les substances toxiques qu'elles véhiculent pénètrent plus ou moins profondément selon leur taille dans l'appareil respiratoire et induisent des effets nocifs sur la santé (développement essentiellement de maladies respiratoires et cardio/vasculaires mais aussi des cancers). Les particules fines $PM_{2.5}$, particules inférieures à 2,5 µm, constituent une fraction des émissions totales de particules. Les émissions de

NO_2 sont également nocives pour la santé. Il s'agit de polluants acidifiants et de précurseurs de particules et d'ozone. Les impacts de ces polluants sur les écosystèmes sont une eutrophisation (excès d'azote) et/ou une acidification du milieu qui se traduisent par une croissance limitée de la végétation et/ou une perte de biodiversité. L'ozone avec son fort pouvoir oxydant est également néfaste pour la santé et les écosystèmes.

En Wallonie, comme dans beaucoup d'autres régions, on enregistre encore des concentrations élevées en certains polluants qui ne respectent pas les valeurs limites fixées par l'Union européenne (annexe 1). L'amélioration de la qualité de l'air fait par conséquent partie des objectifs du nouveau Plan Air Climat Énergie à l'horizon 2030 (PACE 2030), à côté de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la diminution de notre consommation énergétique. L'objectif final est de réduire d'environ 50 % la mortalité prématurée et de mieux protéger les écosystèmes à l'horizon 2030.

En matière de qualité de l'air, le PACE 2030 décrit les politiques et mesures permettant d'atteindre les objectifs fixés par la Directive européenne NEC 2016/2284 concernant la réduction des émissions (anthropiques) nationales de certains polluants atmosphériques (dioxyde de soufre (SO_2), oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ammoniac (NH_3) et de particules fines ($PM_{2.5}$)).

Ces politiques visent notamment une meilleure gestion de la production et de l'utilisation de l'énergie, y compris pour le chauffage résidentiel et tertiaire, ainsi que l'amélioration de la gestion des transports et de la mobilité. Avec l'agriculture, l'énergie et le transport sont effectivement des sources majeures d'émissions polluantes (*cfr* section suivante).

L'instauration de zones basses émissions (ZBE) fait aussi partie des mesures du PACE 2030 en matière de transport. Ainsi, le Parlement wallon a adopté le décret du 17 janvier 2019 relatif à la lutte contre la pollution atmosphérique liée à la circulation des véhicules. Un des objectifs recherchés lors de la mise en œuvre d'une zone basses émissions est le renouvellement des véhicules les plus anciens afin de réduire les émissions polluantes provenant du trafic routier et améliorer la qualité de l'air. Ainsi, dans ce rapport, seuls les polluants qui sont associés au transport routier sont considérés : les NO_x, les particules fines (PM_{10}[1] et $PM_{2.5}$) et le carbone noir[2] (BC).

En 2017, les émissions atmosphériques wallonnes de NO_x issues des activités humaines s'élevaient à 67.1 kt (PACE 2030). Ces émissions de NO_x sont causées par la combustion de combustibles ou carburants fossiles. En Wallonie, les principales sources sont le transport routier (48 %), les secteurs industriels (cimenteries, verreries, chimie…) (27 %), l'agriculture (14 %), le chauffage résidentiel (5 %) et la production d'énergie (4 %) (PACE 2030, figure 1). Entre 2005 et 2017, les émissions de NO_x ont diminué de 48,1 % (annexe 2) grâce à des technologies low NO_x dans les secteurs industriels et la

[1] Particules inférieures à 10 µm.
[2] Le carbone noir ou carbone suie (BC), en anglais *black carbon*, est composé de particules très fines (inférieures à 2,5 µm) et carbonées, qui constituent une sous-catégorie des particules fines.

production d'énergie, des fermetures d'entreprises, la pénétration du gaz comme source d'énergie et l'amélioration des normes des véhicules, malgré les pratiques controversées de certains constructeurs automobiles.

En 2017, les émissions wallonnes de $PM_{2.5}$ étaient de 10.21 kt dont 63 % proviennent du chauffage résidentiel, essentiellement du bois de chauffage sous toutes ses formes (PACE 2030, figure 1). Le reste des émissions provient des activités industrielles (essentiellement émissions diffuses dans les carrières et les cimenteries) (17 %), du transport routier (combustion du diesel, usure des freins, des pneus et des routes) (13 %) et de l'agriculture (élevage, culture des sols, récolte…) (3 %). Les émissions de $PM_{2.5}$ ont diminué de 32.9 % en Wallonie entre 2005 et 2017, et ce malgré la hausse des émissions du secteur résidentiel (chauffage au bois) (annexe 2). Les réductions proviennent des secteurs industriels (installation de systèmes de filtration plus performants et fermeture d'entreprises), du domaine de l'énergie (remplacement des combustibles solides par le gaz naturel et par des sources d'énergie renouvelable, autres que la biomasse) et du domaine du transport (normes EURO plus sévères pour les nouveaux véhicules). Ce sont les $PM_{2.5}$ qui font l'objet d'un objectif de réduction dans la directive NEC, car elles sont particulièrement toxiques pour le système cardio-vasculaire. Selon l'OMS, il n'y a pas de norme en-dessous de laquelle elles ne sont pas toxiques. Le chauffage domestique est aussi le plus grand émetteur de particules PM_{10} avec 43 % des émissions totales (figure 1). Ce pourcentage plus faible que pour les $PM_{2.5}$ s'explique par une part plus grande de l'agriculture mais surtout de l'industrie dans les émissions de PM_{10}. La part du transport est la même que pour les $PM_{2.5}$.

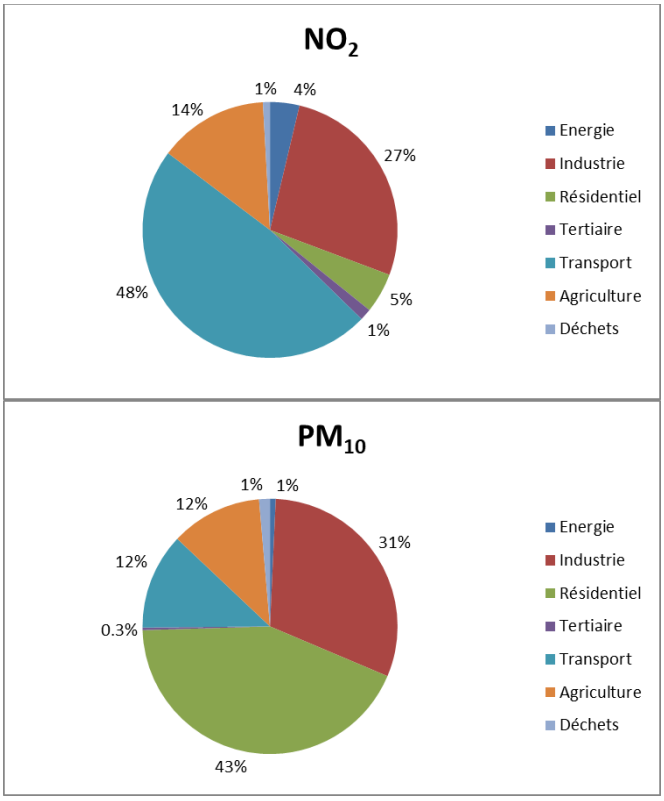


Figure 1 – Emissions de polluants atmosphériques (NO_x, PM_{10} et $PM_{2.5}$) par secteur en Wallonie en 2017 (AwAC).

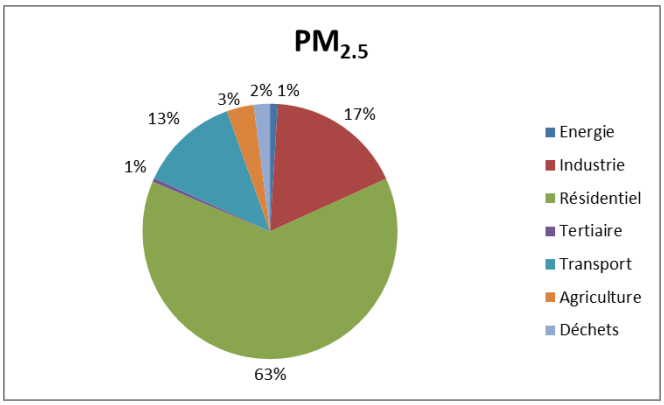


Figure 1 – (suite).

Les émissions wallonnes de carbone noir proviennent essentiellement du transport, en particulier des véhicules diesel, et du chauffage (AwAc 2018a, figure 2). Au début des années 2000, le secteur du transport était clairement le plus gros émetteur, mais ses émissions BC n'ont cessé de diminuer grâce aux filtres à particules. Depuis 2016, c'est le secteur résidentiel le secteur qui est le plus problématique à cause du chauffage au bois. Le *black carbon* est soumis à surveillance par la directive NEC, pour son impact particulièrement néfaste sur la santé (maladies respiratoires/cardio-vasculaires et cancers), sans pour autant être soumis à un objectif de réduction. Avec sa couleur noire qui absorbe le rayonnement lumineux, il constitue aussi un forceur climatique à courte durée de vie et a donc un impact négatif sur le climat.

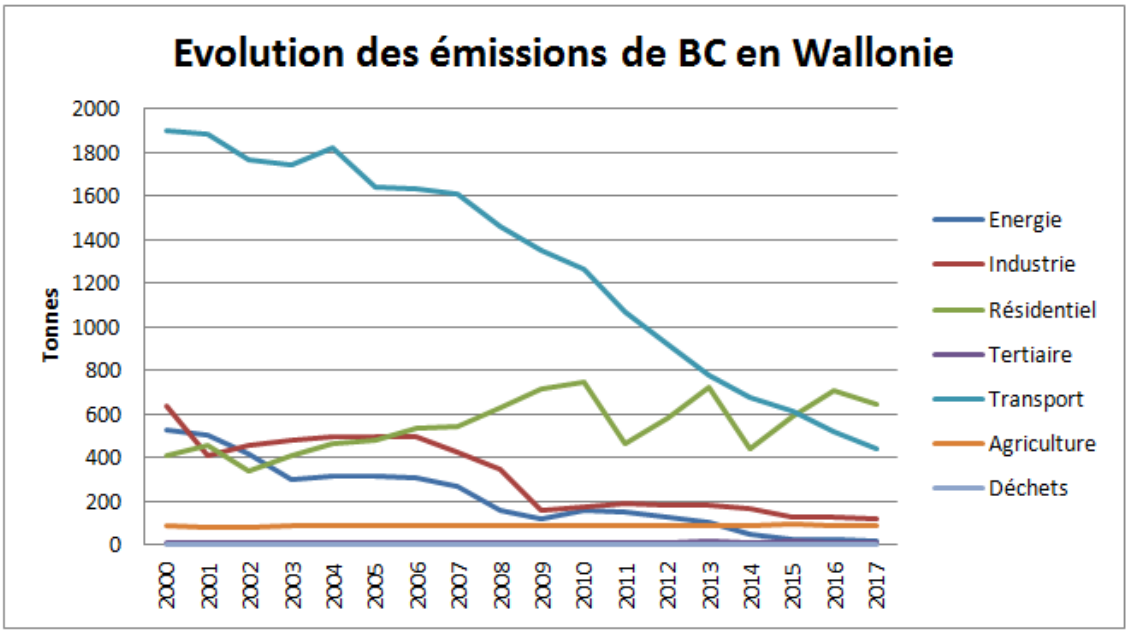


Figure 2 – Evolution des émissions de BC par source d'émission en Wallonie (AwAC).

1.2 Décret wallon

Le 17 janvier 2019 le gouvernement wallon a adopté un décret relatif à la lutte contre la pollution atmosphérique liée à la circulation des véhicules (décret 2019/200758). Ce décret instaure l'implantation d'une zone de basses émissions sur l'ensemble du territoire wallon à partir du 1er janvier 2023.

Une zone de basses émissions (ZBE), en anglais *Low Emission Zone* (*LEZ*), est une zone dont l'accès aux véhicules motorisés est restreint ou interdit, de manière temporaire ou permanente, en fonction des nuisances environnementales causées par ces véhicules et de la planification prévue. C'est la norme Euro[3] du véhicule qui certifie a priori ses émissions polluantes.

Il est important de rappeler que l'instauration d'une zone basses émissions est une mesure de santé publique qui vise à réduire la pollution atmosphérique liée à la circulation routière et pas une mesure qui est prise pour limiter le réchauffement climatique (dans ce cas, ce sont les gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone CO_2 qui sont ciblés) ni pour régler les problèmes de mobilité.

Dans le cas de la ZBE régionale wallonne, les interdictions ne s'appliquent qu'aux véhicules de catégorie M1 (véhicules à moteur, ayant au moins quatre roues, conçus et construits pour le transport de passagers, et comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum). L'échéancier et les dérogations sont détaillés dans le décret (et sur le site https://www.walloniebassesemissions.be/) et résumés dans le tableau 2. La restriction d'accès dépend du carburant et de la norme Euro (donc de l'âge) du véhicule.

Tableau 2 – Zone basses émissions régionale - Calendrier des restrictions

Interdiction progressive sur l'ensemble du territoire de la Région wallonne.			
Début inter.	**Diesel**	**Essence**	**Année**
01-01-23	Sans norme ou Euro I		< 1996
01-01-24	Euro II		1997 - 2000
01-01-25	Euro III		2001 - 2005
01-01-26	Euro IV		2006 - 2010
01-01-28	Euro V	Autorisé	2011 - 2015
01-01-30	Euro VI*	Autorisé	2015 - 2019
* uniquement EURO 6 concerné, les EURO 6d(-TEMP) non visées à ce jour.			

https://www.walloniebassesemissions.be/

Le calendrier régional touchera des véhicules d'un certain âge (l'âge moyen du parc wallon est de 7 ans ou 84 mois): les véhicules interdits auront au minimum 28 ans en 2023, 24 ans en 2024, 20 ans en 2025, 16 ans en 2026, 13 ans en 2028 et 11 ans en 2030.

[3] Les normes européennes d'émission, dites normes Euro, sont des règlements de l'Union européenne qui fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants.

Le chapitre II du décret donne la possibilité aux communes qui le souhaitent d'aller plus vite et d'instaurer une zone de basses émissions sur leur territoire dès le 1er janvier 2020. Dans une ZBE communale, tous les véhicules de catégories M (véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de passagers et ayant au moins quatre roues, *i.e.*, voitures, minibus, autobus et autocars) et N (véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins quatre roues, *i.e.*, camionnettes et camions), immatriculés en Belgique ou à l'étranger, sont concernés. Ne sont donc pas concernés les véhicules moteurs à deux roues. L'échéancier et les dérogations sont détaillés dans le décret et résumés dans le tableau 3. Ce sont les véhicules diesel qui sont les plus touchés, à commencer par les plus anciens, car ils sont les plus polluants. Les véhicules diesel interdits auront au minimum 10 ans en 2020, 7 ans en 2022 et 6 ans en 2025. Les véhicules essence seront tous plus anciens. Les véhicules utilisés dans le cadre d'un service public de transport dérogent notamment à ces interdictions.

Tableau 3 – Zone basses émissions communale - Calendrier des restrictions

Accès zone basse émission				
Début inter.	**Diesel**	**Essence / CNG / LPG**	**Diesel**	**Essence**
01-01-20	min. Euro IV	min. Euro II	2006 - 2010	1991 - 2000
01-01-22	min. Euro V	min. Euro III	2011 - 2015	2001 - 2005
01-01-25	min. Euro VI	min. Euro IV	2015 - 2019	2006 - 2010

https://www.walloniebassesemissions.be/

Dans le décret, on trouve également une mesure relative à l'extinction des moteurs lorsque le véhicule est à l'arrêt. Des études suisse et anglaise, des estimations du Touring Club de Belgique et des tests au Japon montrent que le gain environnemental et économique est important, car on peut attendre une économie de carburant allant de 3 à 14 %, particulièrement en ville (PACE 2030).

1.3 Parc wallon

En 2017, le parc wallon comptait près de 2,5 millions de véhicules avec 77,1 % de voitures, 11,5 % de véhicules pour le transport de marchandises, 11,1 % de motos et 0,3 % de bus et autocars. Ces chiffres correspondent aux véhicules immatriculés en Wallonie (Division Immatriculation des Véhicules (DIV), 2017). La caractérisation de la flotte qui circule réellement dans la future ZBE régionale ou dans les deux communes tests, Namur et Eupen, est plus difficile à déterminer. La part de voitures diesel reste la plus importante en 2017 avec 57,3 % contre 41,6 % pour celle des voitures à essence, mais elle ne cesse de diminuer depuis 2015 (-7,3 % entre 2015 et 2018, figure 4). La part des autres moteurs (hybrides, CNG, LPG, électriques) dépasse à peine 1 %.

TRAXIO, la fédération du secteur automobile et des secteurs connexes, a réalisé, à la demande de l'ISSeP, une caractérisation du parc auto des deux communes tests du projet 2ZBE, Namur et Eupen, ainsi que du parc auto wallon dans son ensemble. Les chiffres concernent donc uniquement le parc de voitures et ne prennent pas en compte les voitures de leasing et de renting. TRAXIO utilise les

données de la DIV qu'ils adaptent éventuellement. Les figures qui suivent présentent successivement l'évolution entre 2015 et 2018 de l'âge médian des parcs automobiles, la part des différents carburants et la part des voitures qui sont minimum Euro 4 sachant que les diesels Euro 4 ne seront pas interdites en 2020, mais, dans un second temps, en 2022, et que les essences Euro 4 ne seront jamais concernées par les interdictions.

Comparé au parc wallon dont l'âge médian est de 7 ans, Eupen a un parc plus ancien (+4 mois) alors que Namur a un parc plus jeune (-5 mois) (figure 3). La part des véhicules diesel est de 48 % (-8.7 % entre 2015 et 2018) à Eupen (figure 4) et de 53.5 % (-9.6 % entre 2015 et 2018) à Namur (figure 5). En 2018, à Eupen, 18.5 % des diesels et 21.8 % des essences ne répondent pas à la norme Euro 4 (figure 6). A Namur, ces statistiques diminuent respectivement à 10.9 % et 16.9 % (figure 7). L'annexe 3 reprend l'état détaillé fin 2019 du parc automobile à Eupen, à Namur et en Wallonie (TRAXIO).

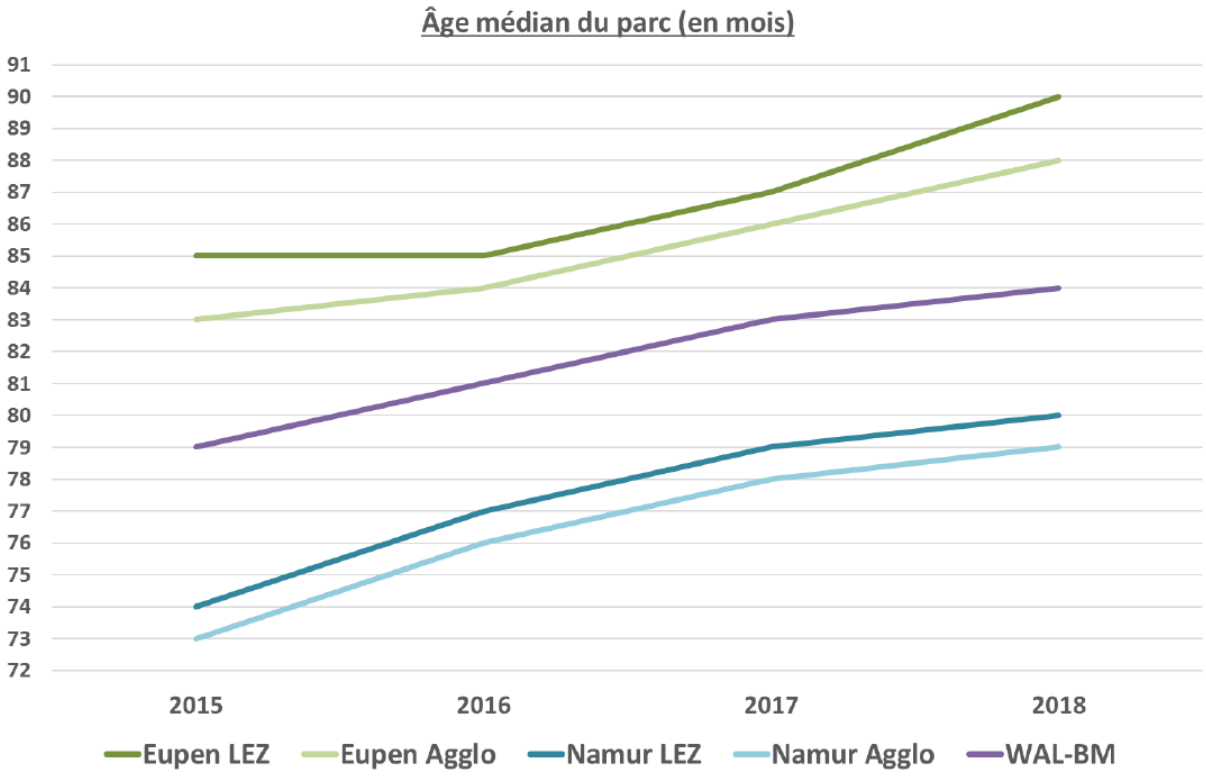


Figure 3 – Âge médian du parc automobile à Eupen, à Namur et en Wallonie (TRAXIO).

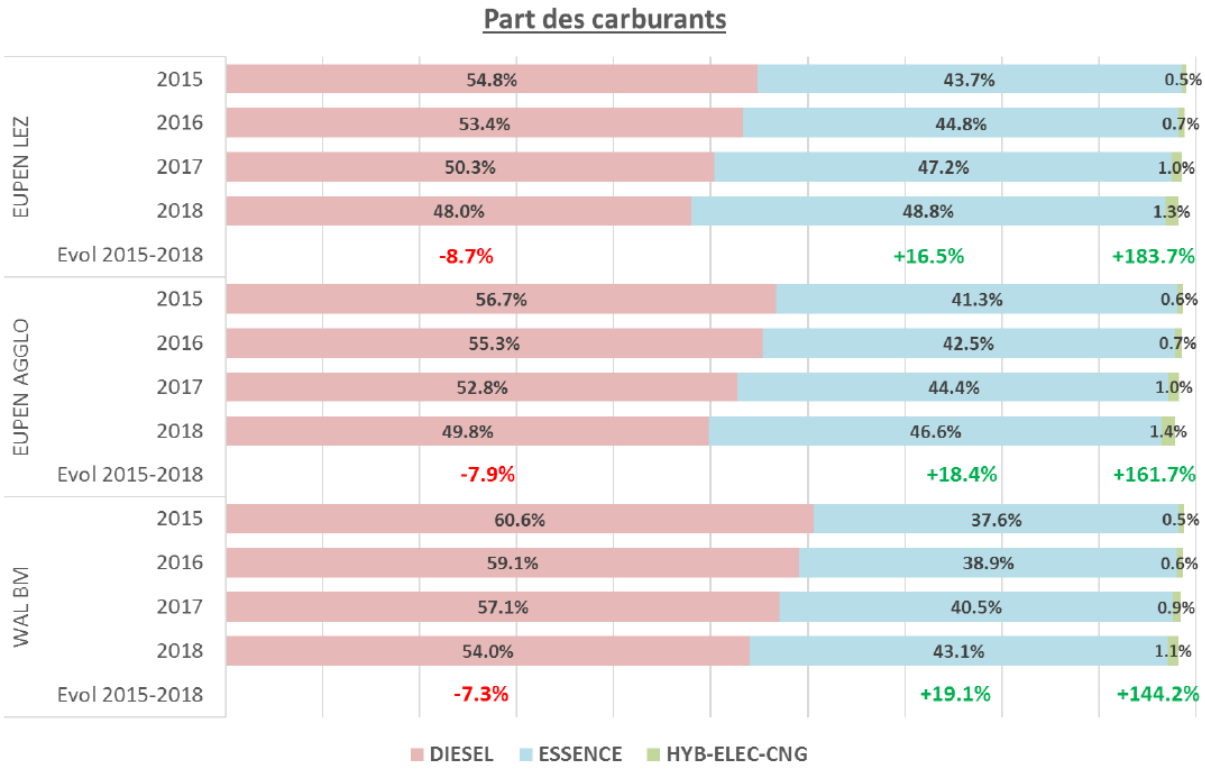


Figure 4 – Part des différents carburants à Eupen et son agglomération (TRAXIO).

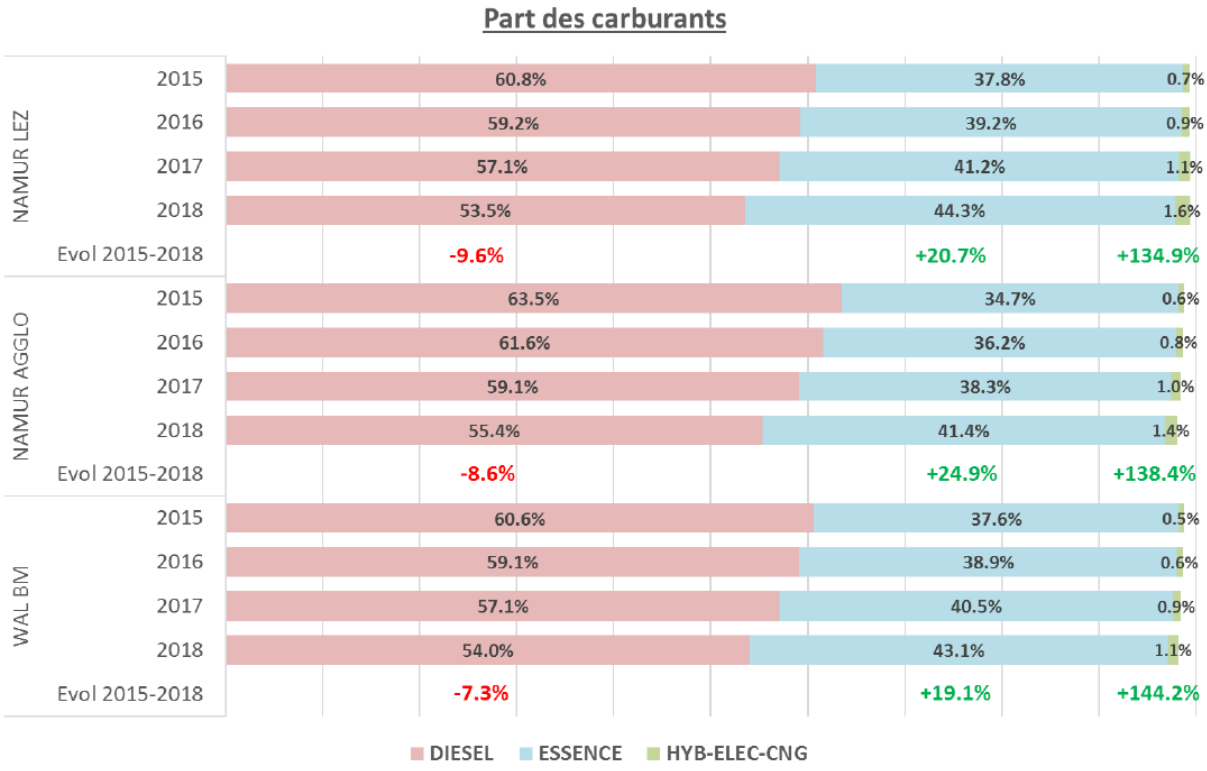


Figure 5 – Part des différents carburants à Namur et son agglomération (TRAXIO).

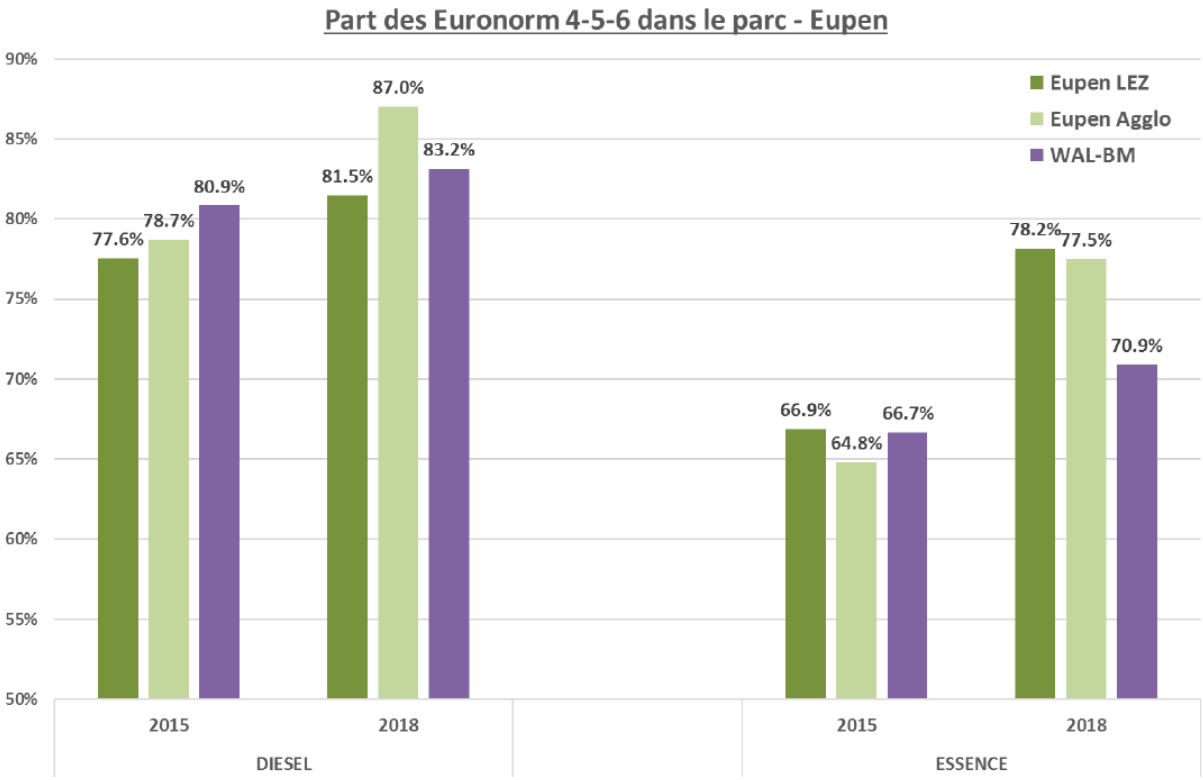


Figure 6 – Part des normes Euro diesel et essence à Eupen et son agglomération (TRAXIO).

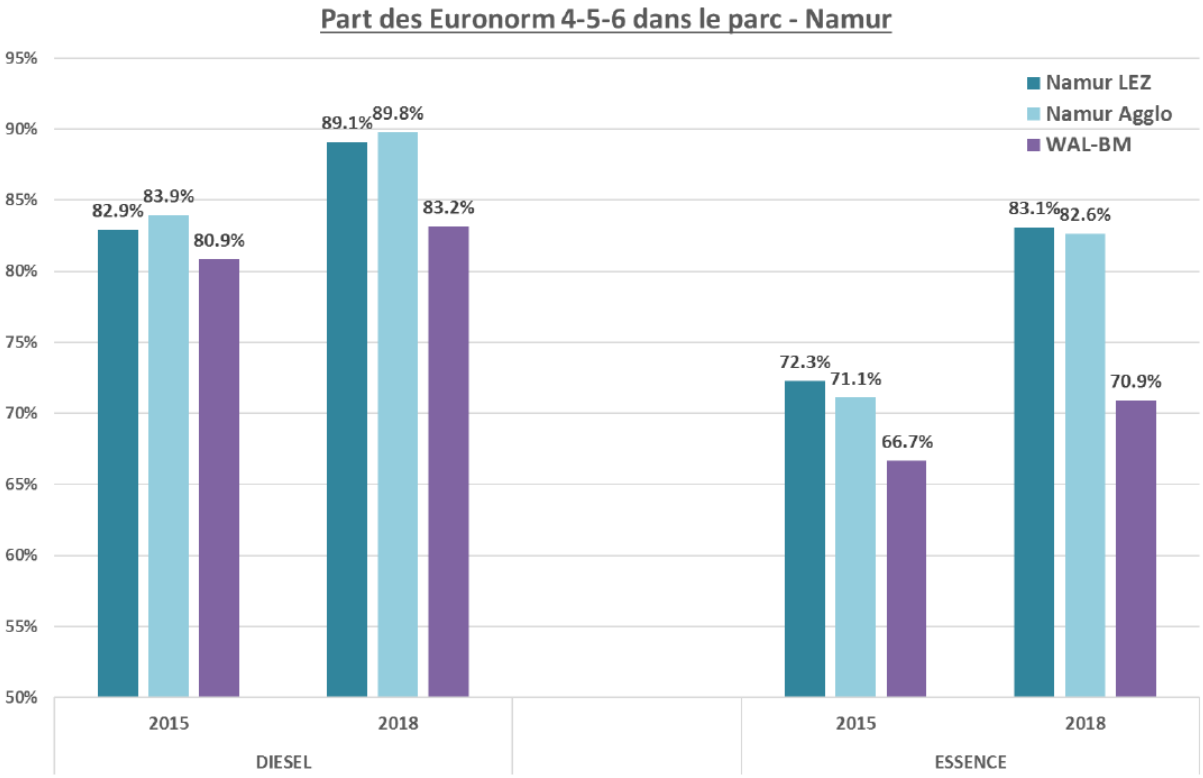


Figure 7 – Part des normes Euro diesel et essence à Namur et son agglomération (TRAXIO).

Les tableaux 4 et 5 présentent une estimation du nombre de véhicules qui devraient être visés respectivement par les restrictions régionales et communales. Pour tenir compte du renouvellement constant des véhicules, selon les conseils de TRAXIO, un taux de remplacement annuel a été appliqué à chaque catégorie de véhicules : 25 % pour les Euro 2 et inférieures, 20 % pour les Euro 3, 15 % pour les Euro 4, 10 % pour les Euro 5 et 5 % pour les Euro 6. Ces véhicules sont remplacés par des véhicules de type Euro 6b dans les projections réalisées avec le modèle ATMO-Street (section 3.5). Etant donné l'inconnue sur l'évolution future du parc, nos estimations ne prennent pas en compte une augmentation du nombre de voitures.

Le tableau 4 donne le nombre de voitures (catégorie M1) qui devraient être progressivement touchées par les interdictions régionales sur base des flottes immatriculées respectivement en Wallonie, à Eupen et à Namur à la fin 2019 (l'impact sur les flottes à Eupen et à Namur est donné à titre purement indicatif). 0,4 % des véhicules wallons devraient être interdits en 2023. En 2024, ce serait 0,2 % des véhicules qui seraient proscrits. C'est en 2025, lorsque les véhicules Euro 3 sont concernés que la part des voitures interdites de circulation devient plus importante avec 4 % (69 500 véhicules). Au-delà de 2025, les incertitudes concernant l'évolution du parc sont trop grandes pour que les estimations soient fondées. Le calendrier régional touchera des véhicules d'un certain âge (tableau 2), l'âge moyen du parc wallon étant de 7 ans (84 mois). Une caractérisation plus précise des flottes régionale et communale est présentée à l'annexe 3.

Tableau 4 – Nombre de voitures particulières progressivement interdites en 2023, 2024 et 2025 dans la ZBE régionale en considérant le parc fin 2019 et son renouvellement annuel pour la Wallonie, Eupen et Namur.

	Wallonie		EUPEN		NAMUR	
	Véhicules	%	Véhicules	%	Véhicules	%
2023	6263	**0.4**	358	**0.7**	381	**0.3**
2024	3977	**0.2**	280	**0.5**	192	**0.2**
2025	69435	**4.0**	1936	**3.7**	4132	**3.3**

Le tableau 5 donne le nombre de voitures (catégorie M1) qui devraient être touchées progressivement par les interdictions communales sur base des flottes respectivement en Wallonie, à Eupen et à Namur répertoriées à la fin 2019. Ce sont les véhicules diesel qui sont les plus touchés, à commencer par les plus anciens, car ils sont les plus polluants.

On estime qu'en 2020 environ 6,4 % (3 500 véhicules) et 5,3 % (6 500 véhicules) du parc automobile immatriculé respectivement à Eupen et à Namur (hors *leasing* et *renting*) seraient concernés par l'interdiction de circuler (tableau 5) si ces villes passaient en ZBE selon les restrictions prévues par le décret de janvier 2019. En 2022, 9,3 % et 9,5 % supplémentaires seraient interdits respectivement à Eupen et à Namur. En 2025, le pourcentage de nouveaux véhicules proscrits atteint 13,4 % à Eupen et 14,1 % à Namur. Instaurer une ZBE impacterait donc près d'un tiers des véhicules immatriculés à Namur (36 000 véhicules) et à Eupen (15 500 véhicules). Les véhicules diesel interdits auront au minimum 10 ans en 2020, 7 ans en 2022 et 6 ans en 2025 (tableau 3). Les véhicules essence seront tous plus anciens.

Tableau 5 – Nombre de voitures particulières progressivement interdites en 2020, 2022 et 2025 dans la ZBE communale en considérant le parc fin 2019 et son renouvellement pour la Wallonie, Eupen et Namur.

	2020		2022		2025	
	Véhicules	%	Véhicules	%	Véhicules	%
WALLONIE						
Diesel	96559	**5.6**	163427	**9.5**	198533	**11.6**
Essence/LPG/CNG	12887	**0.8**	6277	**0.4**	38965	**2.3**
TOTAL	109446	**6.4**	169704	**9.9**	237498	**13.8**
EUPEN						
Diesel	2697	**5.1**	4449	**8.4**	5971	**11.3**
Essence/LPG/CNG	716	**1.4**	464	**0.9**	1117	**2.1**
TOTAL	3412	**6.4**	4913	**9.3**	7088	**13.4**
NAMUR						
Diesel	5725	**4.6**	11408	**9.2**	15159	**12.2**
Essence/LPG/CNG	810	**0.7**	317	**0.3**	2306	**1.9**
TOTAL	6535	**5.3**	11725	**9.5**	17465	**14.1**

En ce qui concerne les poids lourds (presque exclusivement à moteur diesel), si l'on considère le parc en 2016 (45 500 véhicules) sans prendre en compte de renouvellement, 51 %, 62 % et 85 % de ces véhicules seront concernés par les interdictions progressives respectivement en 2020, 2022 et 2025.

1.4 Etude d'impact environnemental 2ZBE

Afin d'accompagner/anticiper les mesures du décret wallon du 17 janvier 2019, il a été demandé à l'ISSeP d'estimer l'impact environnemental de l'instauration d'une zone basses émissions afin d'objectiver l'intérêt effectif d'une telle mesure. Début 2019 a donc été lancée l'étude d'impact environnemental d'implantation de deux zones basses émissions sur le territoire wallon (étude 2ZBE). Les communes de Namur (111 000 habitants) et d'Eupen (20 000 habitants) ont été choisies comme villes pilotes. Outre le fait qu'il s'agit de deux villes capitales, l'une de la Région wallonne, l'autre de la Communauté germanophone, ces cités non industrielles sont de bonnes candidates pour étudier la pollution due aux véhicules et au secteur résidentiel.

L'étude a deux grands objectifs :

- améliorer la connaissance de la qualité de l'air à Eupen et à Namur : les niveaux actuels de concentrations en polluants provenant du trafic (notamment le dioxyde d'azote et le carbone noir) et l'importance du trafic sur l'ensemble du réseau routier des deux communes
- estimer l'évolution des concentrations après l'instauration d'une zone basses émissions.

Réaliser ces objectifs sous-entend :

- réaliser des campagnes de mesures de concentrations en polluants et des comptages trafic
- modéliser les concentrations en polluants actuelles pour une cartographie à haute résolution de la qualité de l'air sur tout le territoire communal
- valider les projections de la qualité de l'air actuelle à l'aide des mesures
- réaliser des projections des concentrations en polluants qui résulteraient des interdictions ZBE
- définir avec les autorités communales une zone d'implantation idéale pour une ZBE.

2 Mesures

Dans ce chapitre et ses annexes, nous présentons les instruments, leur principe de fonctionnement, leurs performances et les règles de bonne pratique pour leur utilisation. Nous décrivons également les différentes campagnes de mesures menées dans le cadre du projet ensuite nous en exposons les résultats.

2.1 Polluants

2.1.1 Dioxyde d'azote

En Région wallonne, le transport est responsable de la moitié des émissions anthropiques d'oxydes d'azote NO_x (près de 30 % pour le secteur industriel, figure 1). En milieu urbain, où les émissions du trafic sont prépondérantes, les concentrations en oxydes d'azote mesurées sont le reflet de la densité du trafic. La directive européenne 2008/50/CE fixe à 40 $\mu g/m^3$ et 200 $\mu g/m^3$ les valeurs limites annuelle et journalière à ne pas dépasser. Ces valeurs sont identiques à celles recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ce qui n'est pas forcément le cas pour d'autres polluants.

2.1.1.1 Instrument

Les tubes à diffusion passive sont des échantillonneurs permettant, après extraction et analyse par spectrophotométrie UV/Visible, d'obtenir la concentration moyenne en NO_2 durant la période d'exposition, fixée à 2 semaines dans le cadre des campagnes discutées dans ce document. Il s'agit de dispositifs de petite taille, peu onéreux, pouvant aisément s'accrocher sur du mobilier urbain ou tout autre dispositif (figure 8), et dont l'analyse après reprise est relativement simple à réaliser. Ces tubes peuvent donc être installés en différents endroits d'une zone, et durant une période relativement longue. Ils permettent donc une analyse de la répartition spatiale des concentrations en polluants, mais également d'observer leur évolution dans le temps.



Figure 8 – Tube passif avec son support sur la Rathausplatz à Eupen.

2.1.1.2 Campagne de mesures et résultats à Eupen

Une campagne de mesures NO_2 a été réalisée à Eupen durant l'été 2019. Une cinquantaine de tubes passifs ont été placés sur le territoire communal pour couvrir des voiries avec des densités de trafic, des géométries et des environnements différents (figure 9). Les mesures ont été effectuées uniquement en été, sur quatre quinzaines de jours entre juin et septembre avec des périodes scolaires et non scolaires.

Période 1 : du 13/06 au 28/06 (période scolaire)
Période 2 : du 28/06 au 12/07 (période de vacances)
Période 3 : du 19/08 au 02/09 (période de vacances)
Période 4 : du 16/09 au 30/09 (période scolaire)

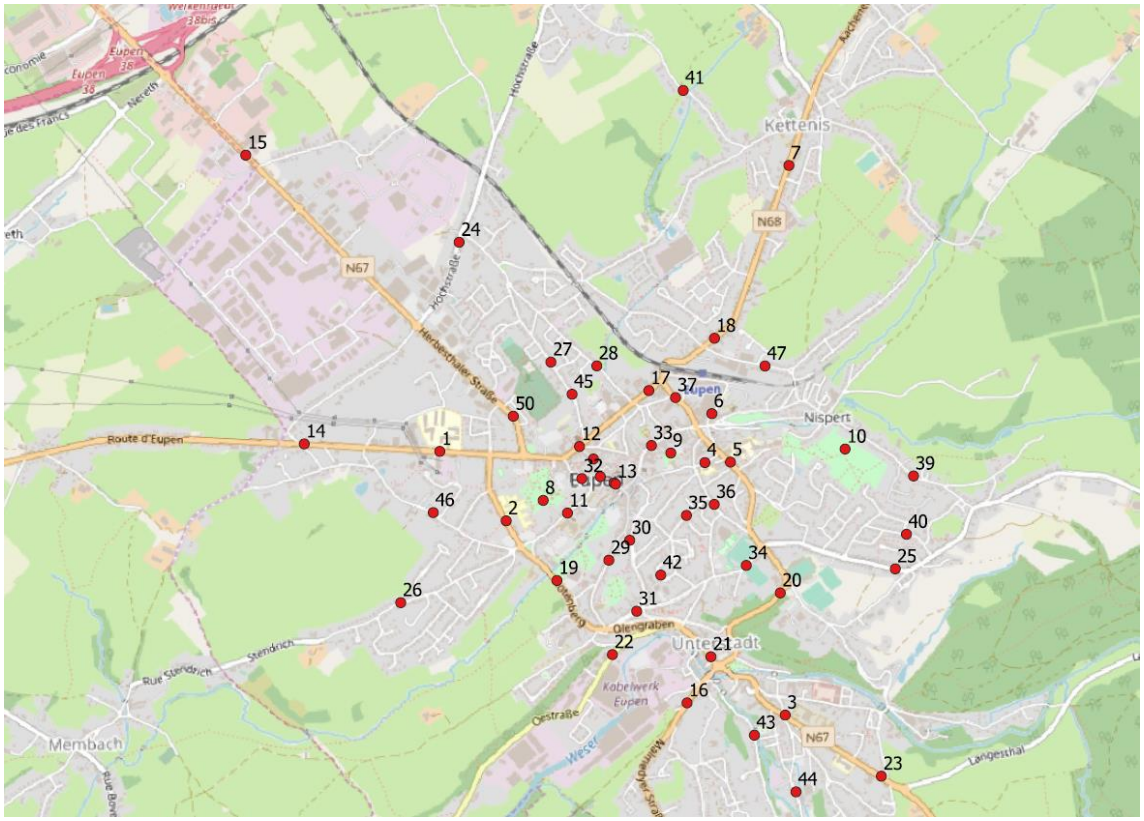


Figure 9 – Campagne tubes passifs NO_2 à Eupen.

Des concentrations moyennes supérieures à la valeur limite annuelle de 40 µg/m^3 ont été observées en deux points durant la période 3 : 43,8 µg/m^3 sur la Hookstrasse (point 37) et 44,3 µg/m^3 sur la Herbesthalerstrasse (point 15) (figure 10). Il est bien sûr délicat d'extrapoler ces observations à l'ensemble de l'année. Des concentrations de plus de 20 µg/m^3 sont observées sur les routes régionales, dans quelques rues de type canyon du centre-ville (Kirchstrasse (point 49), Klosterstrasse (point 48), Neustrasse (point 29)) ainsi que dans le Stadtpark (point 9). Ailleurs, les concentrations ne dépassent pas les 20 µg/m^3. Si l'on compare les quatre périodes, c'est durant la période 3 (du 19/08 au 02/09) correspondant à la fin des vacances et à la rentrée des classes que les valeurs sont les plus élevées. A l'inverse, c'est la période 2 (du 28/06 au 12/07), correspondant à la fin de l'année scolaire et le début des vacances, qui affiche les concentrations les plus faibles. Cependant, la différence entre périodes scolaires et non scolaires n'est pas extrêmement marquée. Le détail des mesures pour les quatre périodes se trouvent à l'annexe 6.



Figure 10 – Campagne tubes passifs NO_2 à Eupen : concentrations moyennes sur la période 13/06/19 au 30/09/19.

La figure 11 montre la corrélation obtenue pour Eupen entre les concentrations de NO_2 mesurées et le trafic moyen journalier existant au point d'échantillonnage. Une pollution de fond moyenne relativement faible de l'ordre de 10 µg/m^3 est observée. Localement plus le trafic est important, plus la concentration en NO_2 augmente.

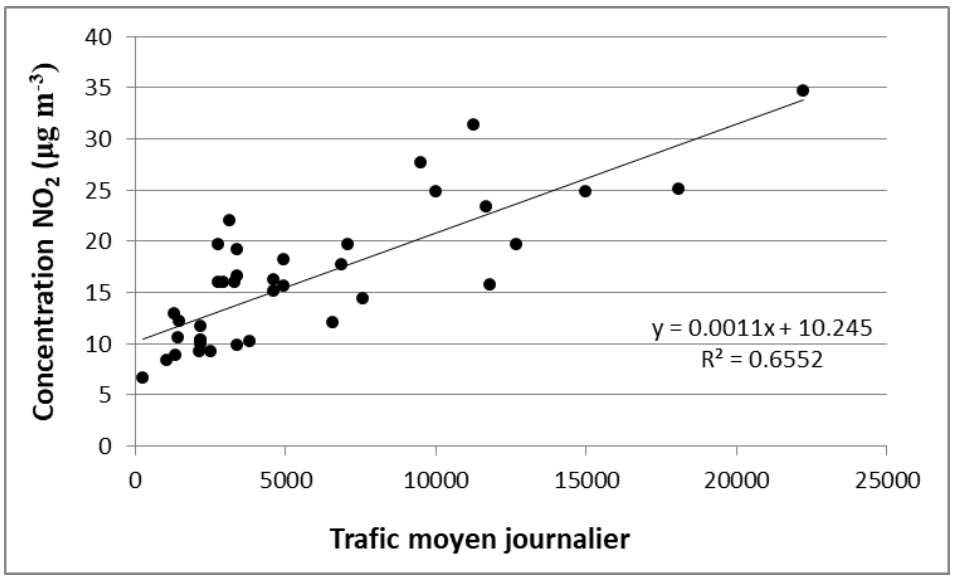


Figure 11 – Relation entre le trafic moyen journalier et les concentrations en NO_2 à Eupen en 2019.

2.1.1.3 Campagne de mesures et résultats à Namur

La phase 2 d'une campagne tubes passifs NO_2 initiée par l'Agence wallonne de l'Air et du Climat (AwAC) est en cours à Namur depuis décembre 2015. Plus de cinquante tubes passifs NO_2 sont déployés dans la ville de Namur (figure 12). Nous avons profité de ces mesures et de leurs analyses pour 2ZBE (AwAC, 2018b). Ces mesures couvrent le quartier de la gare, les axes Bruxelles-Saint-Jacques, Fer-Ange et Rogier-Brabant ainsi que le piétonnier et des points de « fond urbain ».

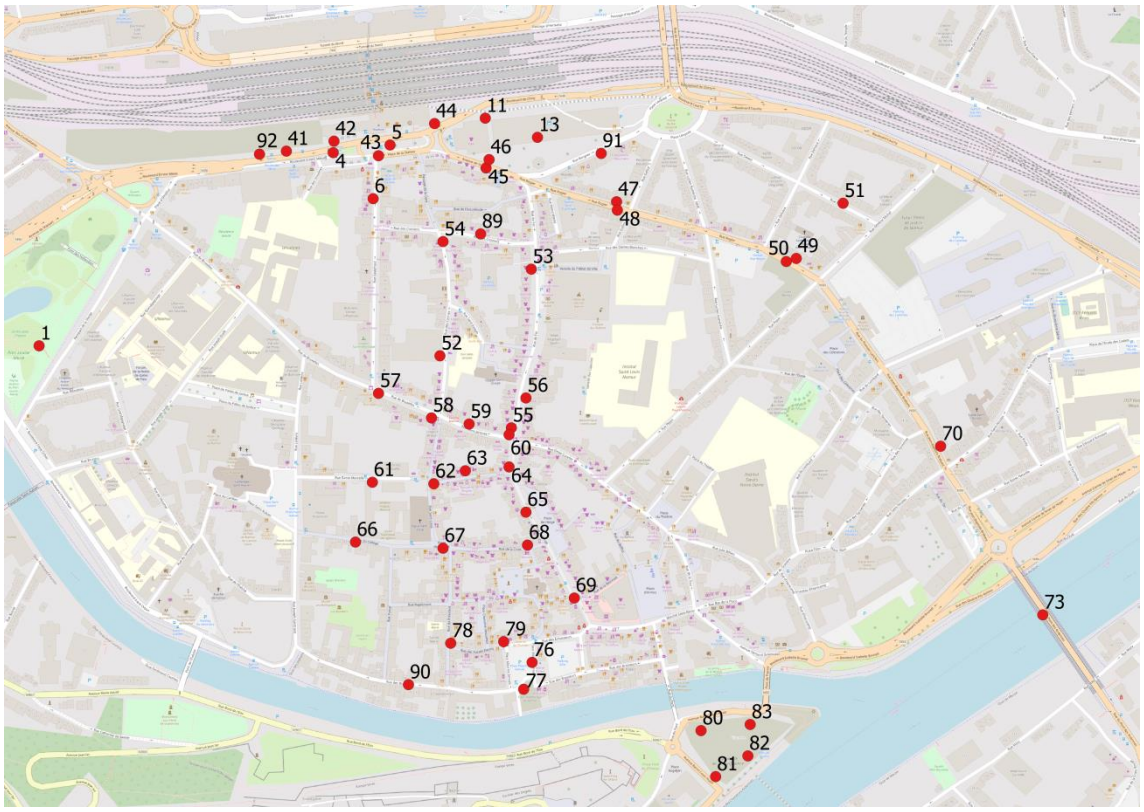


Figure 12 – Campagne tubes passifs NO_2 à Namur.

La figure 13 présente les concentrations moyennes en NO_2 mesurées aux différents points de prélèvement depuis décembre 2015 jusqu'en janvier 2017 (AwAC, 2018b). Les paragraphes qui suivent sont également extraits du rapport sur les principaux enseignements de cette campagne namuroise (AwAC, 2018b). On observe une importante hétérogénéité des concentrations. Les concentrations moyennes sur cette période fluctuent entre 20 µg/m^3 (point 71), là où l'influence directe de la pollution issue des axes routiers est réduite (point de « fond urbain ») et, 60 µg/m^3 au point 41, situé sur la place de la Station où un trafic dense est observé, notamment de bus.

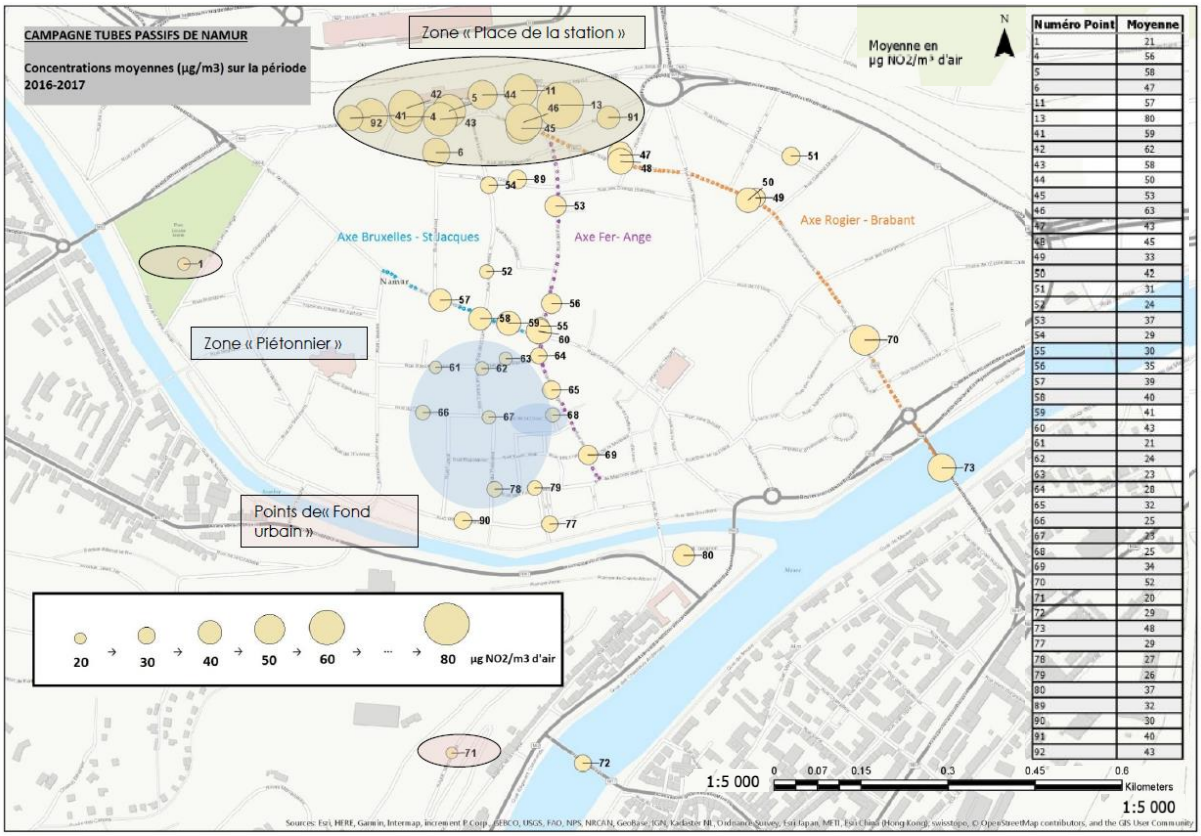


Figure 13 – Campagne tubes passifs NO_2 à Namur : concentrations moyennes sur la période 22/12/15 au 03/01/18 (Rapport ISSeP, Minet 2018).

Deux paramètres principaux influencent les concentrations en NO_2. Plus le trafic est intense et embouteillé, et plus la rue dans laquelle les concentrations sont mesurées est étroite et bordée de bâtiments élevés (configuration de type « street-canyon »), plus les concentrations sont élevées.

Dans la zone piétonne de Namur, les concentrations sont proches de 20 µg/m^3, et donc similaires aux niveaux de fond urbain, ce qui montre que l'influence du trafic des rues adjacentes s'estompe rapidement.

Cette situation n'est néanmoins pas statique. On observe en effet une réduction progressive des concentrations moyennes observées aux points sous l'influence directe du trafic. Par contre on n'observe pas ou peu d'évolution des concentrations aux points qui sont à l'écart du trafic. La figure

14, qui présente les écarts entre les concentrations moyennes de 2016 et de 2017, met en évidence ce phénomène, en particulier au niveau de la place de la Station. L'élément principal permettant d'expliquer la réduction de cet « effet hotspot » est la réduction progressive des émissions d'oxydes d'azote (mélange de NO et de NO_2) des véhicules routiers (les motorisations plus récentes émettant moins de NO_x que les plus anciennes). Ce phénomène est sans doute particulièrement important pour les bus, puisque depuis janvier 2017 des bus hybrides pouvant rouler en mode 100 % électrique dans le centre-ville, ont été introduits dans le parc des lignes urbaines namuroises.

Il faut néanmoins noter qu'à cet endroit, un autre phénomène, à peu près concomitant, a participé à la forte réduction des concentrations. Il s'agit, en novembre 2016, de l'arrêt de l'exploitation de l'ancienne gare des bus du TEC, avec la création de nouveaux arrêts de substitution (en diverses zones proches de la place). Les concentrations en NO_2 à l'intérieur de cette ancienne gare du TEC (espace semi-fermé dans lequel circulaient des bus périurbains, généralement plus anciens que leurs homologues urbains) étaient particulièrement élevées (moyenne de 80 µg/m^3 en période d'exploitation, point 13). Cette gare est le lieu où les concentrations maximales de NO_2 ont été observées dans cette ville.

La mise en service de la nouvelle gare de bus au-dessus de la gare SNCB, avec des émissions qui se réaliseront dans des zones bien ventilées et localisées au-dessus du niveau moyen de la place de la Station et des rues adjacentes, devrait également permettre de réduire les concentrations.

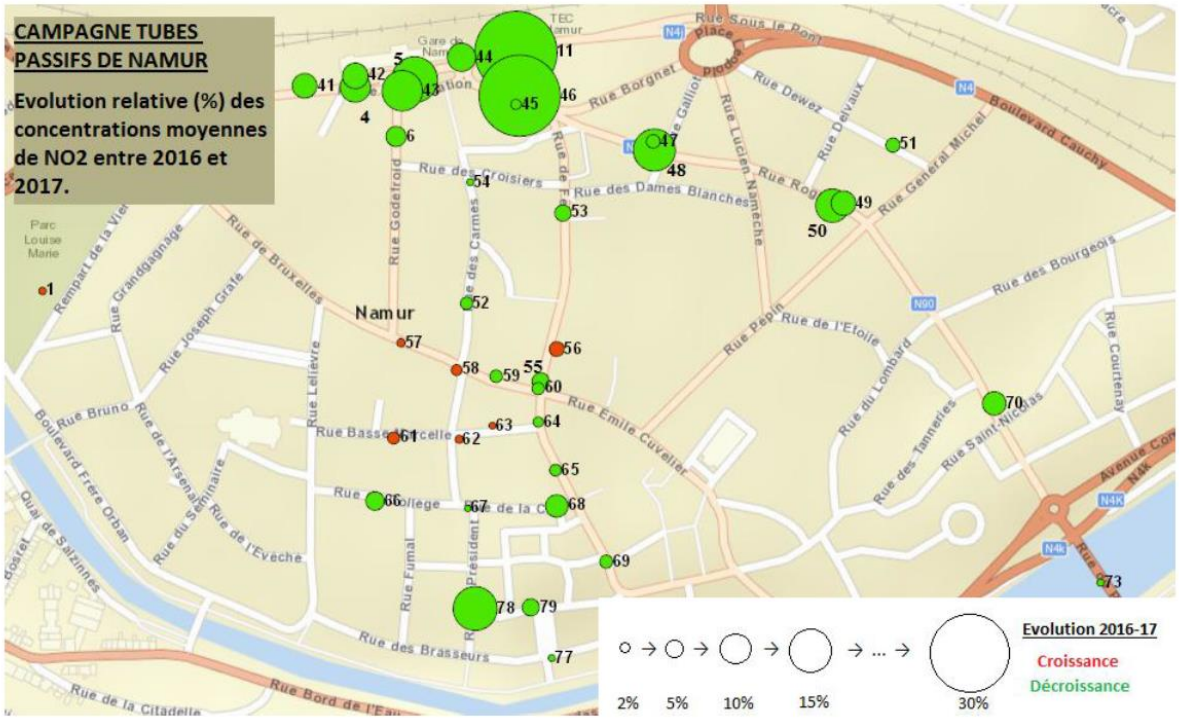


Figure 14 – Campagne tubes passifs NO_2 à Namur : écarts entre les concentrations moyennes en 2016 et en 2017 (Rapport ISSeP, Minet 2018).

La figure 15 reprend la moyenne des mesures en 2018. Ce sont ces valeurs qui serviront à évaluer les résultats du modèle. Vu la forte évolution du parc automobile, il est en effet nécessaire de disposer de données récentes pour réaliser ces comparaisons.

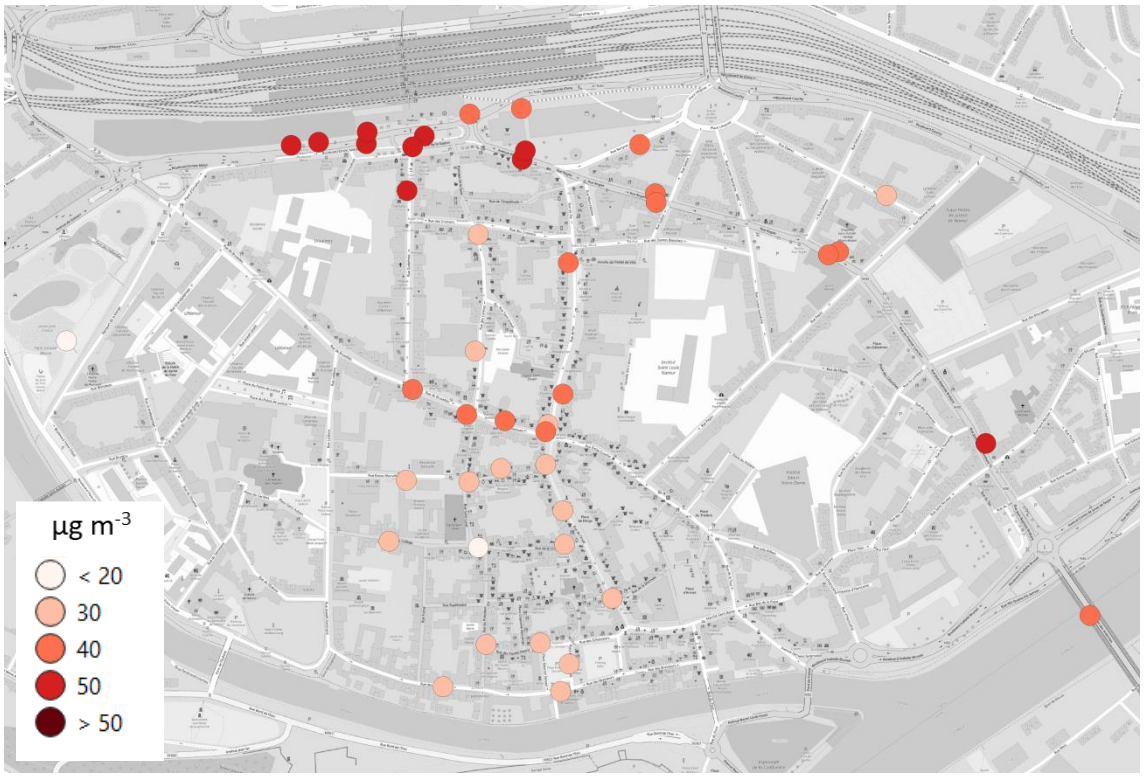


Figure 15 – Campagne tubes passifs NO_2 à Namur : concentrations moyennes en 2018 (Rapport ISSeP, Minet 2018).

2.1.2 Carbone noir

Le carbone noir ou carbone suie (BC), en anglais *black carbon (BC)*, constitue une sous-catégorie des particules fines, en anglais *particulate matter* (PM). Il représente ± 10 % des particules inférieures à 2,5 micromètres. Il se retrouve typiquement dans une gamme de diamètres allant du nanomètre (nm, 10^{-9}) pour les sphérules de carbone élémentaire, en anglais *elemental carbon* (EC), fraîchement émises, au micromètre (µm, 10^{-6}) pour les plus gros agrégats de ce même constituant. On parle de particules ultrafines lorsque le diamètre aérodynamique est inférieur à 100 nm. Il est le résultat de la mauvaise combustion des hydrocarbures (*fossil fuel*) et de la biomasse (*wood burning*), d'origine presqu'exclusivement anthropique à l'exception des feux de forêts. Bien qu'à l'heure actuelle, le BC ne soit pas encore règlementé au niveau européen, il est un très bon candidat pour étudier l'impact des politiques de réduction des émissions liées au trafic.

La pollution par le carbone noir est omniprésente ; par exemple, on en retrouve à la station de mesures située à Vielsalm en milieu forestier, loin de toute source anthropique. Les concentrations sont cependant 3 fois plus importantes en moyenne sur des sites urbains ou des sites trafic. La

moyenne des concentrations en BC mesurées entre le 1er janvier 2012 et le 31 décembre 2016 est de 0,48 µg/m^3 à Vielsalm, 1,47 µg/m^3 à Marchienne-au-Pont et 1,60 µg/m^3 à Herstal. Ceci correspond respectivement à 7 %, 11 % et 14 % de la concentration moyenne en $PM_{2.5}$ et 4, 6 et 8 % de la concentration moyenne en PM_{10}.

Au niveau sanitaire, il est difficile de discriminer les effets sur la santé de la pollution par les résidus carbonés de ceux de la fraction fine des particules (PM_{10}, $PM_{2.5}$). En raison de leur petite taille, les particules de BC peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire et même dans le sang. Il semble que le carbone élémentaire ne soit pas un composé directement toxique mais qu'il soit le vecteur et donc un bon indicateur de la présence d'autres composés toxiques (composés organiques semi-volatils, HAP, métaux,…). L'OMS souligne la nécessité de réaliser des études sur l'impact du carbone noir seul ou associé à différents polluants.

Le *black carbon* absorbe fortement les rayons du soleil (dans le domaine du visible (de l'infra-rouge à l'ultra-violet et spécialement dans l'IR). Le carbone noir dans les aérosols a donc également un coût environnemental important; en modifiant la façon dont les rayons solaires sont réfléchis, il a un impact sur l'effet de serre.

2.1.2.1 Instrument

Les instruments installés pour 2ZBE sont des aéthalomètres AE33 de la marque *Magee Scientific* (figure 16). Le principe de mesure de la concentration du *black carbon* repose sur l'atténuation (absorbance) de l'intensité d'un faisceau lumineux à travers un échantillon de poussières atmosphériques déposées sur un filtre. La bande filtrante avance automatiquement quand l'atténuation du rayonnement lumineux par les poussières accumulées sur le filtre excède la limite maximum acceptée par l'analyseur. Cet instrument mesure l'atténuation optique de la lumière des lampes LED émettant à sept longueurs d'onde (0.37, 0.47, 0.52, 0.59, 0.66, 0.88 et 0.95 µm). La longueur d'onde 0.88 µm (infra-rouge) est quantitative pour le carbone noir et indépendante de la présence d'autres composés dans l'aérosol. La longueur d'onde 0.37 µm (ultra-violet) correspond à la somme du carbone noir et des composés organiques aromatiques. On appelle parfois cette fraction UVPM pour *UV-absorbing Particulate Material*. L'échantillon d'air est aspiré avec une pompe réglée à un débit de 5 litres/minute et passe par l'échantillonneur qui est une tête qui n'accepte que le passage des particules inférieures à 2.5 µm. L'air traverse ensuite un canal où une lampe émet la lumière aux sept longueurs d'onde avec deux ports (le premier contient un filtre pour avoir un air « pur » de référence et le second fait passer l'air pollué). Selon la diminution (atténuation) de la lumière absorbée par le BC on aura sa concentration instantanément grâce à un programme de calcul intégré dans l'appareil. Cet appareil a une précision de 1ng/m^3. Pour notre étude, l'enregistrement des données a été programmé à une résolution de la minute. La nécessité d'une alimentation électrique a conditionné l'emplacement des appareils. Les AE33 sans boîtier de protection ont été installés dans des caves avec prise d'air par un soupirail (figure 17).



Figure 16 - Analyseur Magee Scientific AE33.

2.1.2.2 Campagne de mesures et résultats à Eupen

Comme le BC n'est pas encore règlementé par une directive européenne, le réseau de surveillance de la qualité de l'air ne compte actuellement que trois sites de mesures en Wallonie : un site rural (Vielsalm) et deux sites urbains-industriels (Marchienne-au-Pont et Herstal). Ceci ne permet ni d'avoir une image précise des concentrations sur l'ensemble de la région, ni de déterminer les zones les plus problématiques au sein d'une commune. C'est pourquoi des analyseurs AE33 supplémentaires ont été placés dans les deux villes pilotes.



Figure 17 - Analyseur Magee Scientific AE33 : vue extérieure (à gauche), vue intérieure (à droite).

Deux analyseurs AE33 ont été placés à Eupen (figure 18). Le premier a été installé sur le parvis de l'Hôtel de Ville sur la Rathausplatz durant toute la durée de l'étude (à partir du 13 mars 2019) et est encore en place (figures 19 et 20). Il est à l'abri dans un boitier. La Rathausplatz se trouve sur la rocade qui ceinture le centre-ville. Le trafic y est assez dense avec un trafic de 16 350 véhicules pour un jour ouvrable moyen. Le second analyseur a été changé de place à trois reprises. Il a d'abord été placé Kirchstrasse, dans la cave de l'atelier de couture, du 13 mars 2019 au 30 juillet 2019 (figure 21). Cette rue a été choisie pour sa localisation en plein centre de la ville et pour sa géométrie de type canyon. Le trafic journalier moyen pour un jour ouvrable est de 5300 véhicules. Ensuite l'instrument a été déplacé Hookstrasse, dans la cave des bureaux de la CSC. Cet emplacement était intéressant

pour le trafic important dans cette artère de la rocade, la pente élevée et la présence d'un feu tricolore. Malheureusement, un problème dans l'alimentation électrique de la cave n'a jamais permis une prise de mesures continue. C'est pourquoi l'appareil a finalement été installé Kaperberg 6, dans la cave du Ministère de la Communauté germanophone depuis le 10 octobre 2019 et est encore en place au moment de la rédaction du présent rapport (figure 22). Il s'agit également d'un site sur la rocade où le trafic journalier moyen d'un jour ouvrable est de 10 100 véhicules.

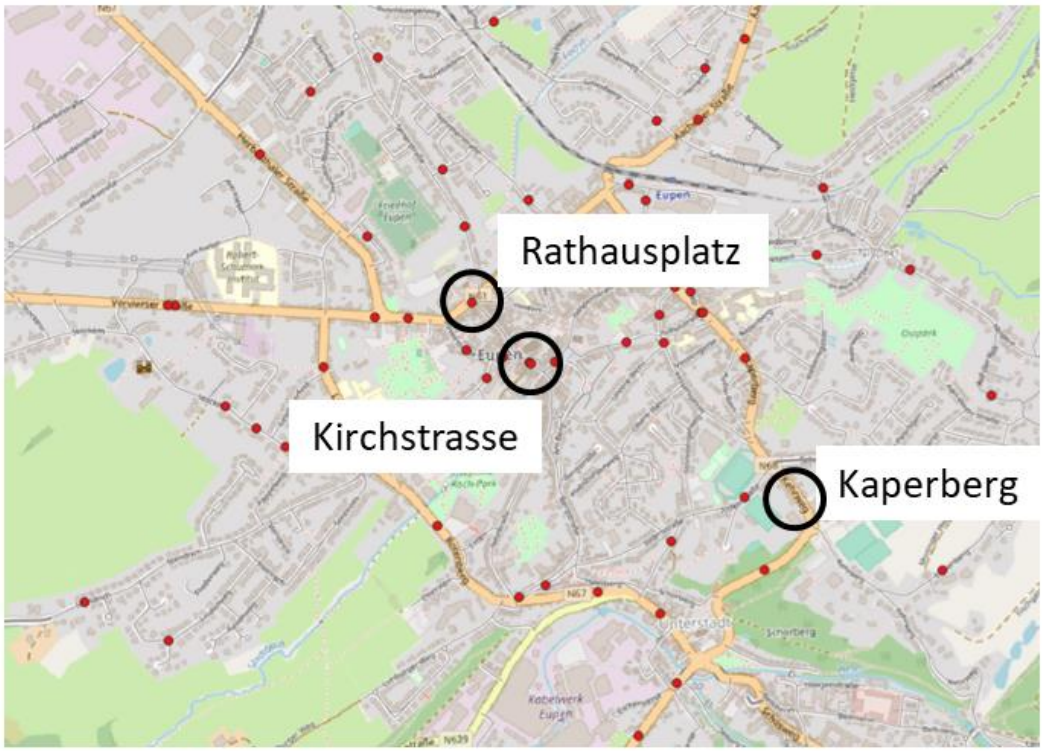


Figure 18 – Localisation des analyseurs AE33 à Eupen.



Figure 19 – Emplacement de l'AE33 Rathausplatz 14 (esplanade de l'Hôtel de Ville).



Figure 20 – Emplacement de l'AE33 Rathausplatz 14 (esplanade de l'Hôtel de Ville).



Figure 21 – Emplacement de l'AE33 Kirchstrasse (cave de l'atelier de couture).



Figure 22 – Emplacement de l'AE33 Kaperberg 6 (cave du Ministère de la Famille et des Affaires sociales, Communauté germanophone).

Les valeurs de concentrations moyennes en BC calculées sur la période de mesures sont de 1,83, 1,58 et 0,84 µg/m^3 respectivement près de la Rathausplatz, la Kaperberg et la Kirchstrasse. En l'absence de réglementation pour le BC, si on transpose la réglementation européenne pour les PM_{10} qui fixe à 40 et 50 µg/m^3 les valeurs limites respectivement pour des périodes d'un an et de 24 heures, on obtient des valeurs limites annuelle et journalière pour BC de 2 et 2,5 µg/m^3 en considérant un rapport BC/PM_{10} de 5 % (proportion observée à Namur, place Maurice Servais). Si les concentrations moyennes observées ne dépassent pas la valeur limite annuelle européenne, un passage à la valeur OMS de 1 µg/m^3 (transposée des 20 µg/m^3 pour le PM_{10}) amènerait à des dépassements. Durant les mesures, 55 dépassements ont été enregistrés sur la Rathausplatz (du 13 mars au 4 décembre), 12 sur la Kaperberg (du 10 octobre au 4 décembre) et 1 dépassement sur la Kirchstrasse (du 13 mars au 30 juillet).

L'évolution des concentrations en BC au cours de la journée sont également intéressantes à analyser. Les enregistrements à la résolution de la minute ont été moyennés par heure. Dans l'étude ExTraCar, c'est l'échelle de la Cellule interrégionale de l'Environnement (CELINE) qui a été suivie pour classifier les mesures BC itinérantes: de 0 à 5 µg/m^3, les concentrations passent d'excellentes à moyennes, tandis que de 5 à 15 µg/m^3, elles passent de médiocres à exécrables. La même classification est utilisée dans la suite pour caractériser les valeurs de concentrations horaires. La figure 23 compare les concentrations enregistrées sur la Kirchstrasse et la Rathausplatz. Les variations dans les concentrations sont assez similaires avec des pics de concentrations le matin et le soir, aux heures de pointe (un pic en mi-journée est également très prononcé sur la Rathausplatz). Les concentrations mesurées sur la rocade sont cependant beaucoup plus élevées avec des pics matinaux qui dépassent les 5 µg/m^3. Ces concentrations 2 à 3 fois supérieures s'expliquent par un trafic 3 fois plus important.

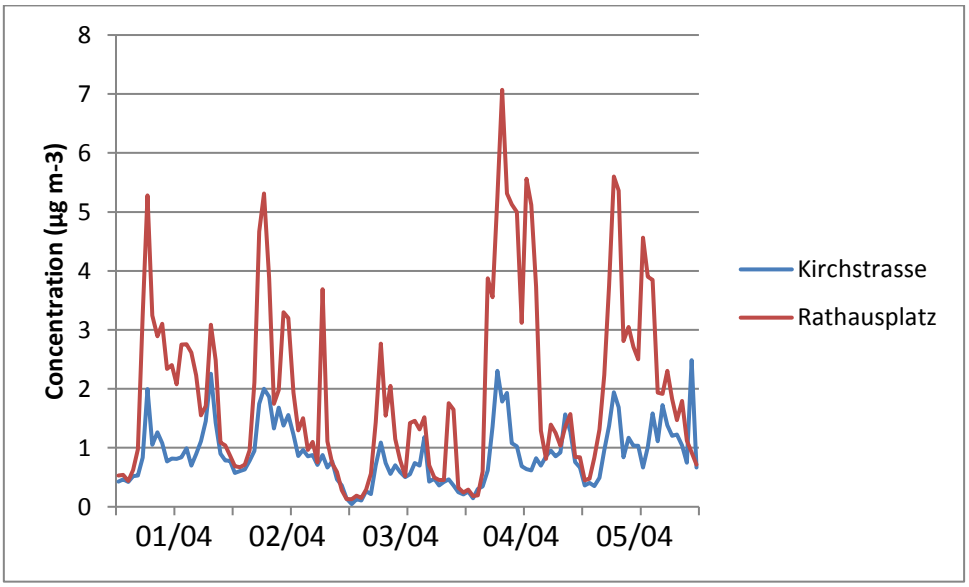


Figure 23 – Evolution horaire des concentrations en BC et du trafic à Eupen. Comparaison entre une rue du centre (Kirchstrasse) et une rue de la rocade (Rathausplatz).

La figure 24 met en parallèle les concentrations en BC et les comptages trafic. Avec un trafic deux fois plus important, les concentrations sur la Kaperberg sont sans surprise supérieures à celles enregistrées sur la Kirchstrasse. A l'exception du week-end durant lequel le volume du trafic est plus réduit avec des pics du matin et du soir qui disparaissent au profit d'un pic à midi, le profil journalier du trafic reste relativement identique d'un jour à l'autre. Ce n'est pas le cas des concentrations en BC. Premièrement, les conditions météorologiques (les précipitations, le vent) influencent fortement le lessivage et la dispersion des polluants. Deuxièmement, le trafic n'est pas la seule source des particules ultra-fines. Le chauffage est aussi une source importante à considérer quand on examine les variations des concentrations. A Eupen, le chauffage au bois est notamment très répandu.

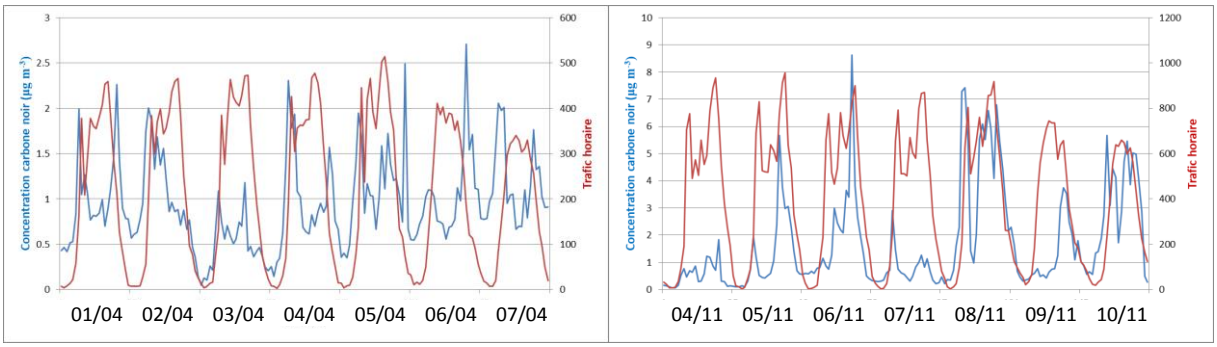


Figure 24 – Evolution horaire des concentrations en BC et du trafic à Eupen pour deux semaines (Kirchstrasse à gauche, Kaperberg à droite).

Les séries de mesures complètes pour les différents sites à Eupen se trouvent à l'annexe 7.

2.1.2.3 Campagne de mesures et résultats à Namur

Un analyseur AE33 a été installé à Namur (figure 25). Dans un premier temps, l'instrument a été placé du 7 mai au 22 août 2019 dans la cave du Service des Sports de l'UNamur rue Godefroid (figure 26), une rue canyon du centre-ville avec une fréquentation de 5000 véhicules un jour ouvrable moyen (JOM). Depuis le 5 septembre 2019, l'analyseur est dans la cave du Syndicat d'Initiative de Jambes avenue Materne (figure 27). Cet axe totalise un peu moins de 15000 véhicules par JOM. Des mesures BC sont également réalisées place Maurice Servais dans une station du réseau mobile de l'ISSeP. En l'absence de mesures de concentrations de fond aux alentours de Namur, les données de cette station ont été utilisées pour alimenter le modèle ATMO-Street (*cfr* section Modèle). Les mesures des particules fines ($PM_{2.5}$ et PM_{10}) réalisées sur cette place en 2018 sont également présentées ici.

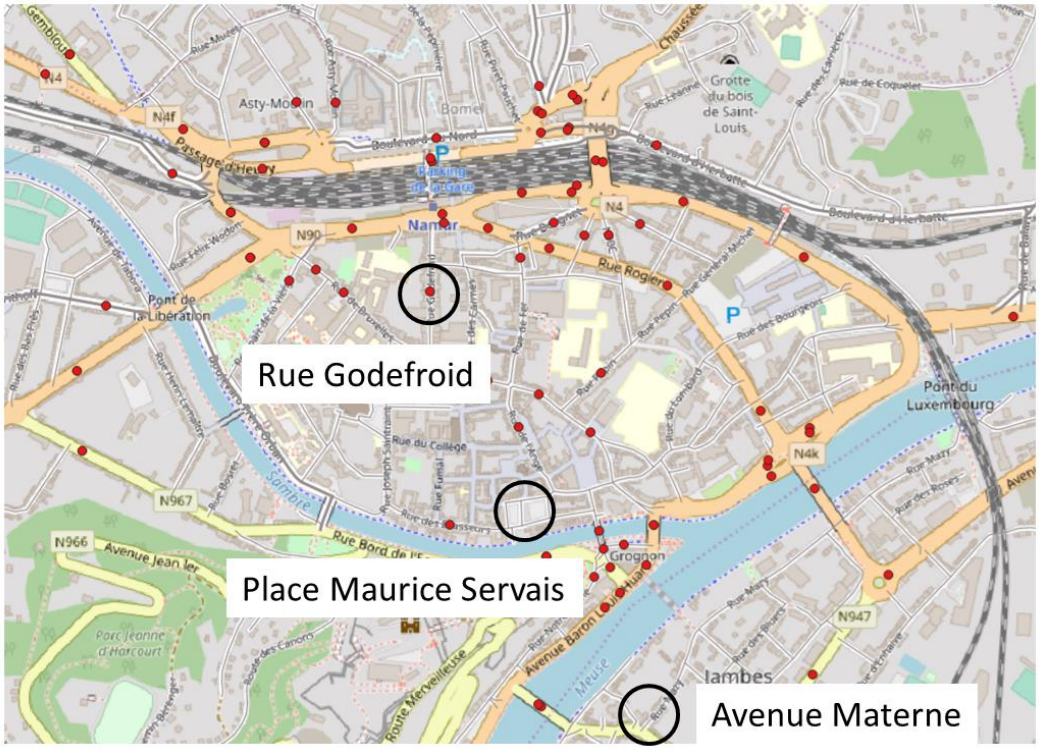


Figure 25 – Localisation des analyseurs AE33 à Namur.



Figure 26 – Emplacement de l'AE33 rue Godefroid 10 (cave du Service des Sports, UNamur).



Figure 27 – Emplacement de l'AE33 avenue Jean Materne 168 (cave du Syndicat d'Initiative de Jambes).

Les valeurs de concentrations moyennes en BC calculées sur la période de mesures sont de 1,93 µg/m^3 pour la rue Godefroid et de 1,37 µg/m^3 avenue Materne. Durant les mesures, 15 dépassements de la valeur limite journalière de 2,5 µg/m^3 ont été enregistrés dans la rue Godefroid (du 8 mai au 21 août) et 4 avenue Materne (du 6 septembre au 15 novembre). Si on extrapole à l'ensemble de l'année, il semble plus que probable que l'on excède les 35 dépassements autorisés dans la rue Godefroid. Les figures 28 et 29 présentent respectivement l'évolution des concentrations BC pour une quinzaine de jours rue Godefroid et avenue Materne ainsi que l'évolution de ces concentrations avec le trafic.

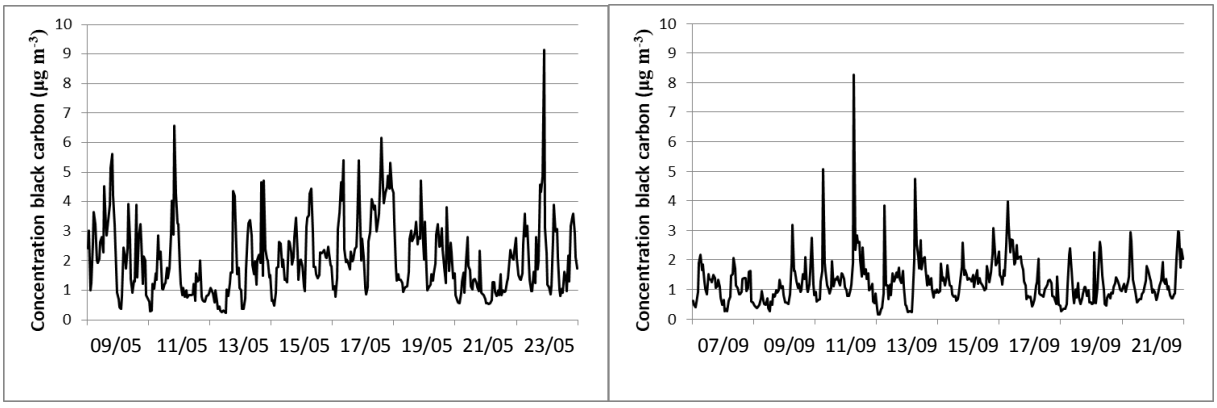


Figure 28 – Evolution horaire des concentrations BC pour une quinzaine de jours rue Godefroid (à gauche) et avenue Materne (à droite).

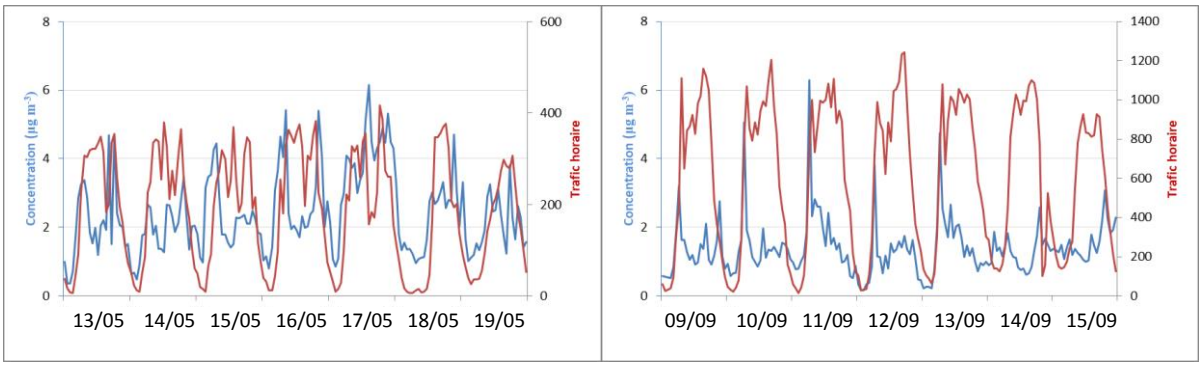


Figure 29 – Evolution horaire des concentrations en BC et du trafic à Namur pour deux semaines (rue Godefroid à gauche, avenue Materne à droite).

Les séries de mesures complètes pour les différents sites à Namur se trouvent à l'annexe 7.

2.1.3 Particules fines

2.1.3.1 Instrument

Les concentrations en particules fines PM_x (PM_{10} et $PM_{2.5}$) sont mesurées avec l'analyseur optique GRIMM EDM180 (31 canaux, figure 30). Place Maurice Servais, l'instrument est installé dans une remorque fixe du réseau mobile de la Cellule Qualité de l'Air de l'ISSeP.



Figure 30 - Analyseur GRIMM EDM180.

2.1.3.2 Campagne de mesures et résultats à Namur

Les mesures de particules fines réalisées place Maurice Servais en 2018 par le réseau mobile de l'ISSeP ont aussi été analysées. A titre indicatif, car les mesures couvrent uniquement le premier quadrimestre 2018 (du 1er janvier au 29 avril), les concentrations moyennes mesurées sur la période ne dépassent pas la valeur limite annuelle fixée par l'Union Européenne: 22,9 µg/m^3 (< 40 µg/m^3) pour les PM_{10} et 18,05 µg/m^3 (< 25 µg/m^3) pour les PM2.5. Par contre, elles sont supérieures aux

valeurs guides de l'OMS qui sont de 20 µg/m^3 pour les PM_{10} et de 10 µg/m^3 pour les $PM_{2.5}$, valeurs qui risquent d'être adoptées prochainement par l'UE. En termes de seuil journalier, 35 dépassements de la valeur limite de 50 µg/m^3 sont autorisés annuellement pour les PM_{10}. 8 dépassements en PM_{10} ont été mesurés sur les quatre premiers mois de l'année.

2.1.4 Mini-stations Antilopes

2.1.4.1 Instrument

Des mini-stations de la qualité de l'air, baptisées Antilopes, sont développées par l'ISSeP dans le cadre du projet OIE (*Outdoor and Indoor Exposure*) en collaboration avec le CECOTEPE (Centre de Coopération Technique et Pédagogique). Compacts et peu coûteux, les micro-capteurs utilisés ne présentent cependant pas les mêmes performances métrologiques que ceux du réseau de référence. L'évaluation de leur performance et leur calibration est réalisé pour le projet OIE. Les paramètres enregistrés toutes les minutes sont la température, l'humidité relative, la pression atmosphérique, le monoxyde d'azote (NO), le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3) et les particules fines ($PM_{2.5}$).

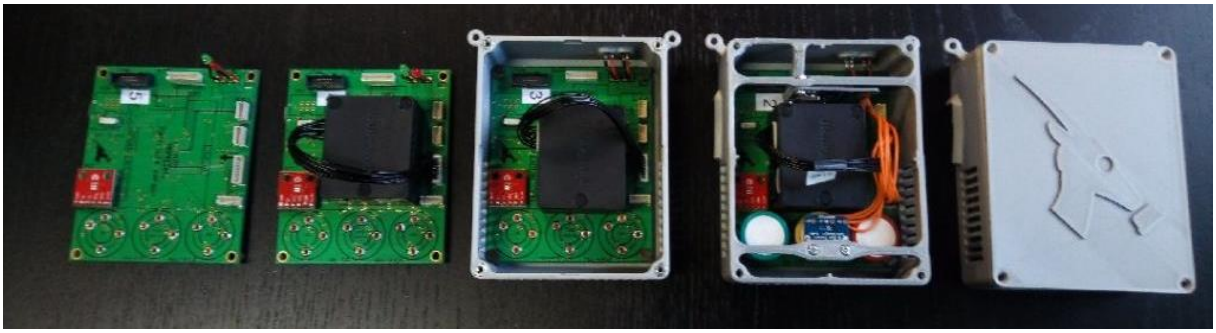


Figure 31 – Mini-station antilope.

2.1.4.2 Campagne de mesures

Ces instruments ont été déployés dans les deux villes pilotes : 10 stations à Eupen (figure 32) et 15 stations à Namur (figure 33). La campagne actuelle est encore de trop courte durée pour être analysée ici. Si la suite du projet est acceptée (*cfr* projet EDIT), ce réseau de mesures complémentaires sera maintenu et permettra d'avoir une idée plus précise des gradients de pollution au cœur des villes et aidera à la validation des projections du modèle ATMO-Street.

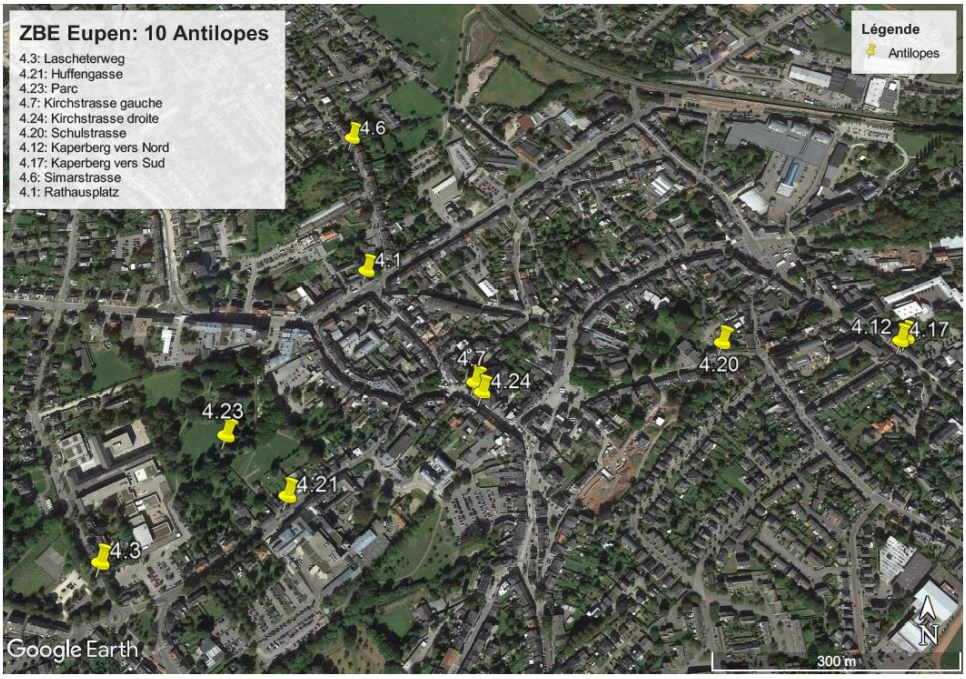


Figure 32 – Localisation des mini-stations à Eupen.

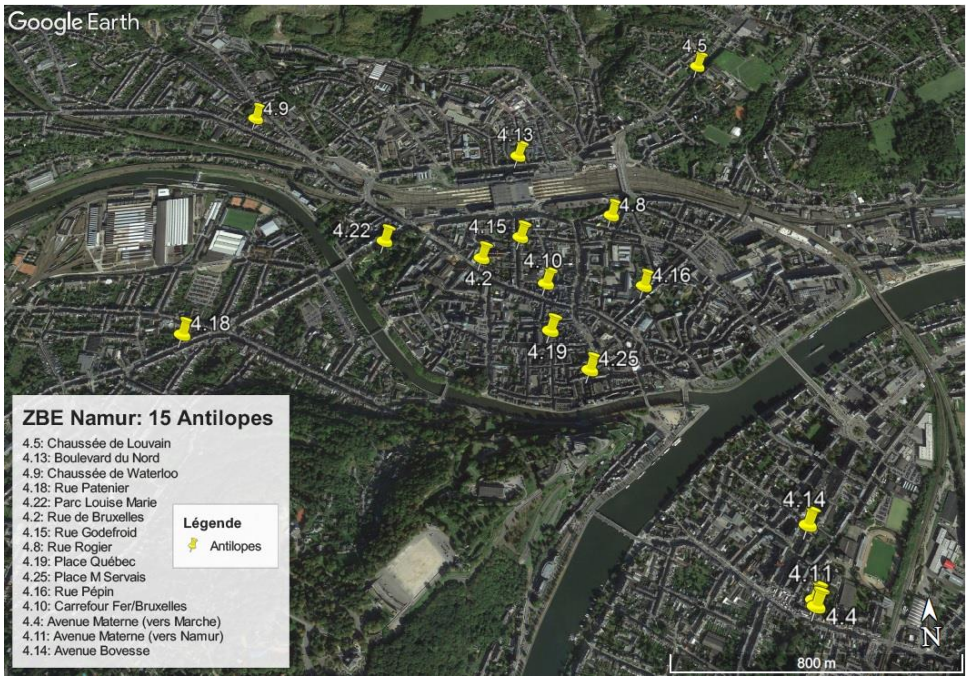


Figure 33 – Localisation des mini-stations à Namur.

2.2 Trafic

2.2.1 Comptages

2.2.1.1 Instrument

Le modèle de compteur trafic utilisé est le TMS-SA (figure 34). En première partie d'étude, quatre compteurs nous ont été prêtés par l'antenne liégeoise de la DGO1-DGO2. En seconde partie d'étude, six radars supplémentaires ont été achetés par l'ISSeP. Cet appareil compact, autonome et portable, s'installe en bord de route et est basé sur la technique du radar Doppler, ce qui le rend insensible au froid, à la chaleur, au brouillard, à la pollution ambiante, aux variations de luminosité et à l'humidité. Etant installés le long de la route et ne nécessitant aucun élément sur la voie, ils peuvent être mis en place aisément sans arrêter la circulation et sans risque pour l'opérateur. Plus d'informations à ce sujet sont disponibles sur le site du revendeur Icoms Detections S.A. (https://icomsdetections.com/project/tms-sa-en/) et à l'annexe 9.



Figure 34 - Compteur trafic TMS-SA

2.2.1.2 Campagnes de mesures

Les administrations des deux villes ont mis à la disposition de l'étude les nombreux comptages réalisés par les communes et la Région. Si les comptages à Eupen sont très récents, rarement antérieurs à 2014, peu de comptages ont été réalisés après 2013 à Namur. Dans ces conditions, nos campagnes ont eu pour but de densifier les comptages à Eupen en augmentant le nombre de comptages à l'extérieur du centre (figure 35) et d'actualiser les comptages à Namur (figure 36). Chaque compteur radar a été placé une quinzaine de jours en chaque point. Le détail des points de comptages se trouve à l'annexe 10.

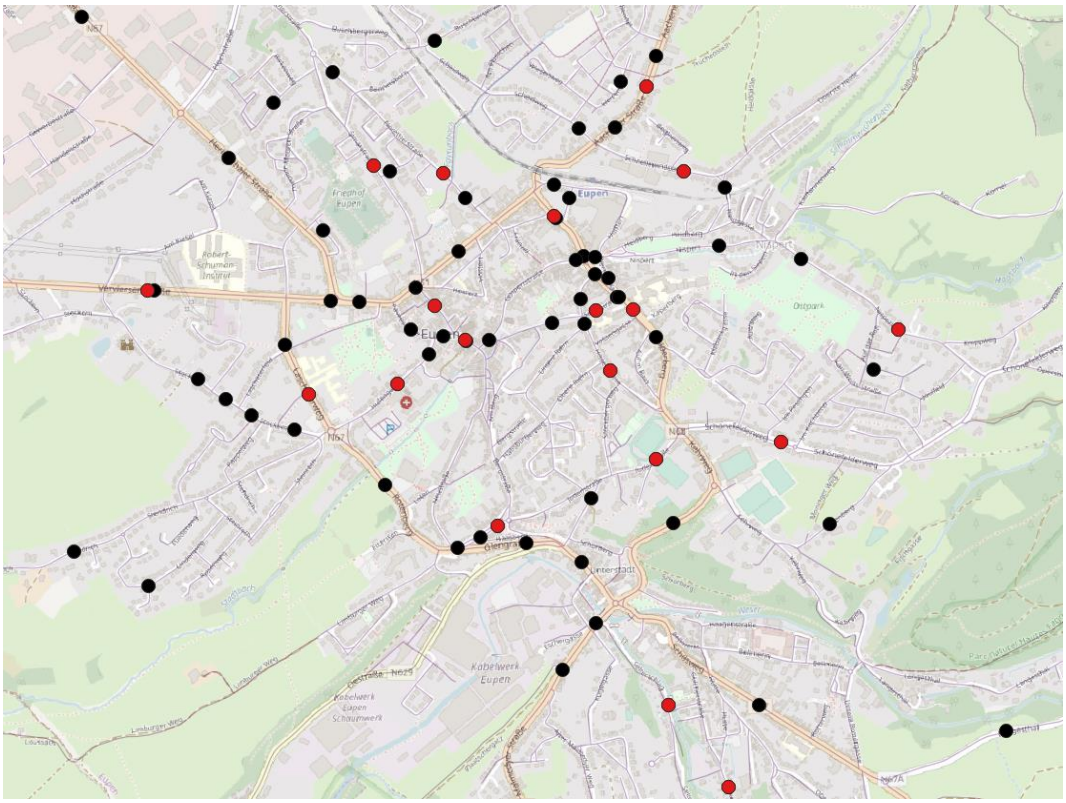


Figure 35 – Points de comptage trafic à Eupen
(comptages communaux ou régionaux en noir, comptages ISSeP 2019 en rouge).

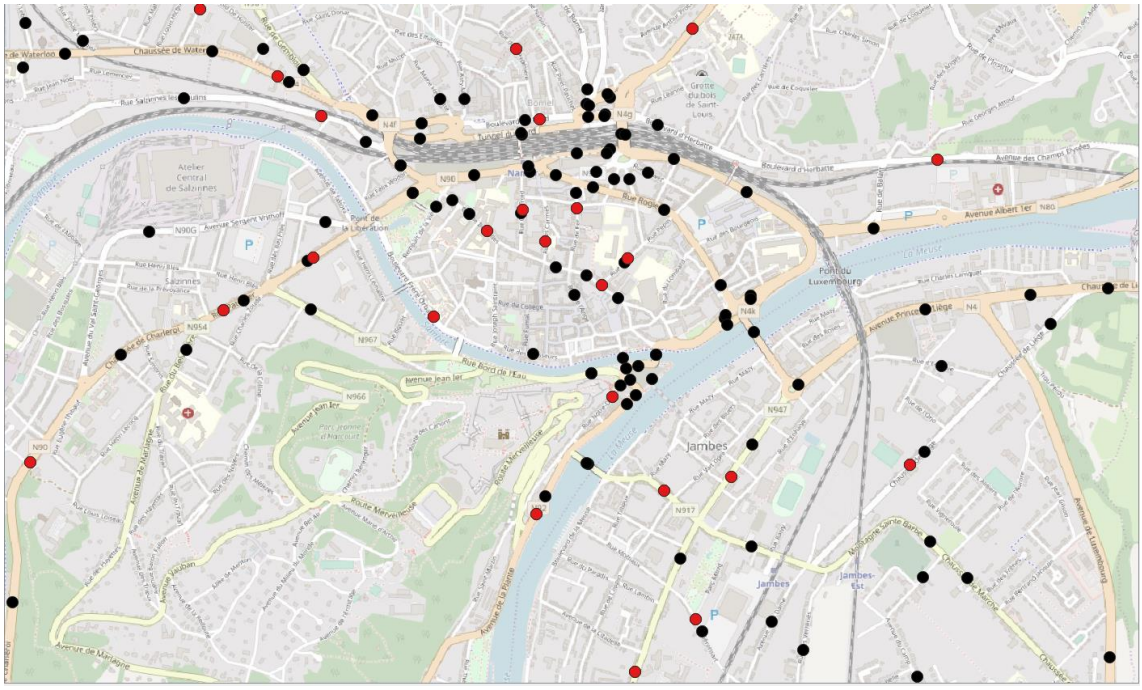


Figure 36 - Points de comptage trafic à Namur
(comptages communaux ou régionaux en noir, comptages ISSeP 2019 en rouge).

2.2.2 Floating car data

Suite à la demande et aux besoins de l'AwAC en termes d'inventaires et de données spatialisées de mobilité, le SPW-MI a réalisé un marché avec ESRI-Belux afin d'acquérir un set de données brutes de *floating car data* (FCD), des « données véhicule flottant » acquises par GPS, et un premier traitement de ces données.

Ce set de données brut comprend le nombre de véhicules (et leur vitesse) connectés pour chaque segment du réseau routier HERE (anciennement NAVTEQ) par période de 15 minutes pour toute l'année 2018. Trois sets de données sont en réalité disponibles : CARS+TRUCKS, CARS et TRUCKS séparés. « TRUCKS » correspond aux données de HERE reprises comme camions, mais aucune précision supplémentaire n'a été fournie.

Au préalable, plusieurs fournisseurs de données avaient été testés sur Namur : Be-Mobile, Geosquare et HERE. La meilleure correspondance avec les comptages a été trouvée pour HERE, raison pour laquelle HERE a été sélectionné.

Ces données HERE intègrent une centaine de fournisseurs de données, mais la source de données majoritaire provient des GPS intégrés dans les véhicules AUDI, MERCEDES et VOLVO.

La base de données est stockée sur un serveur à IRCEL-CELINE. L'agrégation des données brutes y a été réalisée afin de travailler sur des données annuelles des véhicules « équipés ».

Le principe du redressement de ces volumes est simple. Les comptages disponibles, notamment les comptages réalisés pour notre étude 2ZBE, sont utilisés afin d'obtenir le(s) taux de pénétration des véhicules « équipés » par rapport aux volumes réels de trafic, et ainsi obtenir une estimation des volumes de trafic réels. Les données de vitesses sont également utilisées pour estimer au mieux les émissions de polluants.

La méthodologie de traitement des données a été élaborée de manière conjointe entre le SPW-MI et l'AwAC. ESRI-Belux a réalisé un premier redressement des volumes FCD, qui a été ensuite continué en dehors du marché par le SPW-MI et l'AwAC.

Malgré des variations locales du taux de pénétration, l'estimation globale de la mobilité en Wallonie par cette méthode (44 milliards de véhicules kilomètre, vkm) est tout à fait acceptable par rapport à celle effectuée par le SPF Mobilité (40 milliards de vkm, avec une sous-estimation connue du trafic sur le réseau secondaire).

2.2.3 Résultats

Le taux de pénétration des *floating car data* est de 8 % sur les autoroutes et de 5 % sur le reste du réseau. Les comptages trafic collectés et réalisés pour l'étude 2ZBE ont servi à calibrer les *floating car data* sur Eupen et Namur (Figures 37 à 41). Après calibration, la corrélation avec les mesures est de 0,79 (r^2 = 0,63) pour les autoroutes. Sur le reste des routes, la corrélation est de 0,92 (r^2 = 0,85) à Namur et de 0,75 (r^2 = 0,57) à Eupen. La mise en relation des FCD avec les comptages ayant mis en évidence une sous-estimation systématique du trafic à Eupen d'un facteur deux, nous avons multiplié par deux les FCD à Eupen.

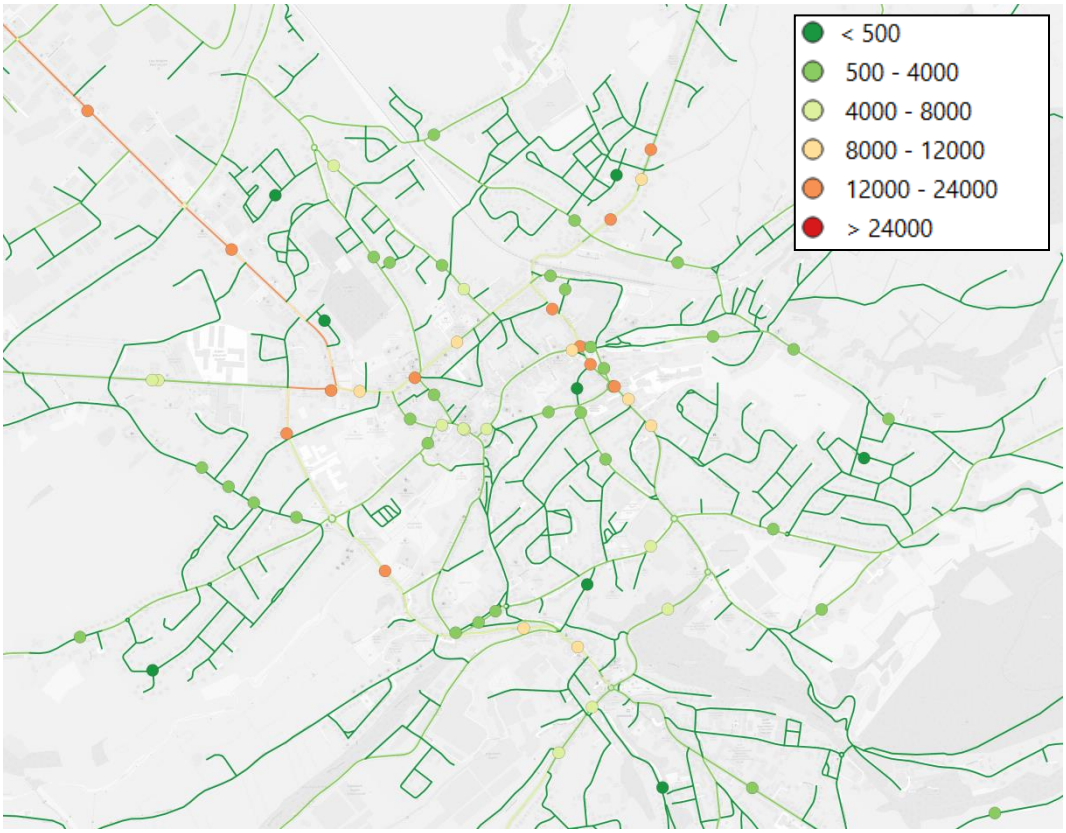


Figure 37 – Trafic d'un jour ouvrable moyen à Eupen : *floating car data* redressées (réseau linéaire) et comptages radar (points).

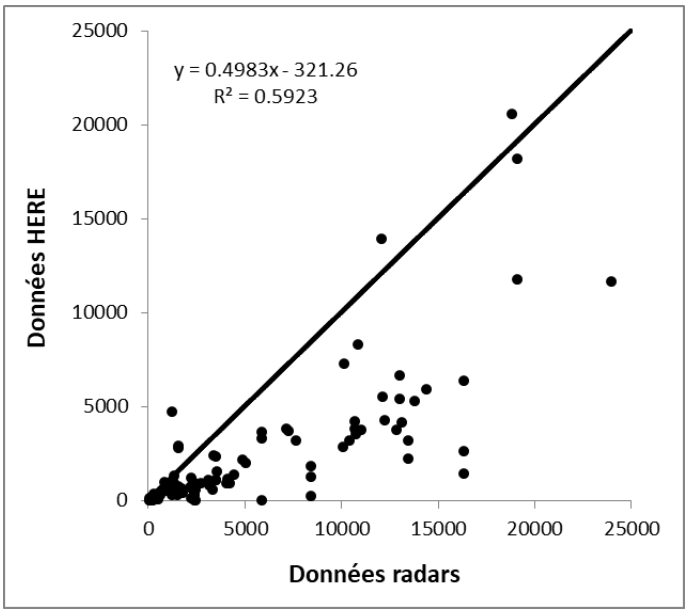


Figure 38 – Trafic d'un jour ouvrable moyen à Eupen : comparaison entre *floating car data* redressées et comptages radar.

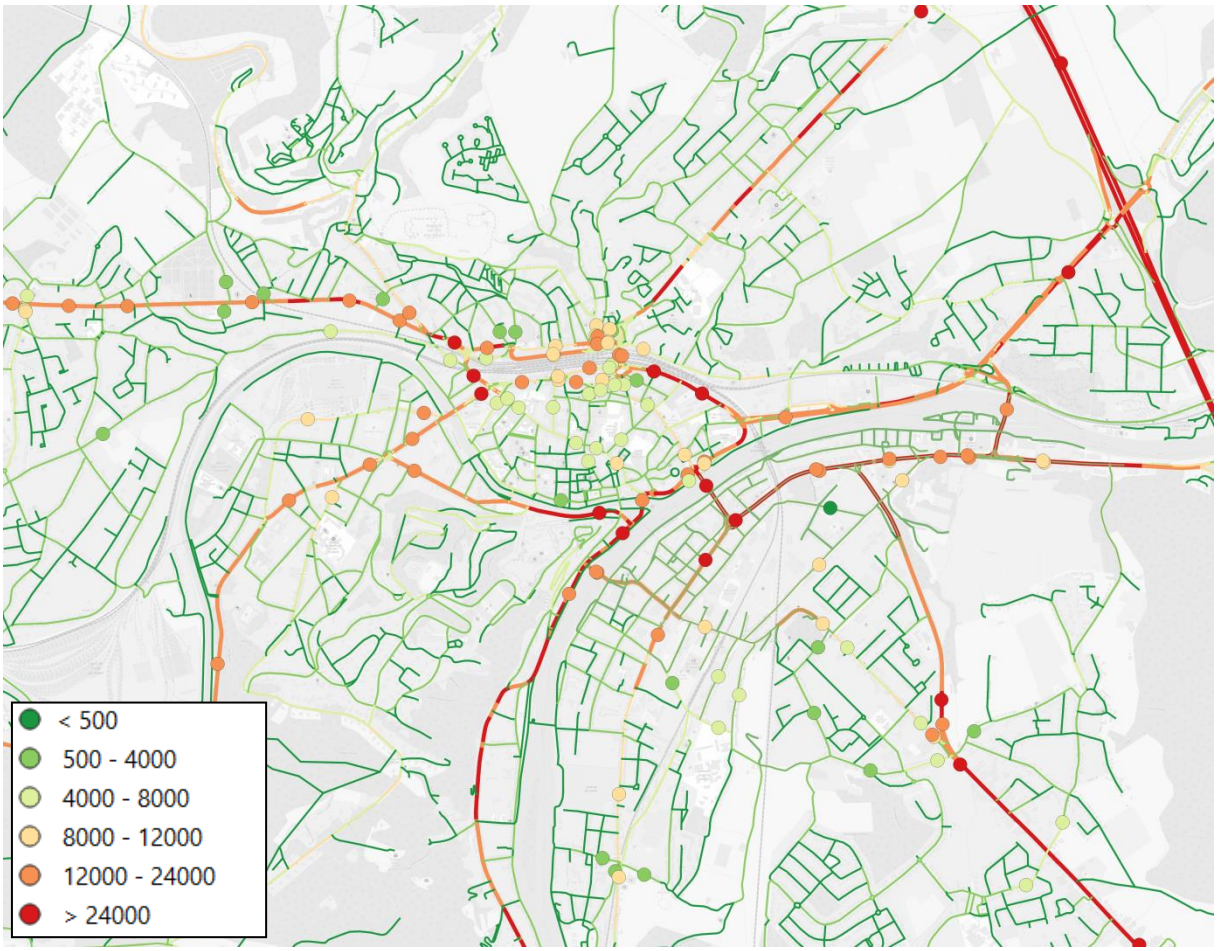


Figure 39 – Trafic d'un jour ouvrable moyen à Namur : *floating car data* redressées (réseau linéaire) et comptages radar (points).



Figure 40 – Trafic d'un jour ouvrable moyen à Namur : *floating car data* redressées (réseau linéaire) et comptages radar (points).

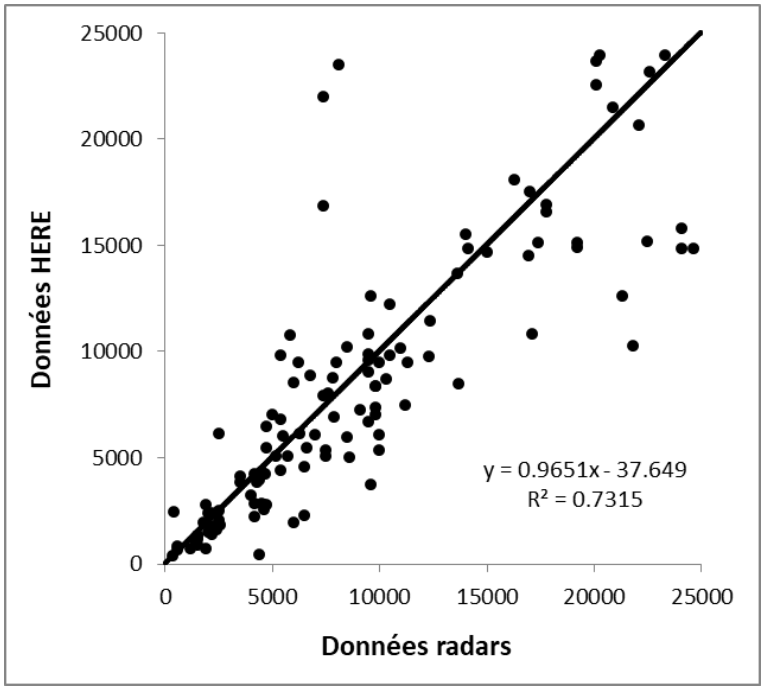


Figure 41 – Trafic d'un jour ouvrable moyen à Namur : comparaison entre *floating car data* redressées et comptages radar.

3 Modélisation

Dans ce chapitre et ses annexes, nous présentons la chaîne de modélisation ATMO-Street permettant d'estimer les concentrations additionnelles en dioxyde d'azote (NO_2), particules fines ($PM_{2.5}$ et PM_{10}) et carbone noir (BC) dues au trafic. Nous décrivons brièvement les processus considérés par le modèle, ses entrées et sorties, ses performances, puis sa généralisation.

3.1 Modèle

Le modèle choisi pour estimer l'impact sur la qualité de l'air des interdictions de circulation dans une zone basses émissions est la chaîne de modélisation ATMO-Street. ATMO-Street (Lefebvre *et al*., 2013) est né du couplage réalisé par le VITO entre le modèle IFDM (*Immission Frequency Distribution Model*) et le modèle OSPM (*Operational Street Pollution Model*).

Le modèle IFDM est un modèle de dispersion atmosphérique de type bi-gaussien (figure 42). Il permet de simuler la dispersion des polluants à partir de la source d'émissions polluantes. Les concentrations en polluants sont calculées en différents points (récepteurs) du territoire étudié et ensuite interpolées pour l'ensemble de la zone.

Le modèle de dispersion atmosphérique OSPM (Berkowicz *et al.*, 2008), développé à l'Université d'Aarhus au Danemark, simule la dispersion des polluants à l'intérieur de rues de type canyon[4]. Il se base sur les équations de dispersion pour calculer les concentrations dans la direction transversale de la rue (figure 42). Il permet de plus de distinguer la contribution directe des émissions du trafic de celle due à la recirculation causée par la présence de vortex.

[4] Les canyons urbains sont régulièrement classés suivant la valeur du rapport de la hauteur des bâtiments (H) à largeur de la rue (L). Plus ce rapport est élevé, plus l'accumulation de polluants sera grande. Une rue canyon a un indice de construction très supérieur à 1 (https://www.sante-environnement.be/Les-rues-canyons-des-hotspots-locaux-de-pollution-de-l-air).

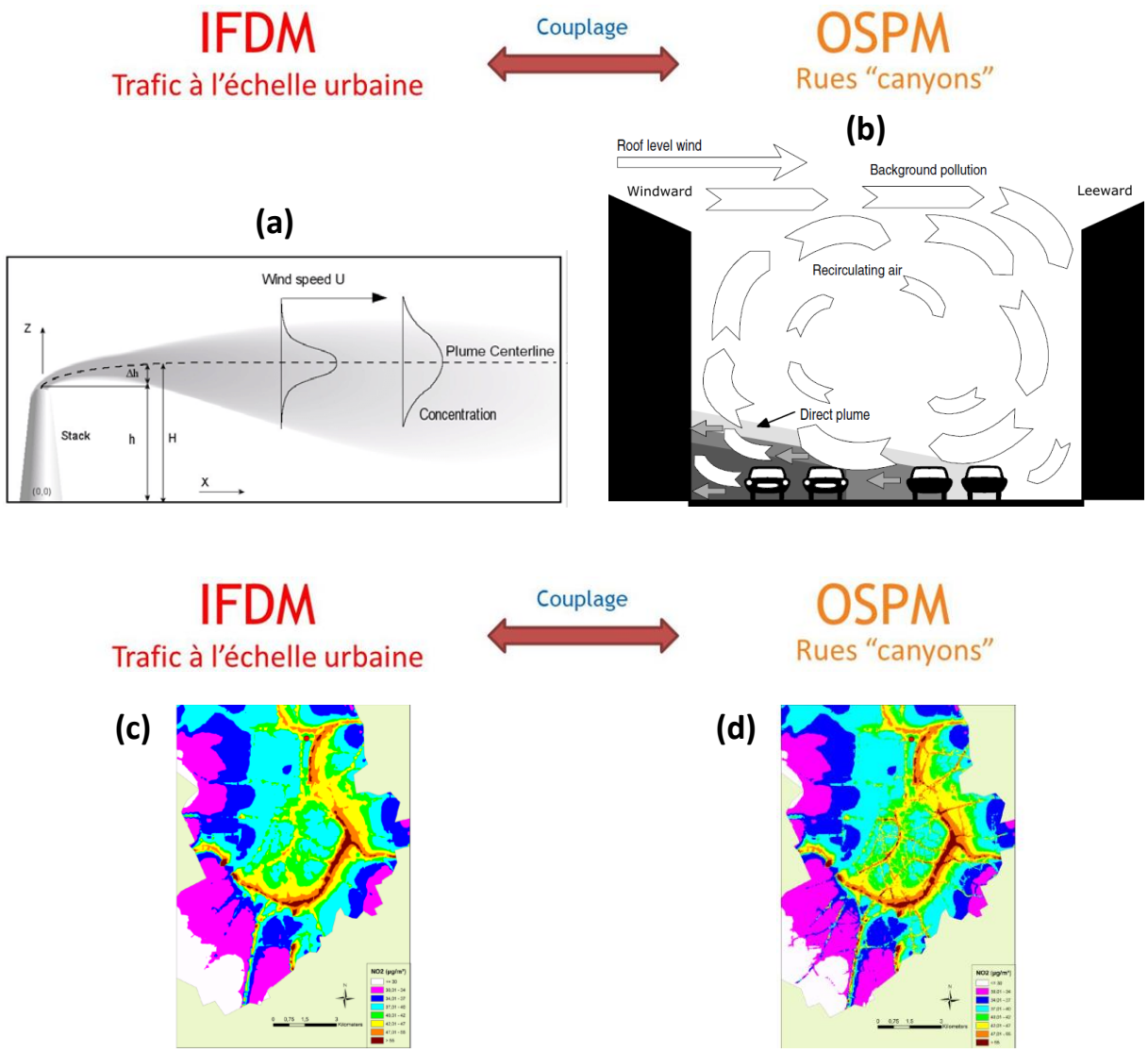


Figure 42 – Dispersion bi-gaussien des polluants à partir de leur source d'émissions avec le modèle IFDM (a) et dispersion des polluants dans une rue canyon avec le modèle OSPM (b). Exemple de cartes de concentrations en NO_2 modélisées (c) par IFDM et (d) par IFDM combiné avec OSPM (Lefebvre *et al.*, 2013).

3.2 Données d'entrée et sorties du modèle

L'application du modèle nécessite un certain nombre de données d'entrée :

1. Les sources d'émissions polluantes :

- Les sources de type ponctuel correspondant aux émissions industrielles (les grandes industries émettrices dans le périmètre communal sont prises en compte).
- Les sources de type linéaire correspondant aux émissions provenant du trafic routier. Pour les estimer, il est nécessaire de connaître :

- le réseau routier (dans cette étude, la base de données OpenStreetMap) ;
- le nombre de véhicules par heure et leur vitesse moyenne par tronçon;
- le mode de conduite (*driving mode*) par tronçon ;
- les facteurs d'émissions associés à chaque type de véhicule.

Les facteurs d'émissions ont été préparés par l'Agence wallonne de l'Air et du Climat (AwAC). Ces facteurs sont fonction du type de véhicule mais aussi du mode de conduite (tableau 6).

Tableau 6 – Facteurs d'émissions

	Véhicules légers			Véhicules lourds		
	Mode urbain	Mode rural	Mode autoroute	Mode urbain	Mode rural	Mode autoroute
NO_x (g/vkm)	0.56	0.42	0.67	5.88	2.57	1.82
EC (g/vkm)	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.02
$PM_{2.5}$ (g/vkm)	0.03	0.02	0.02	0.13	0.10	0.09
PM_{10} (g/vkm)	0.04	0.03	0.03	0.18	0.14	0.13

2. Les dimensions caractéristiques de la rue :

- la hauteur du bâti de chaque côté (sur base d'un modèle numérique de hauteur);
- la largeur de la rue (distance d'une façade à l'autre sur base du PICC) ;
- le nombre de bandes de circulation.

3. Les conditions météorologiques :

- la vitesse et la direction moyennes du vent au niveau des toits;
- la température ;
- l'humidité relative ;
- le rayonnement solaire.

En l'absence de mesures de direction du vent dans les stations de mesure du réseau Pameseb (CRA-w), nous avons utilisé les sorties météo du modèle atmosphérique régional MAR (développé par le Laboratoire de Climatologie, ULiège) pour l'année 2018. Pour ces simulations, le MAR a été forcé aux frontières de son domaine par les réanalyses ERA5. Les sorties horaires du MAR sont à la résolution spatiale de 5 km.

L'équilibre chimique entre les oxydes d'azote et l'ozone (NO_x-O_3) est déterminé sur base de la température et du rayonnement solaire.

4. Les concentrations de fond des polluants étudiés.

Pour Eupen, les concentrations de fond utilisées pour les NO_x, BC et les PM_x proviennent respectivement des stations de mesures d'Eupen, Vielsalm et Membach. Pour Namur, les concentrations de fond pour les NO_x et les PM_x correspondent aux mesures de la station de Vezin et celles du BC de Namur.

Avec ces différentes données, les concentrations en polluants (NO_2, BC, $PM_{2.5}$ et PM_{10}) sont simulées sur l'ensemble de la zone d'étude grâce à la combinaison des deux modules de dispersion IFDM et OSPM. Ces concentrations sont calculées à la résolution horaire à une résolution spatiale de 10 m.

3.3 Projections de la situation actuelle à Eupen

Pour les deux villes pilotes, des projections de la situation actuelle ont été réalisées avec le modèle ATMO-Street. Des simulations de la qualité de l'air en 2018 sont présentées dans cette section comme il n'est en effet pas encore possible de présenter de séries de données ni de projections du modèle complètes pour 2019. Les résultats du modèle seront évalués grâce aux mesures réalisées durant l'étude (et présentées dans la partie Mesures du document) ou avec des campagnes de mesures de 2018. Le fait de comparer une modélisation pour 2018 avec des mesures de 2019 n'est pas problématique si l'on se limite à comparer des moyennes annuelles ou saisonnières. Une analyse à plus fine résolution temporelle (journalière ou horaire) est menée lorsque des mesures faites en 2018, année modélisée par ATMO-Street, sont disponibles.

3.3.1 Concentrations en dioxyde d'azote (NO_2)

La figure 43 montre les concentrations moyennes annuelles en NO_2 projetées par le modèle pour 2018 pour l'ensemble du territoire communal. Les valeurs de concentrations simulées vont de 10 à 67 µg/m^3. Les concentrations les plus élevées, supérieures à 20 µg/m^3, sont simulées sur les routes régionales qui ceinturent le centre-ville et qui mènent à l'autoroute. Des dépassements de la valeur limite annuelle de 40 µg/m^3 sont «observés» sur la Herbesthalerstrasse, l'axe menant à l'E40, et sur la rocade, aux alentours du croisement entre la Vervierstrasse et la Lascheterweg ainsi qu'au niveau de l'Olengraben, près de la Ville basse. Des concentrations de l'ordre de 20 µg/m^3 sont projetées en dehors des grands axes avec des concentrations aux alentours des 10 µg/m3 dans les rues résidentielles. Les concentrations aux heures de pointe sont sans surprise plus élevées (la figure 44 montre les concentrations simulées à 8h du matin). Le maximum simulé est de 84 µg/m^3. Davantage de zones sont en dépassement, mais cela ne concerne toujours que les routes régionales. L'évolution des concentrations en NO_2 au cours de la journée (de 6h à 20h) est présentée à l'annexe 11.

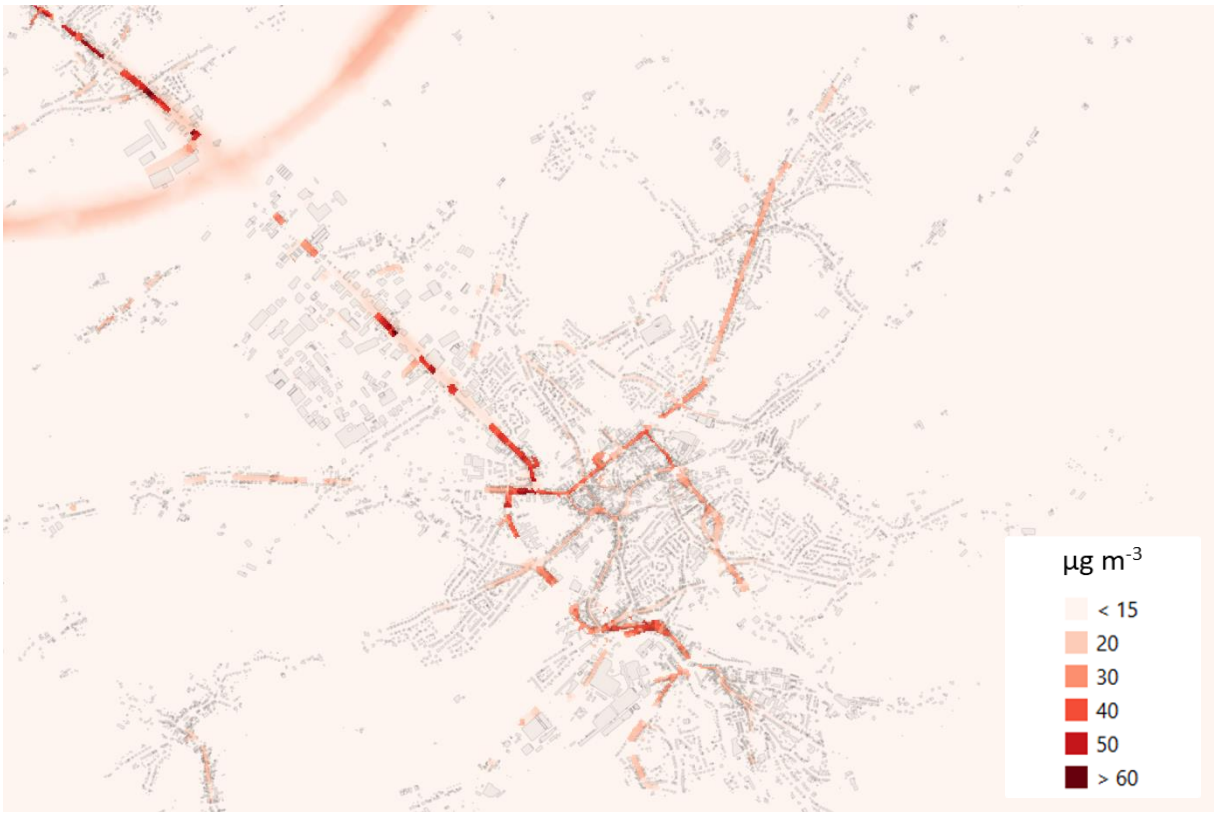


Figure 43 – Concentrations moyennes annuelles en NO_2 simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

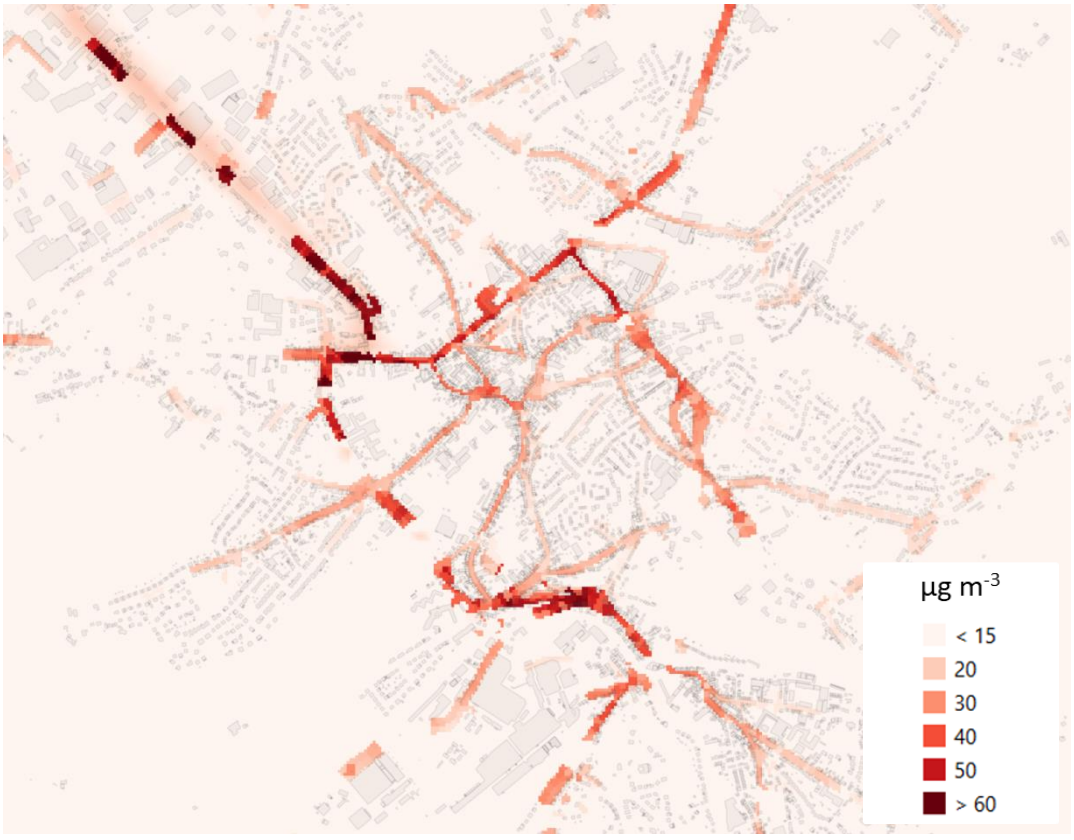


Figure 44 – Concentrations en NO_2 à l'heure de pointe du matin (8h, moyenne annuelle) simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

Les résultats du modèle ont été comparés aux mesures de concentrations en NO_2 réalisées *in situ* durant l'été 2019 (figure 45a). Bien que la corrélation entre les concentrations estivales simulées par le modèle et les mesures soit assez bonne (corrélation = 0.73 ; biais moyen = 3,3 ; RMSE = 6,4), ATMO-Street a tendance à surestimer les concentrations (figure 45b).

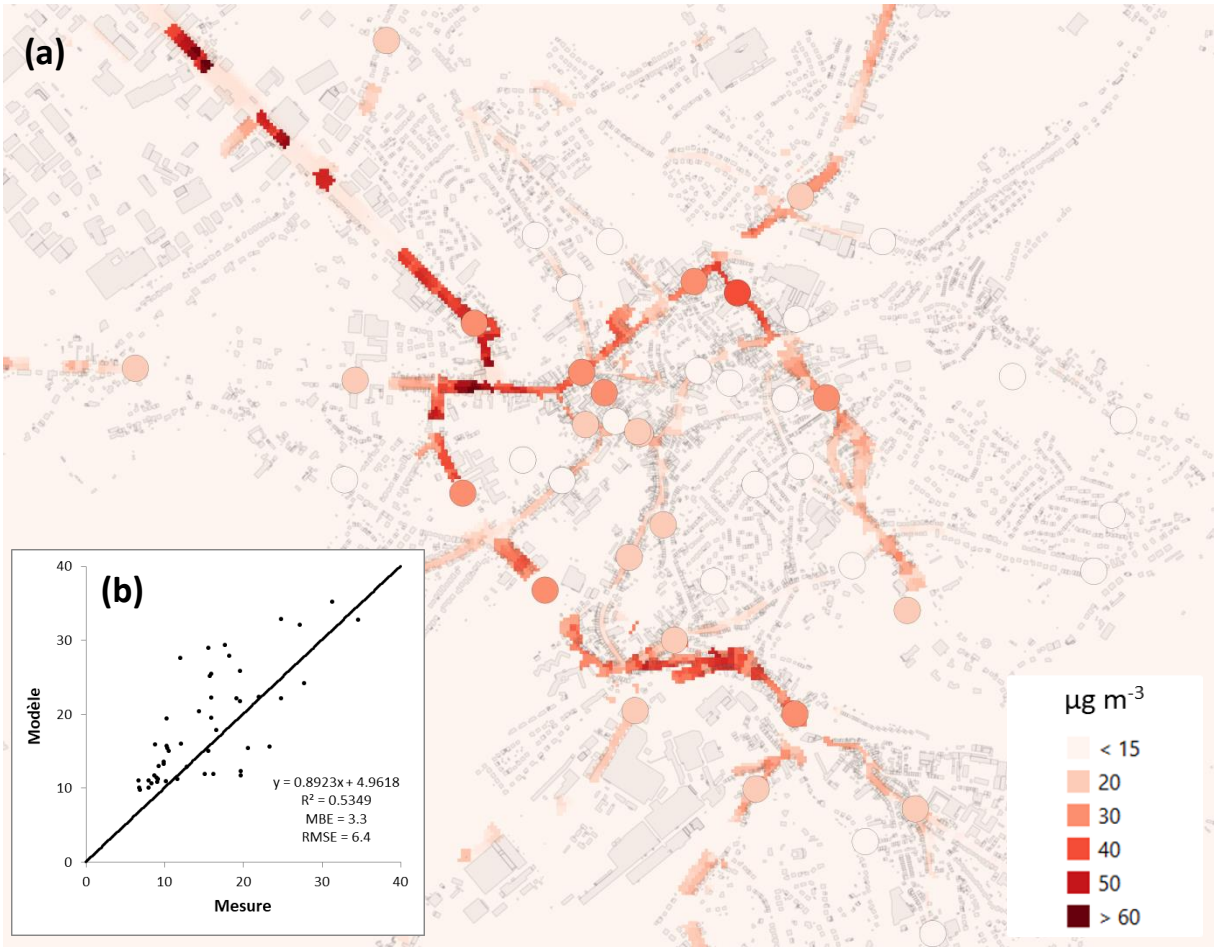


Figure 45 – (a) Concentrations moyennes estivales en NO_2 simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018. Comparaison avec les mesures en NO_2 réalisées durant l'été 2019 (cercles pleins). (b) Régression en les mesures et les résultats du modèle.

3.3.2 Concentrations en *black carbon* (BC)

En ce qui concerne le *black carbon*, la distribution spatiale des concentrations est semblable à celle du NO_2. Les concentrations moyennes annuelles en BC simulées sont comprises entre 0,3 à 2,8 µg/m^3 (figure 46). Si on compare aux mesures réalisées Rathausplatz et Kaperberg en 2019, le modèle a tendance à sous-estimer les concentrations sur les axes de la rocade: 1,15 µg/m^3 simulés pour 1,83 µg/m^3 mesurés Rathausplatz et 0,86 µg/m^3 simulés pour 1,58 µg/m^3 mesurés Kaperberg. Par contre, les concentrations en BC sur la Kirchstrasse qui a une géométrie de type canyon sont assez bien simulées (0,87 µg/m^3 simulés pour 0,84 µg/m^3 mesurés).

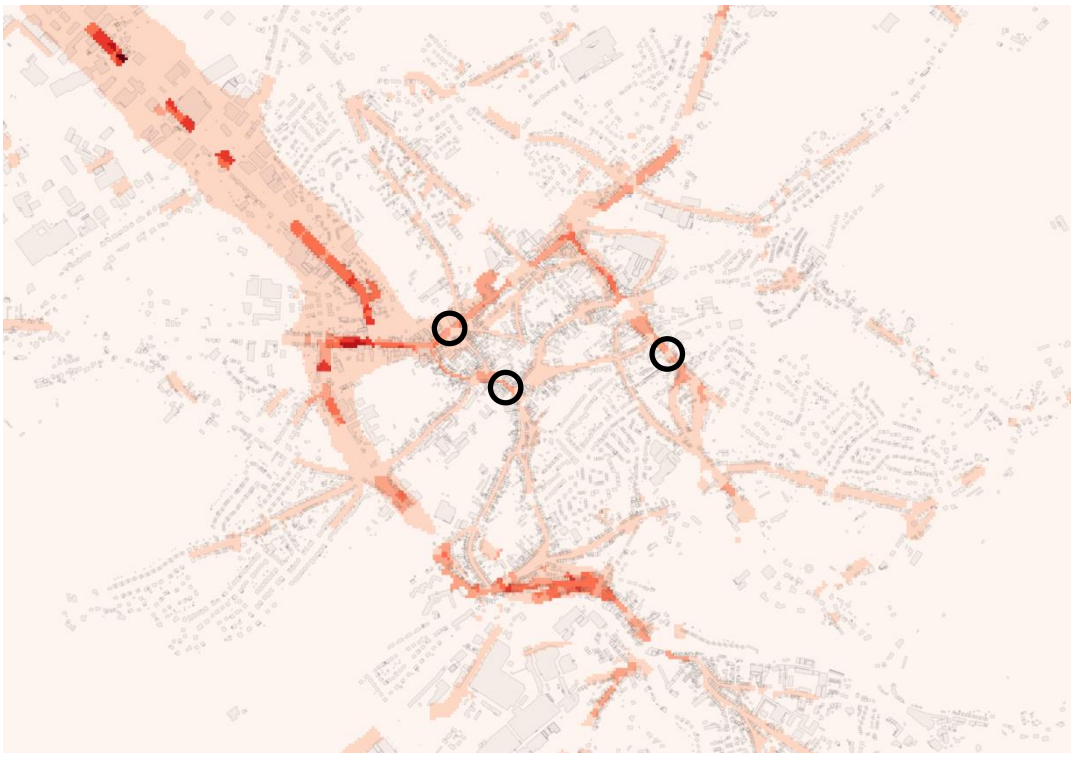


Figure 46 – Concentrations moyennes annuelles en BC simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

3.3.3 Concentrations en particules fines

Les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ simulées par le modèle ATMO-Street sont de l'ordre de 12 à 14 µg/m^3 à Eupen et de 14 à 16 sur certaines routes régionales (figure 47). Pour les PM_{10}, de manière analogue, les moyennes annuelles simulées varient entre 10 et 15 µg/m^3 dans la majeure partie de la ville et de 15 à 20 µg/m^3 sur les routes régionales (figure 48). Les différences spatiales dans les concentrations PM_{10} et les $PM_{2.5}$ modélisées sont moins importantes que pour le carbone noir. En effet, les concentrations de carbone noir sont plus généralement déterminées par les sources locales. Si ces valeurs respectent les normes de l'Union Européenne (annexe 1), ces concentrations annuelles en $PM_{2.5}$ dépassent par contre la ligne directrice de l'OMS qui est de 10 µg/m^3.

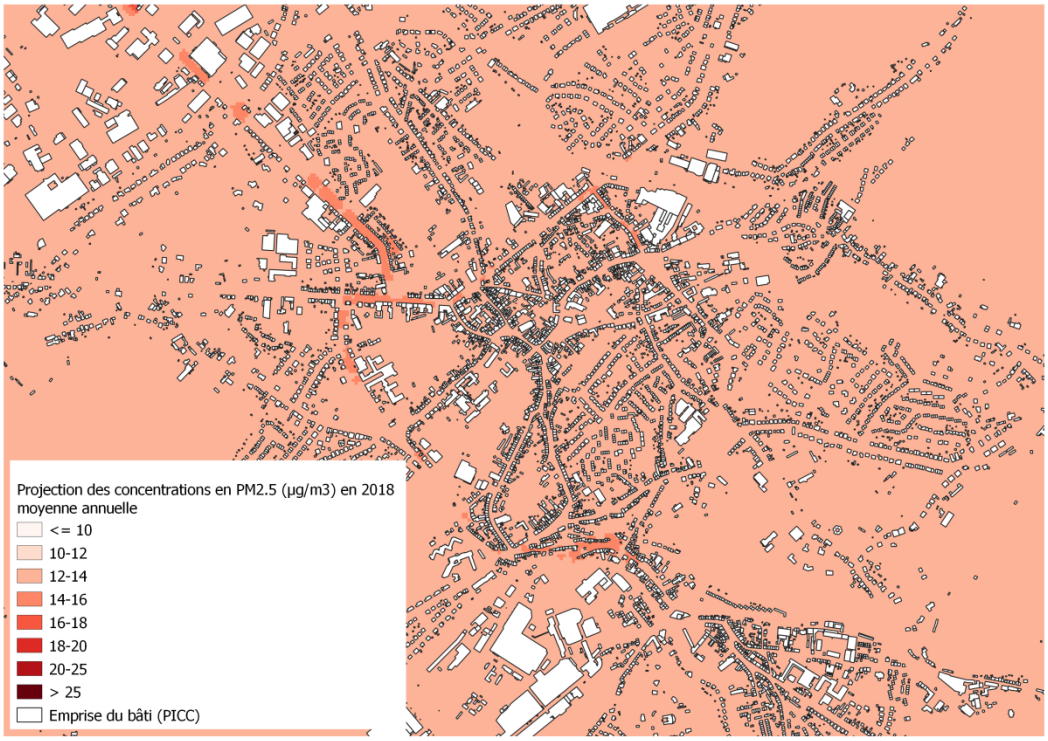


Figure 47 – Concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

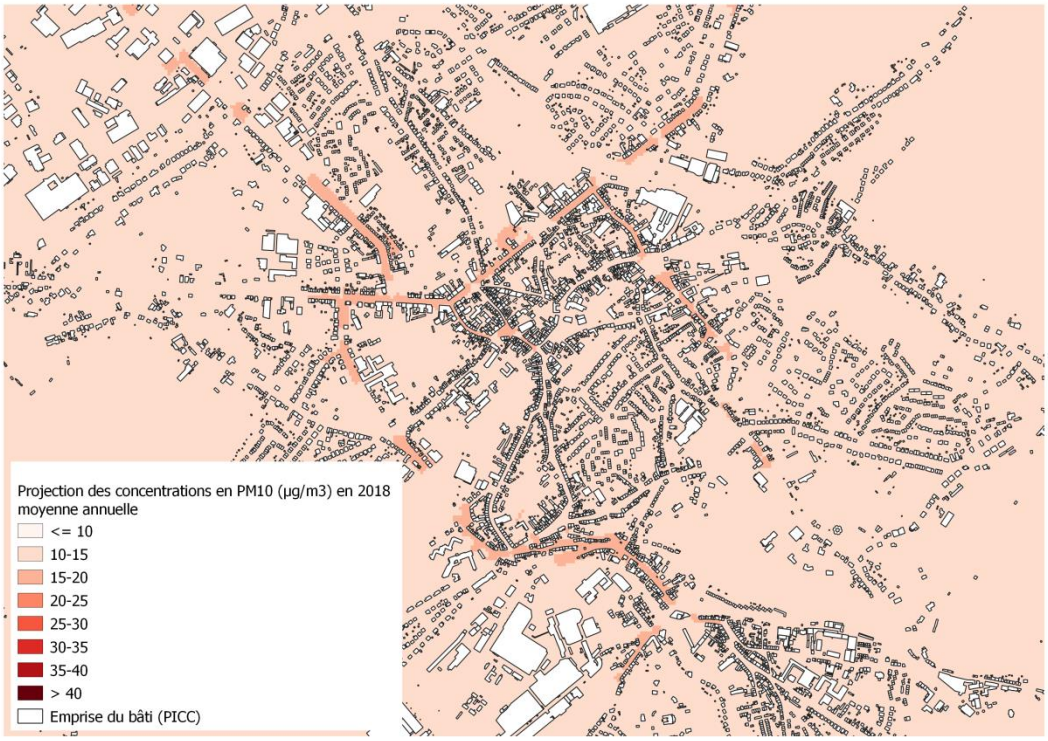


Figure 48 – Concentrations moyennes annuelles en PM_{10} simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

3.4 Projections de la situation actuelle à Namur

3.4.1 Concentrations en dioxyde d'azote (NO_2)

Les projections du modèle permettent d'étendre à l'ensemble de la commune namuroise le diagnostic déjà esquissé par la campagne «tubes passifs NO_2». Les valeurs de concentrations simulées vont de 13 à 74 µg/m^3. On retrouve les concentrations les plus élevées sur les axes où le trafic est le plus dense (figure 49): les pénétrantes, la ceinture et les autres nationales. Sur les quais, où les canyons sont semi-ouverts, les concentrations ont tendance à être surestimées. C'est un artefact du modèle qui est en train d'être corrigé par le VITO.

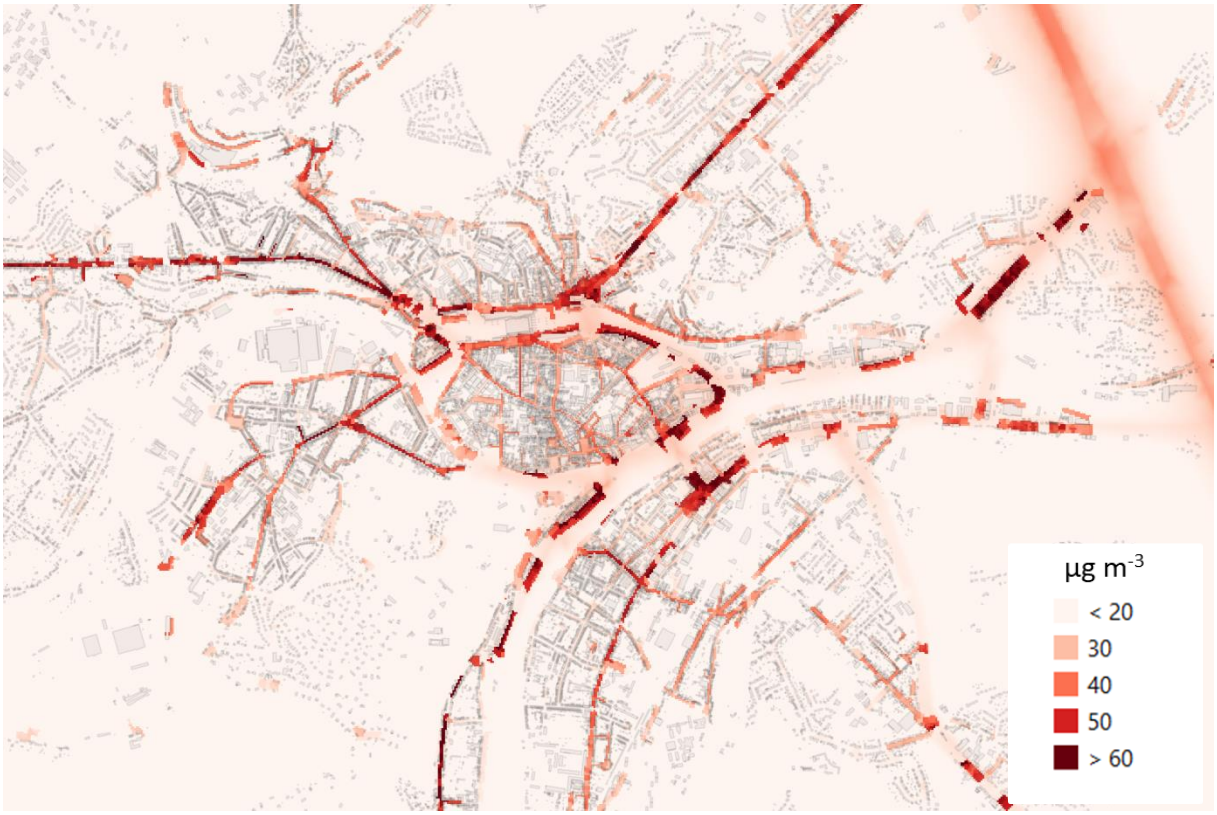


Figure 49 – Concentrations moyennes annuelles en NO_2 simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

La validation du modèle est réalisée en considérant uniquement les mesures NO_2 effectuées en 2018 (figure 50). En effet, certains quartiers, comme le quartier de la gare avec la suppression de la gare des bus, ont connu depuis fin 2015 des évolutions qui influent sur les concentrations en polluants. Le modèle arrive à bien reproduire les variations de concentrations observées (corrélation = 0,66 ; biais moyen = -1,04 ; RMSE = 7,19) : des valeurs en dessous des 20 µg/m^3 en plein cœur du piétonnier et en fond urbain, des concentrations entre 20 et 30 µg/m^3 dans les rues piétonnes ou à faible trafic (moins de 3 000 véhicules par jour ouvrable), des concentrations de 30 à et 40 µg/m^3 dans les rues avec un trafic supérieur à 5 000 véhicules par JOM. On dépasse les 40 µg/m^3 dans certaines rues canyons et dans les axes au trafic dense.

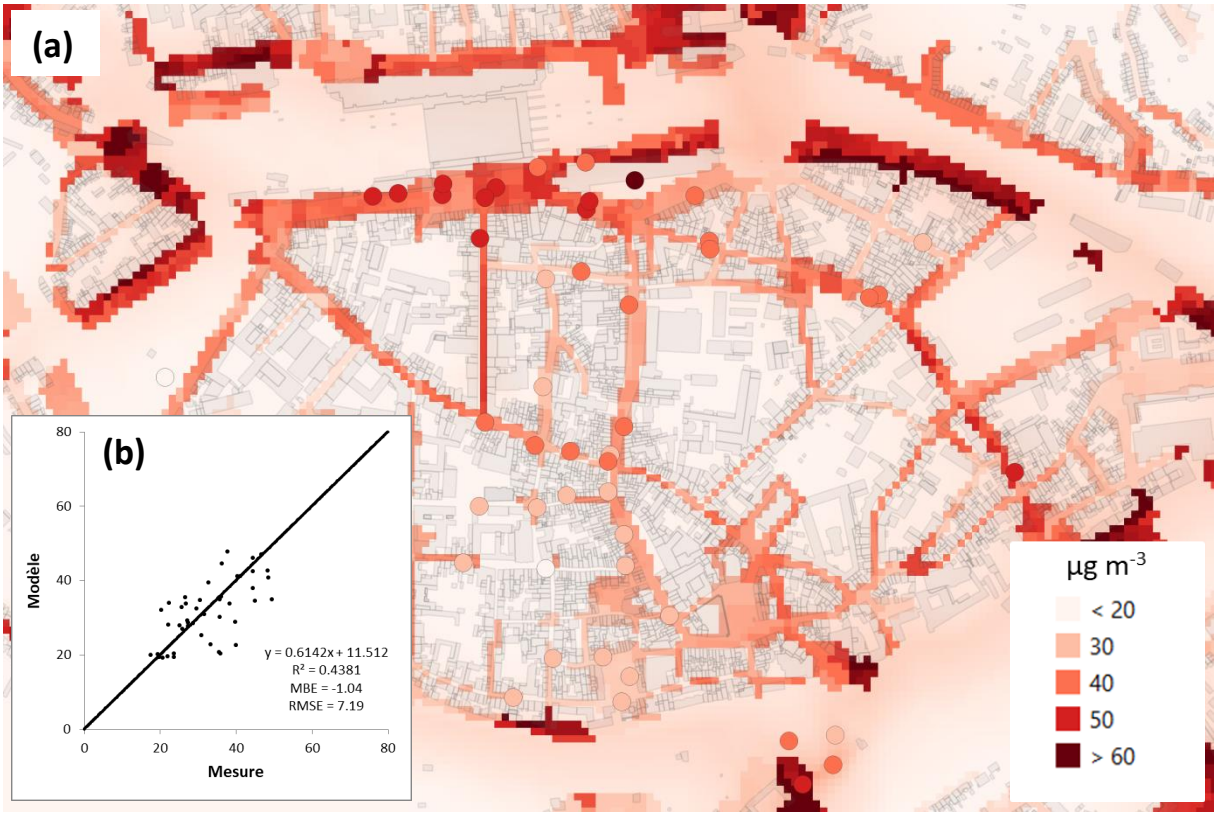


Figure 50 – (a) Concentrations moyennes annuelles en NO_2 simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018. Comparaison avec les mesures en NO_2 réalisées durant l'été 2019 (cercles). (b) Régression entre les mesures et les résultats du modèle.

La figure 51 montre les variations horaires des concentrations en NO_2 rue de l'Ange à Namur mesurées par un analyseur abrité dans une remorque du réseau mobile ISSeP et modélisées avec ATMO-Street durant une semaine en 2018. Le modèle reproduit assez bien les variations des concentrations au cours d'une journée (pics de début et de fin de journée).

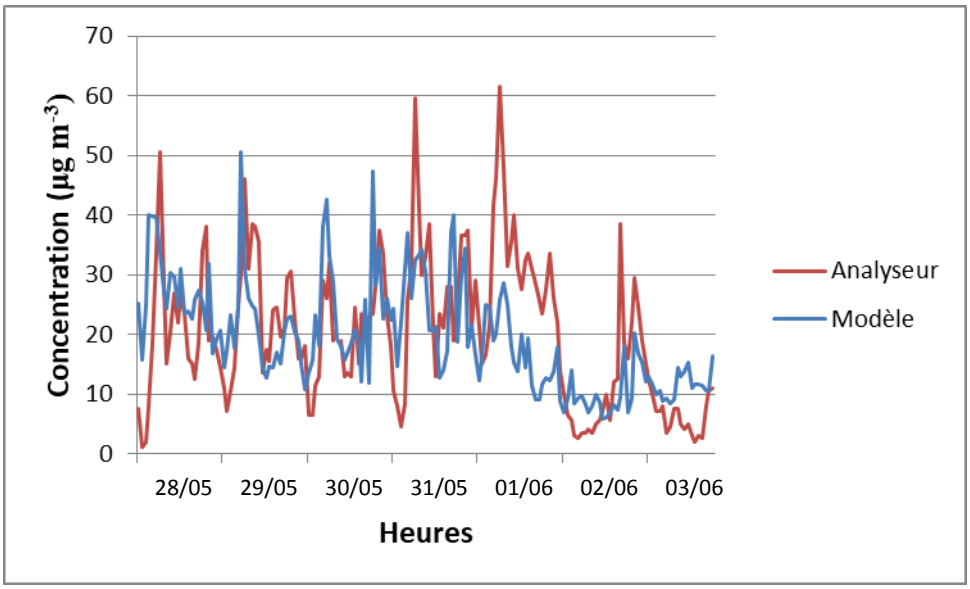


Figure 51 – Concentrations en NO_2 rue de l'Ange à Namur mesurées et modélisées pour une semaine en 2018.

En heure de pointe, le modèle projette que les concentrations en NO_2 peuvent monter jusqu'à 90 µg/m^3 (figure 52). L'évolution des concentrations en NO_2 au cours de la journée (de 6h à 20h) est présentée à l'annexe 11.

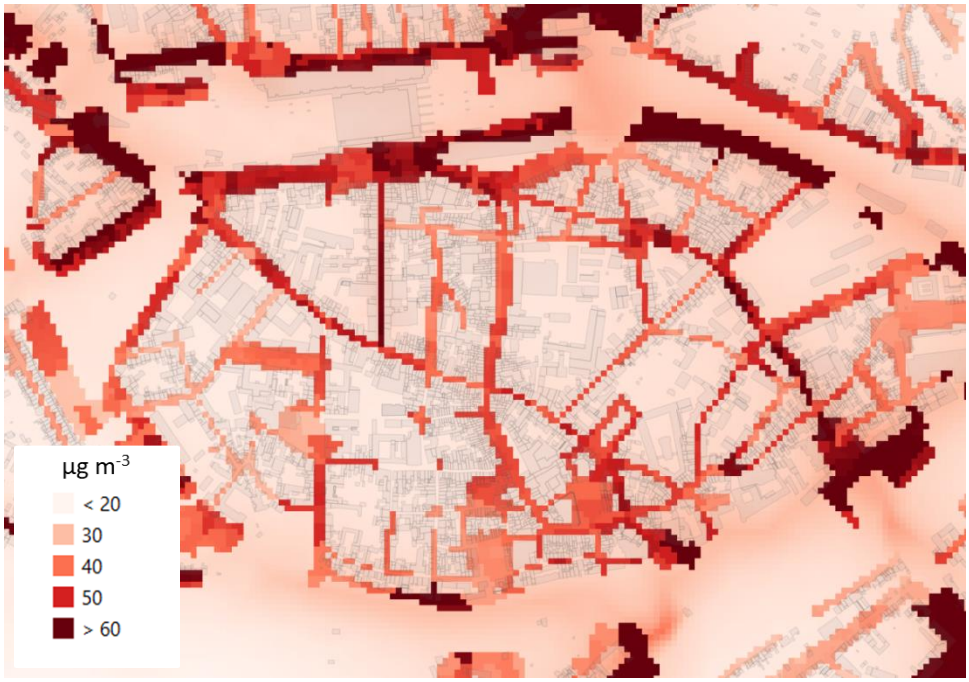


Figure 52 – Concentrations en NO_2 à l'heure de pointe du matin (8h, moyenne annuelle) simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

3.4.2 Concentrations en *black carbon* (BC)

Les concentrations moyennes annuelles en BC simulées sont comprises entre 0,96 à 4,2 µg/m^3 (figure 53). Si on compare aux mesures réalisées rue Godefroid et Avenue Materne en 2019, le modèle se situe dans les bonnes gammes de valeurs : 2.36 µg/m^3 simulés pour 1.93 µg/m^3 mesurés rue Godefroid et 1.30 µg/m^3 simulés pour 1.37 µg/m^3 mesurés avenue Materne. La figure 54 présente les concentrations horaires simulées pour le mois de juillet 2018 et mesurées durant le mois de juillet 2019 rue Godefroid. Cette analyse montre que le modèle reproduit assez bien les niveaux de concentrations.

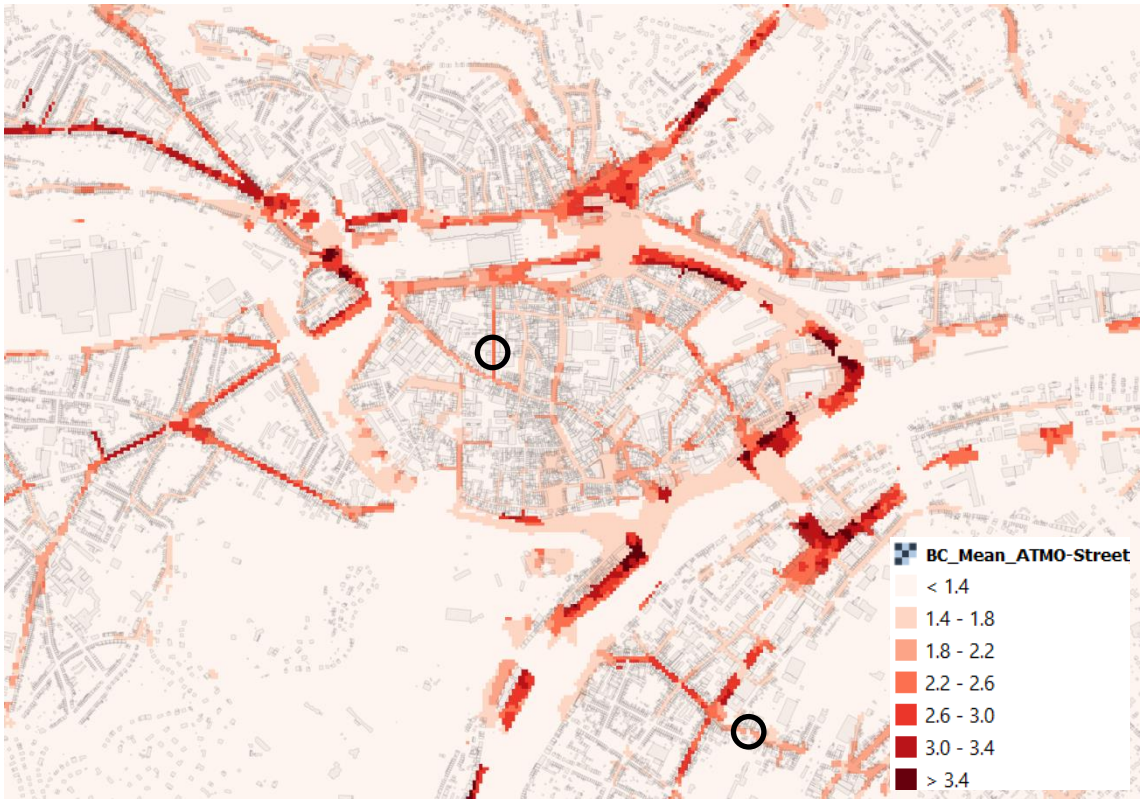


Figure 53 – Concentrations moyennes annuelles en BC simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

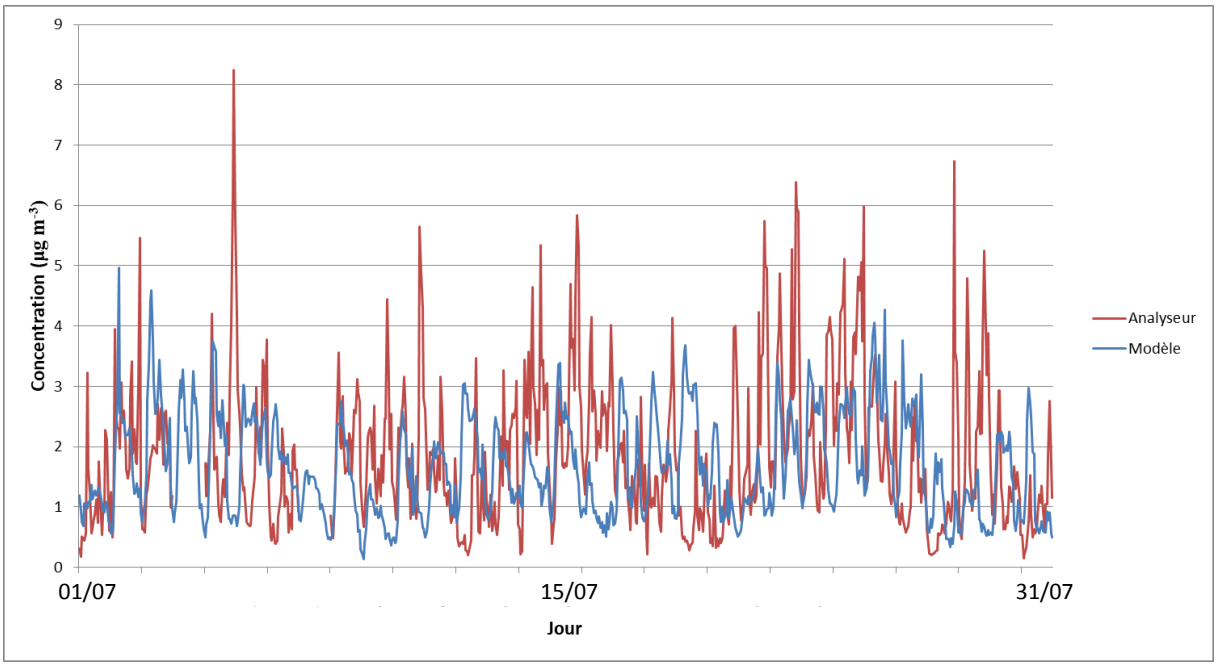


Figure 54 – Concentrations en BC rue Godefroid à Namur mesurées en juillet 2019 et modélisées pour la même période en 2018.

3.4.3 Concentrations en particules fines

Comme à Eupen, les différences spatiales dans les concentrations en PM_{10} et en $PM_{2.5}$ modélisées sont moins importantes que pour le carbone noir. Les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ simulées par le modèle ATMO-Street sont de l'ordre de 16 à 18 µg/m^3 à Namur et de 18 à 20 sur les grands axes (figure 55). Pour les PM_{10}, de même, les moyennes annuelles simulées varient entre 15 et 20 µg/m^3 dans la majeure partie de la ville et de 20 à 25 µg/m^3 sur les routes régionales (figure 57). Si ces valeurs respectent les normes de l'Union Européenne (annexe 1), elles dépassent les lignes directrices de l'OMS qui sont de 10 µg/m^3 pour les $PM_{2.5}$ et de 25 µg/m^3 pour les PM_{10}. En heure de pointe, la situation s'aggrave (figures 56 et 58). Le modèle simule des dépassements de la norme européenne pour les $PM_{2.5}$.

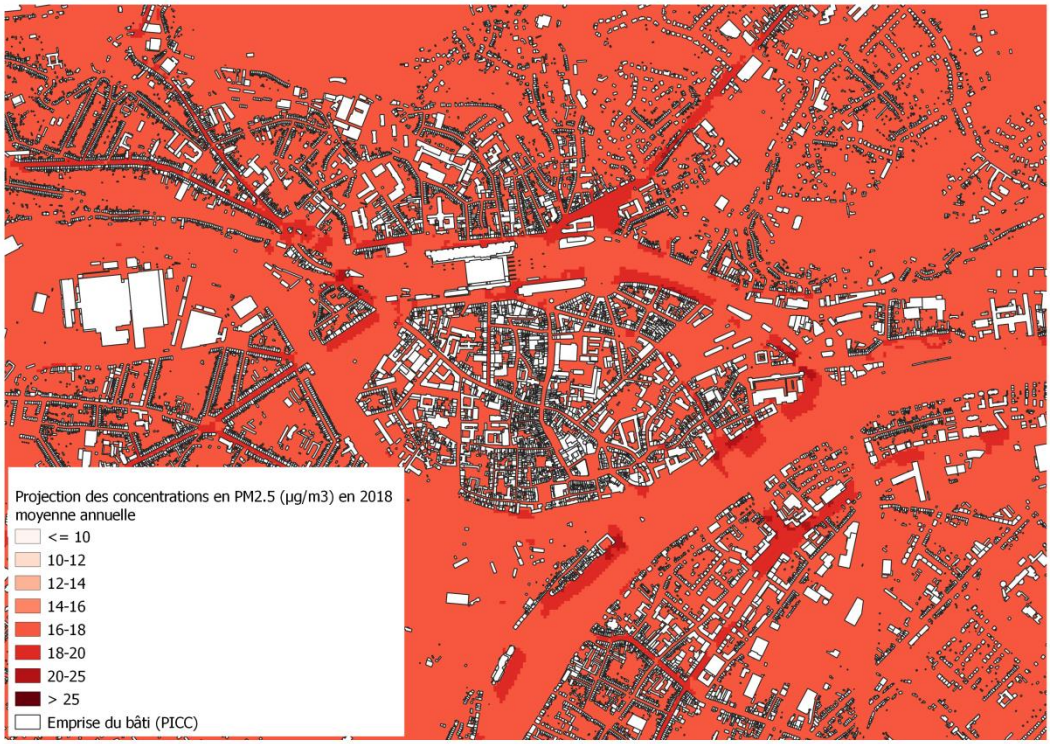


Figure 55 – Concentrations moyennes annuelles en $PM_{2.5}$ simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

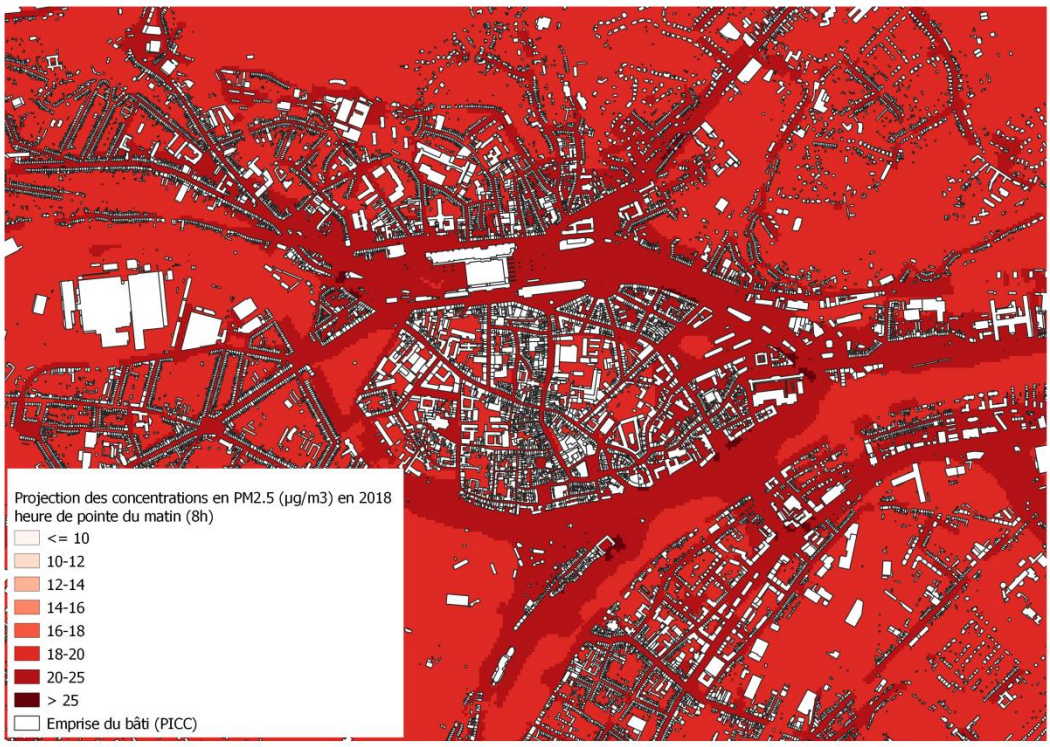


Figure 56 – Concentrations en $PM_{2.5}$ à l'heure de pointe du matin (8h, moyenne annuelle) simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

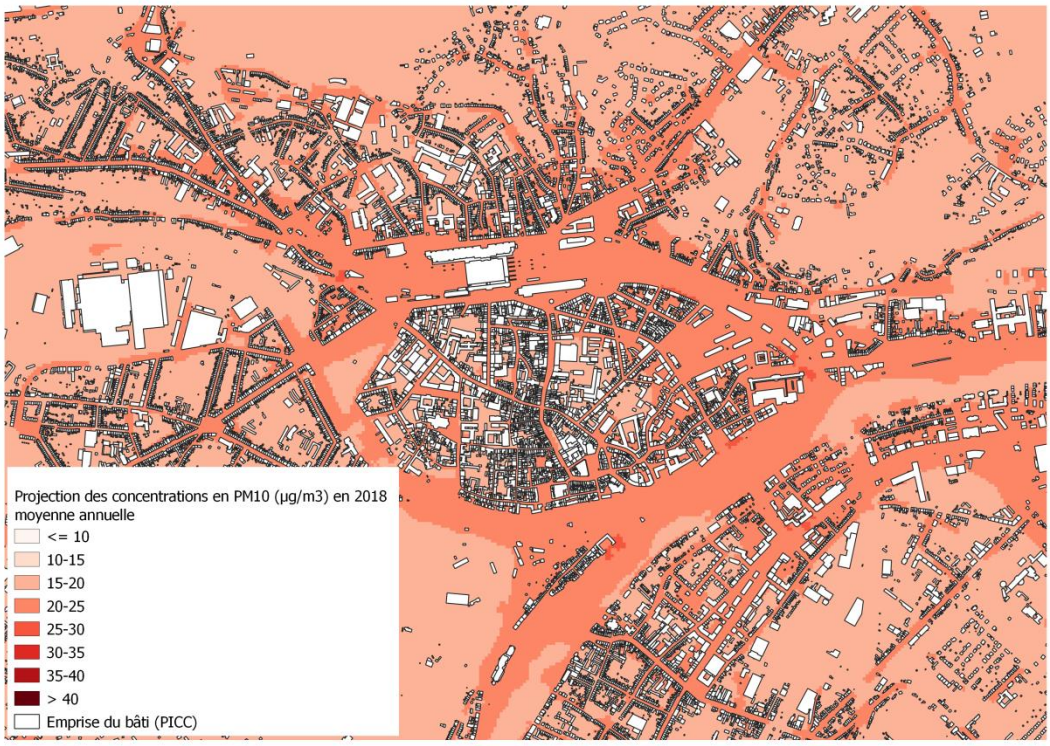


Figure 57 – Concentrations moyennes annuelles en PM_{10} simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

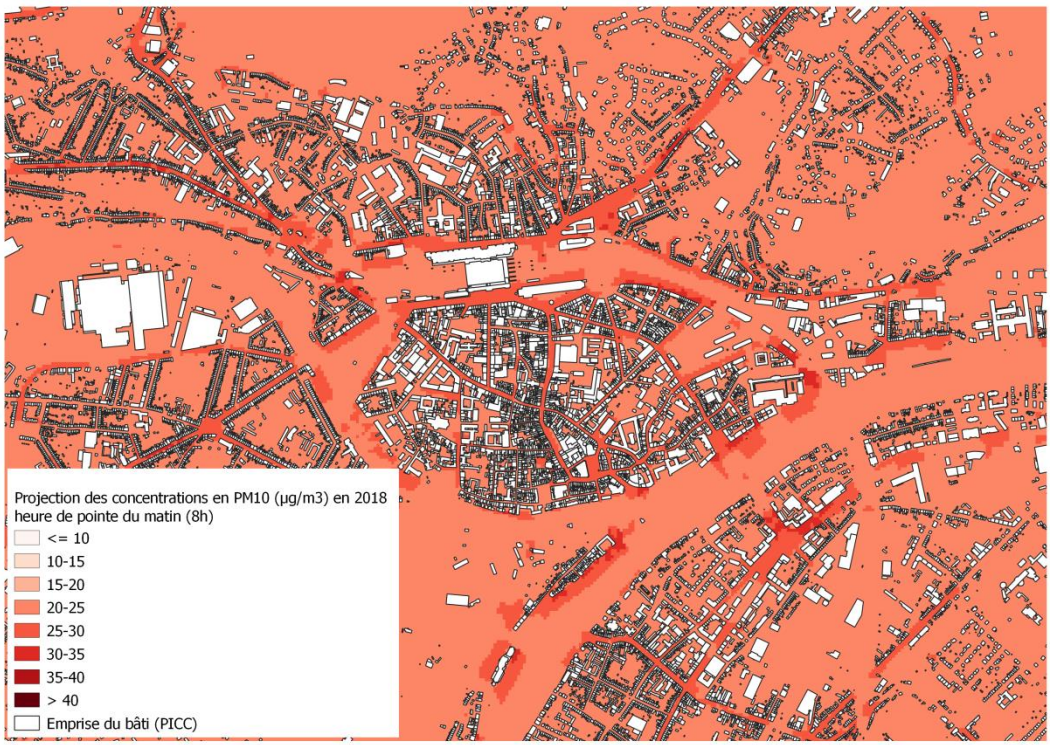


Figure 58 – Concentrations en PM_{10} à l'heure de pointe du matin (8h, moyenne annuelle) simulées par le modèle ATMO-Street pour l'année 2018.

3.5 Projections de l'impact d'une ZBE

L'objectif premier de la mise en œuvre d'une zone basses émissions est d'améliorer la qualité de l'air en interdisant l'accès à cette zone aux véhicules les plus polluants. Cette mesure accélère le remplacement des véhicules les plus anciens par d'autres plus récents moins émetteurs ; une part de ces véhicules n'étant simplement pas remplacée. Ces réductions d'émissions liées au trafic routier entraînent théoriquement une diminution des concentrations en ces polluants et une amélioration de la qualité de l'air. Dans cette section, les projections des concentrations attendues avec l'instauration d'une ZBE, réalisées avec le modèle ATMO-Street, sont présentées pour les cas d'Eupen et de Namur. Ces résultats seront mis en perspective avec les projections et premières conclusions provenant des autres ZBE belges, Bruxelles et Anvers, dans la Discussion des résultats.

3.5.1 Renouvellement du parc

Le décret wallon établi un calendrier communal qui fixe les interdictions progressives de véhicules (tableau 3). Pour réaliser nos projections de l'impact d'une ZBE sur les concentrations en polluants, nous avons fait l'hypothèse que les véhicules ne répondant plus aux conditions d'accès d'une zone basses émissions wallonne seraient remplacés par des véhicules Euro 6b. Nos scénarios n'envisagent pas la possibilité que certains d'entre eux ne soient pas remplacés et ne prennent en compte ni le

renouvellement naturel du parc ni le taux de croissance normal du parc (*i.e.*, extrapolation linéaire des années précédentes). Un *statu quo* dans la taille du parc wallon est donc supposé.

Pour pouvoir tirer quelques enseignements des expériences déjà en cours, TRAXIO a également réalisé une étude du parc automobile des deux ZBE déjà implantées en Belgique, Anvers et Bruxelles, et leur évolution (figure 59). Ces deux villes sont les seules agglomérations belges qui voient leur parc diminuer sur la période 2015-2018. Malgré probablement d'autres facteurs explicatifs, l'annonce et l'instauration des ZBE a certainement eu un impact. Louvain avec, depuis 2016, un plan de circulation très ambitieux voit aussi son parc diminuer. Entre 2015 et 2018, les parcs namurois et eupenois auraient augmenté de 3 à 4 % (figure 60).

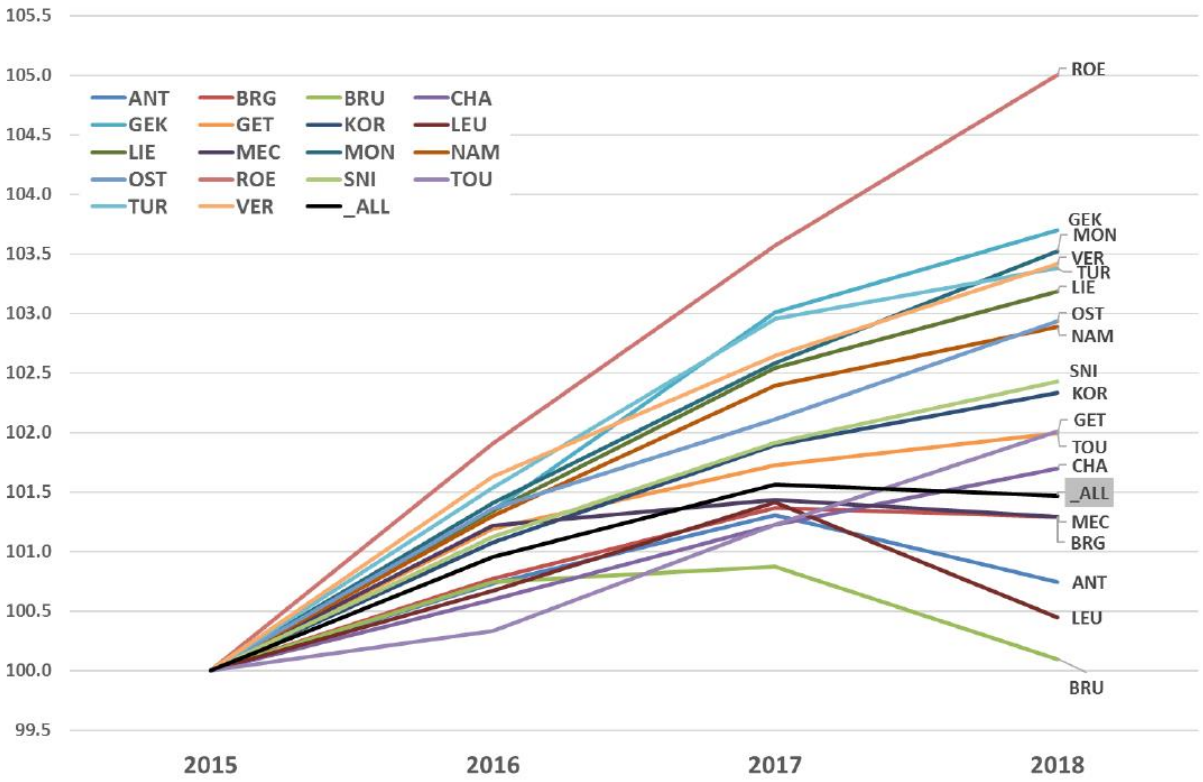


Figure 59 – Evolution du parc auto dans les grandes villes belges (TRAXIO).

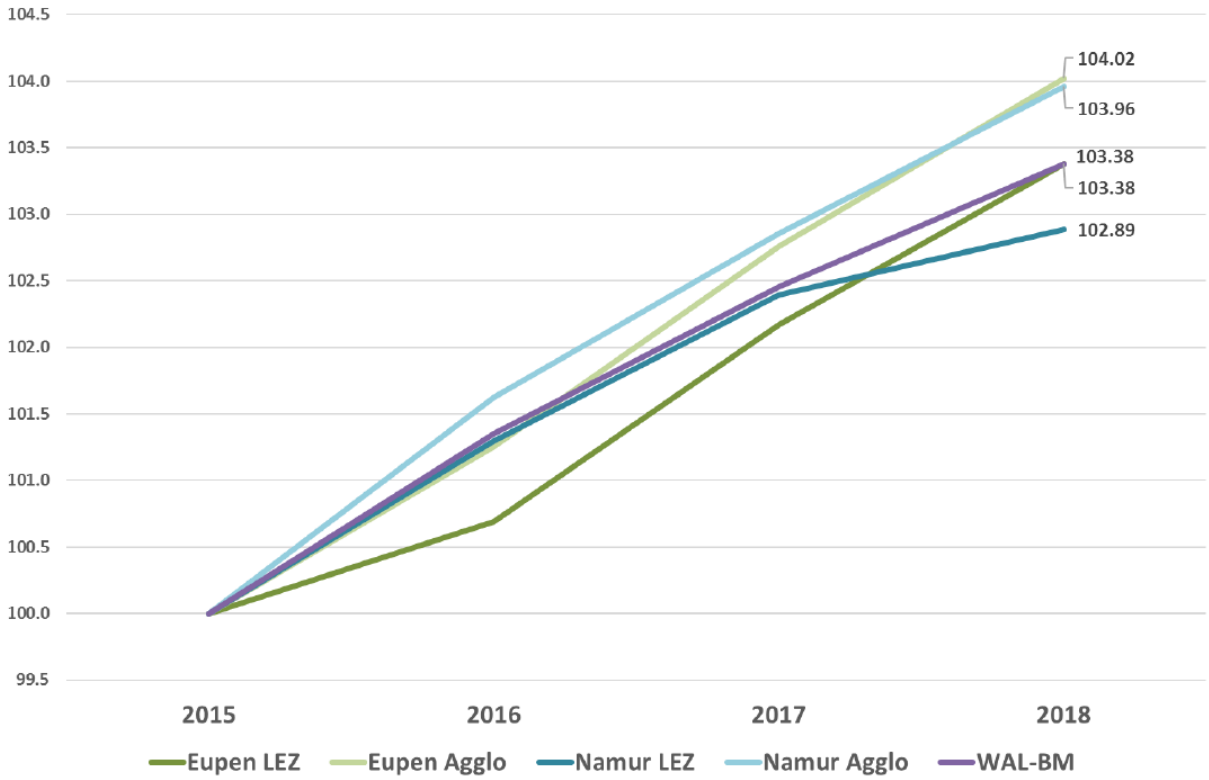


Figure 60 – Evolution du parc auto dans les communes d'Eupen et de Namur et leurs agglomérations (TRAXIO).

A Bruxelles, une diminution nette du nombre de véhicules diesel Euro 0 et Euro 1 (-63 %) a été observée entre juin et décembre 2018 (début des verbalisations le 1er octobre 2018). Moins de véhicules diesel circuleraient, mais il est difficile de dire si c'est un seul effet de la LEZ ou aussi un effet « naturel » lié à d'autres facteurs (prix du diesel, évolution du marché…).

3.5.2 Réduction des émissions

Les réductions des émissions attendues avec l'instauration d'une ZBE ont été calculées en prenant comme référence la flotte wallonne de 2017 (DIV, 2019). A chaque sous-catégorie (motorisation, norme Euro,…) de véhicules sont associés un facteur d'émissions et un nombre de kilomètres parcourus (COPERT IV). Les facteurs d'émissions se basent sur une large compilation de mesures et d'analyses comparatives de modèles d'émissions et prennent en compte un certain nombre de mesures faites dans des conditions réelles de conduite. L'ensemble des véhicules du parc wallon, qu'ils soient concernés ou pas (deux-roues) par les interdictions, est pris en compte dans le calcul des émissions 2017 et des réductions d'émissions attendues en 2020, 2022 et 2025. Comme dit précédemment, pour chaque phase du calendrier, les véhicules interdits sont remplacés dans nos projections par des Euro 6b et la taille du parc n'évolue pas. Le nombre de kilomètres parcourus par chaque catégorie de véhicules est également supposé ne pas varier.

Le tableau 7 présente, pour les différentes phases d'interdiction, les facteurs de réductions (pourcentage par rapport à 2017) des émissions pour les quatre polluants caractéristiques du transport routier : les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines (PM_{10} et $PM_{2,5}$) et les particules de *black carbon* (BC). En 2017, les émissions en tonnes de NO_x étaient de 6337 t pour le mode de conduite urbain et de 8900 t pour le mode de conduite rural. Pour les particules fines, les émissions en modes urbain et rural étaient respectivement de 243 et 399 t pour les $PM_{2.5}$ et de 335 et 598 t pour les PM_{10}. Quant au carbone noir, les émissions en tonnes étaient de 149 t pour le mode urbain et de 183 t pour le mode de conduite rural.

Tableau 7 – Evolution projetée des émissions du transport routier avec l'instauration d'une ZBE communale en Région wallonne (par rapport à 2017).

	2020		2022		2025	
	Mode urbain	Mode rural	Mode urbain	Mode rural	Mode urbain	Mode rural
NO_x	-17 %	-26 %	-19 %	-28 %	-27 %	-33 %
BC	-44 %	-50 %	-88 %	-91 %	-89 %	-92 %
$PM_{2.5}$	-23 %	-21 %	-40 %	-35 %	-41 %	-35 %
PM_{10}	-17 %	-14 %	-31 %	-24 %	-31 %	-25 %

Les émissions de NO_x des moteurs diesel mesurées en conditions réelles sont 10 fois supérieures à celles des moteurs à essence, même pour les véhicules récents de norme Euro 6. Les réductions attendues dans les émissions de NO_x sont principalement dues au remplacement des vieux véhicules diesel par des diesel Euro 6 équipés de la technologie de réduction catalytique sélective SCR (*Selective Catalytic Reduction*). Ces véhicules utilisent de l'AdBlue, une solution aqueuse d'urée utilisée pour transformer jusqu'à 85 % des NO_x en eau et azote et injectée dans le système d'échappement entre le moteur et le catalyseur SRC. Utilisé dès 2006 par les camions, il est intégré aux automobiles depuis 2014. On observe cependant que le remplacement progressif des vieux véhicules diesel n'entraîne pas de réductions d'émissions importantes entre les trois phases du calendrier ; on passe d'une réduction de ± 20 % en 2020 à une réduction ± 30 % en 2025. Malgré la technologie, il semble en effet qu'en circulation réelle, des véhicules diesel Euro 5 et 6 peuvent émettre presque autant de NO_x que les véhicules plus anciens (et même davantage pour certains modèles). Nos estimations ne tiennent pas compte des nouvelles procédures d'homologation des véhicules (nouveau cycle combiné d'homologation des véhicules WLTP-RDE, *cfr* section LEZ bruxelloise).

Ce sont aussi les véhicules diesel qui émettent le plus de particules fines (PM) et de *black carbon* (BC). Les interdictions en 2020 et en 2022 devraient s'accompagner d'importantes réductions d'émissions, particulièrement pour le BC (près de -50 % en 2020 et -90 % en 2022) et pour les $PM_{2.5}$ (plus de -20 % en 2020 et près de 40 % en 2022). Les diminutions d'émissions de PM_{10} sont, on le voit, plus faibles, car les émissions du moteur (émissions exhaust) ne constituent qu'une faible partie des émissions PM_{10} d'un véhicule. La majeure partie des émissions de particules fines provient en effet de l'abrasement de la route, du frottement des pneus et du système de freinage (émissions non

exhaust). En 2025, les émissions en particules fines (PM) et en carbone noir (BC) ne diminueraient plus avec les nouvelles restrictions. Cela s'explique par le fait que des normes pour les particules fines ont été introduites à partir des véhicules Euro 3 et que les véhicules diesel récents (normes Euro 5 et 6) sont équipés de filtres à particules entraînant une diminution des émissions de PM et de BC (les émissions de PM exhaust ne constituent plus que 10 % des émissions de PM totales d'un véhicule).

3.5.3 Impact potentiel sur les concentrations en polluants à Eupen

L'impact de la réduction des émissions sur les concentrations en polluants à Eupen et à Namur a été estimé à l'aide de la chaîne de modélisation ATMO-Street. Nos scénarios supposent que les véhicules interdits sont directement remplacés par des véhicules Euro 6 de même catégorie. L'interdiction progressive des véhicules les plus polluants a pour objectif d'accélérer le renouvellement naturel du parc. Dans cette étude, l'évolution des émissions résultant uniquement du renouvellement naturel de la flotte n'a pas été calculée.

Comme pour les projections des concentrations actuelles, dans nos scénarios avec ZBE, le chauffage, une source de pollution importante en milieu urbain, et l'industrie sont pris en compte dans les concentrations de fond. Leur évolution dans le temps n'est cependant pas considérée. Ce sont les valeurs pour 2018 qui sont utilisées dans tous nos scénarios.

Toutes nos projections futures (2020, 2022 et 2025) ont été réalisées avec les conditions météorologiques de 2018. Garder une année météo de référence permet d'isoler l'effet de la diminution des émissions routières sur les concentrations, mais il faut garder à l'esprit que les concentrations peuvent fortement varier en fonction de la météo.

Les cartes suivantes (figures 61 à 72) présentent l'évolution projetée des concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) et en carbone noir (BC) en 2020, 2022 et 2025 à Eupen puis à Namur. L'évolution des concentrations en particules fines, PM10 et PM2.5, figurent en annexe 14. Les résultats montrent que la relation entre la diminution des émissions et la diminution des concentrations n'est pas linéaire en raison notamment des conditions de vent (dispersion des polluants) ou de rayonnement (formation de polluants secondaires).

Les diminutions des concentrations en NO_2 projetées par le modèle augmentent sans surprise avec les interdictions progressives (figures 61 à 63). Avec la première vague d'interdictions (à partir de 2020), des diminutions jusqu'à -20,78 % des concentrations en NO_2 sont simulées par rapport à 2018 (figure 43 pour les projections des concentrations 2018). A partir de 2022 et ensuite 2025, les concentrations en NO_2 pourraient diminuer jusqu'à respectivement -22,49 % et -26,37 % par rapport à 2018 toujours. Logiquement, on observe que c'est sur les axes les plus fréquentés, où la contribution du trafic aux concentrations NO_2 est la plus grande, que sont projetées les baisses relatives de concentrations les plus importantes. Ainsi, lorsque le trafic représente la principale source de pollution, les diminutions (relatives) attendues dans les émissions (tableau 7) et dans les concentrations sont fort proches.

Ailleurs, où la circulation est moins dense ou lorsque l'on s'éloigne du réseau routier, une diminution (relative) plus faible des concentrations en NO_2 rappelle que le transport routier n'est pas l'unique source d'émissions du dioxyde d'azote (l'agriculture par exemple) et que l'instauration d'une ZBE n'est qu'une mesure de qualité de l'air possible parmi d'autres. Pour rappel, à Eupen, la moyenne annuelle des concentrations de fond (*i.e.*, concentrations mesurées dans un site relativement éloigné de toute pollution humaine liée au transport) en NO_2 est de l'ordre de 10 $\mu g/m^3$.

Dans l'annexe 13, les pourcentages de réduction projetés par le modèle pour les trois phases du calendrier communal d'interdiction, en 2020, 2022 et 2025, sont appliqués aux concentrations en NO_2 mesurées durant la campagne NO_2 de l'été 2019. Aucun dépassement n'ayant été enregistré durant cette période, les mesures d'interdiction ne font donc qu'améliorer une situation déjà bonne.

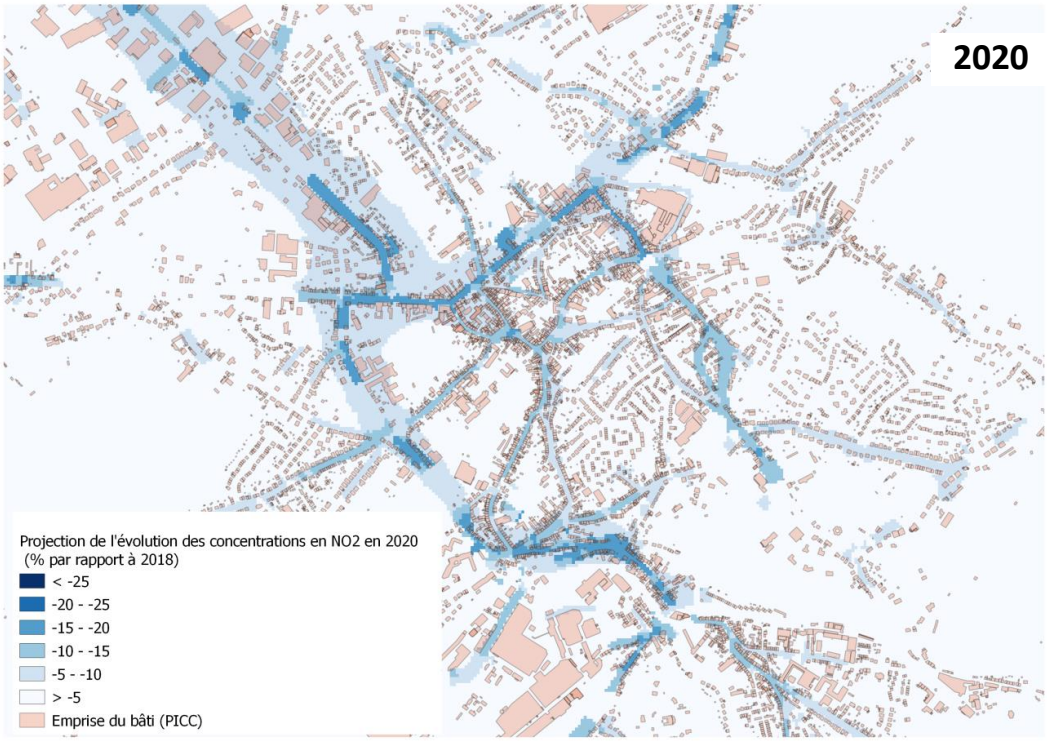


Figure 61 – Evolution des concentrations en NO_2 à Eupen projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.

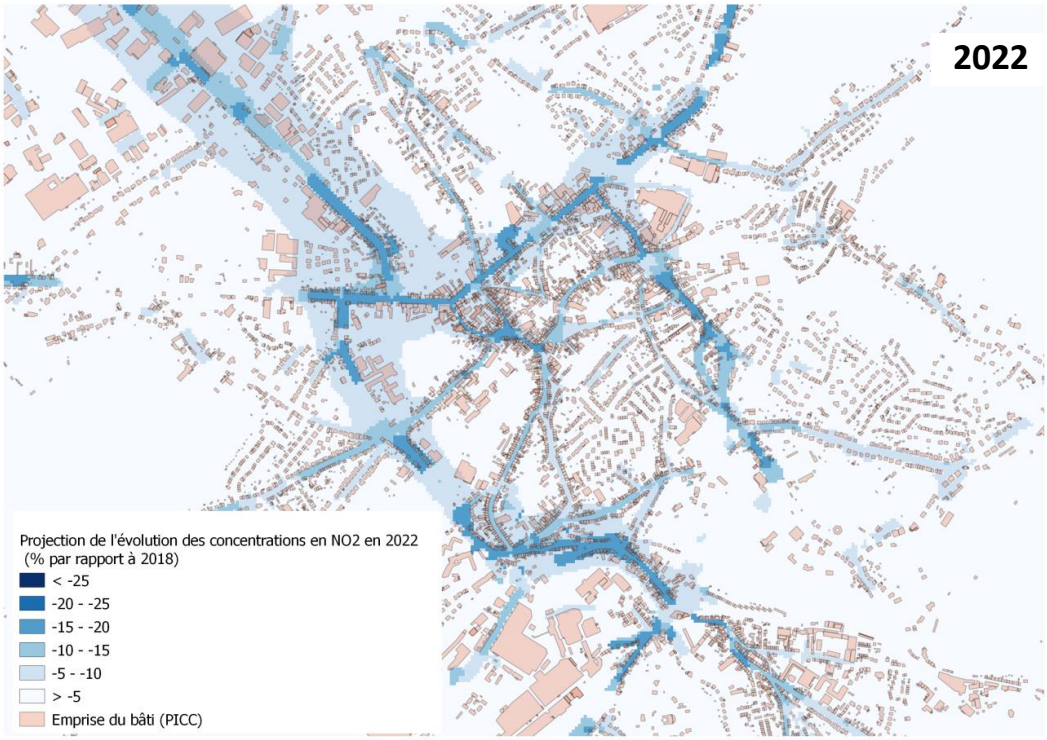


Figure 62 – Evolution des concentrations en NO_2 à Eupen projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.

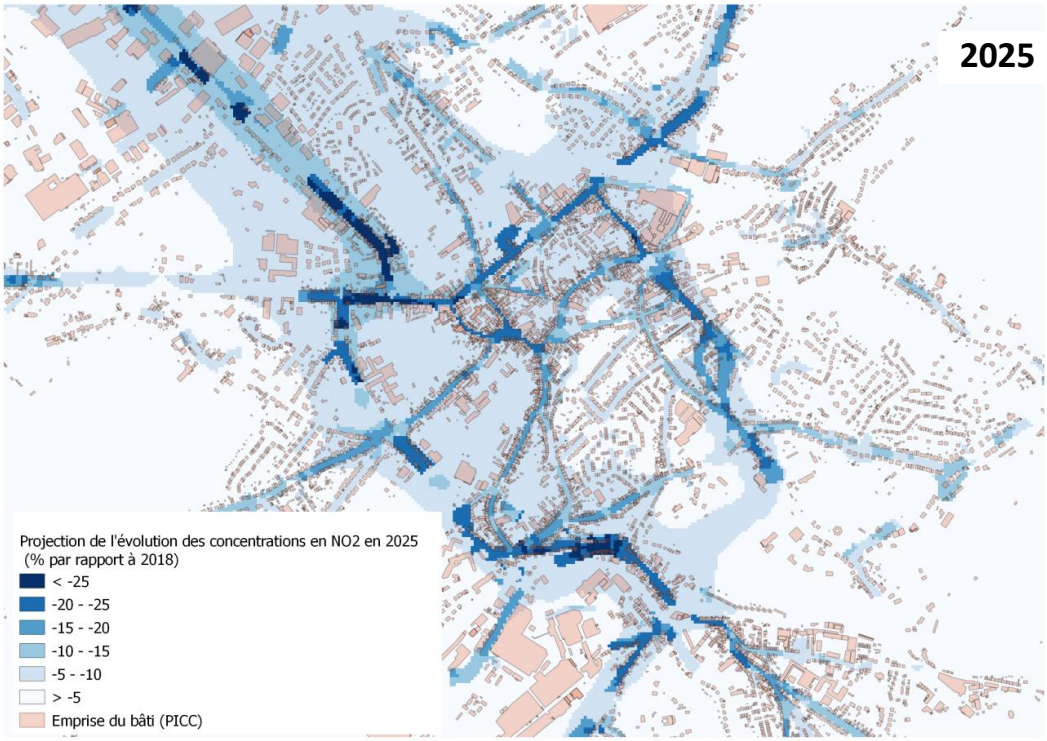


Figure 63 – Evolution des concentrations en NO_2 à Eupen projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.

En ce qui concerne le carbone noir, avec des réductions d'émissions plus importantes (tableau 7), la diminution des concentrations (par rapport à 2018, figure 46 pour les projections des concentrations 2018) est également plus forte: jusqu'à -40,29 % en 2020, -70,92 % en 2022 et -72,82 % en 2025 (figures 64 à 66). On retrouve les diminutions maximum sur les routes à grande circulation. Ces chiffres montrent bien qu'implanter une ZBE peut avoir un effet considérable sur les concentrations en BC. Là où la circulation routière est moins dense, une autre source majeure de carbone noir, le chauffage domestique, prend le pas et les diminutions relatives (dues aux interdictions ZBE) sont moins élevées. Il faut rappeler que les mesures de concentration de fond en BC (concentration moyenne annuelle de 0,3 µg/m^3) utilisées pour Eupen sont celles de la station de Vielsalm, qui n'est peut-être pas tout à fait représentative des conditions à Eupen.



Figure 64 – Evolution des concentrations en BC à Eupen projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.

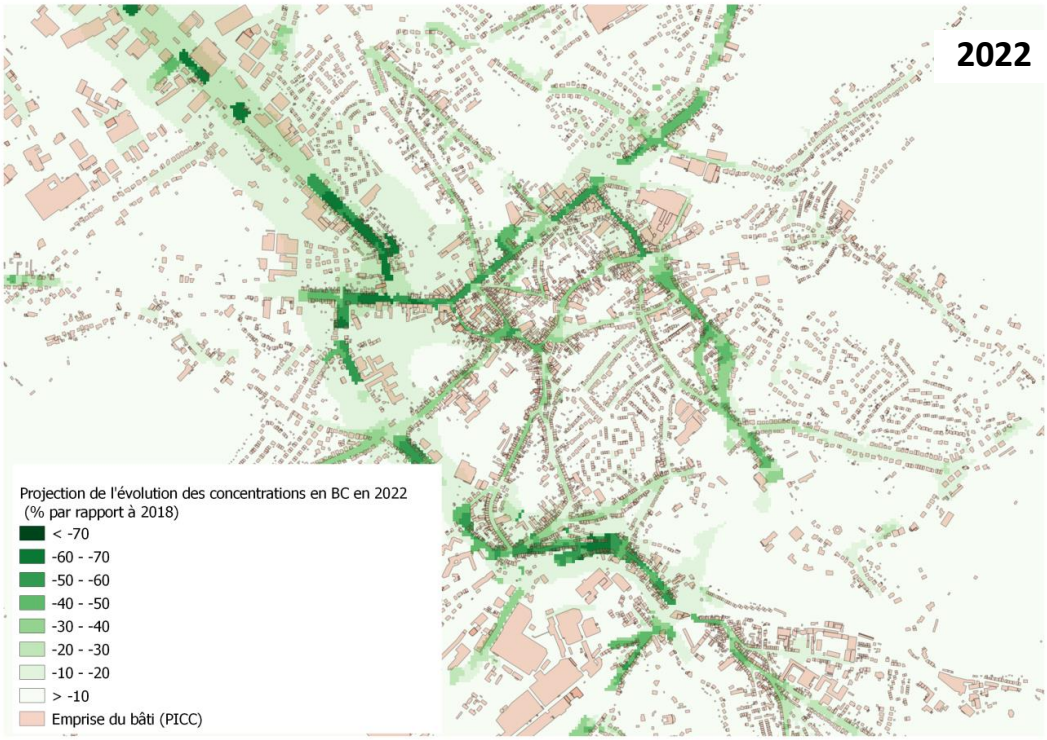


Figure 65 – Evolution des concentrations en BC à Eupen projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.

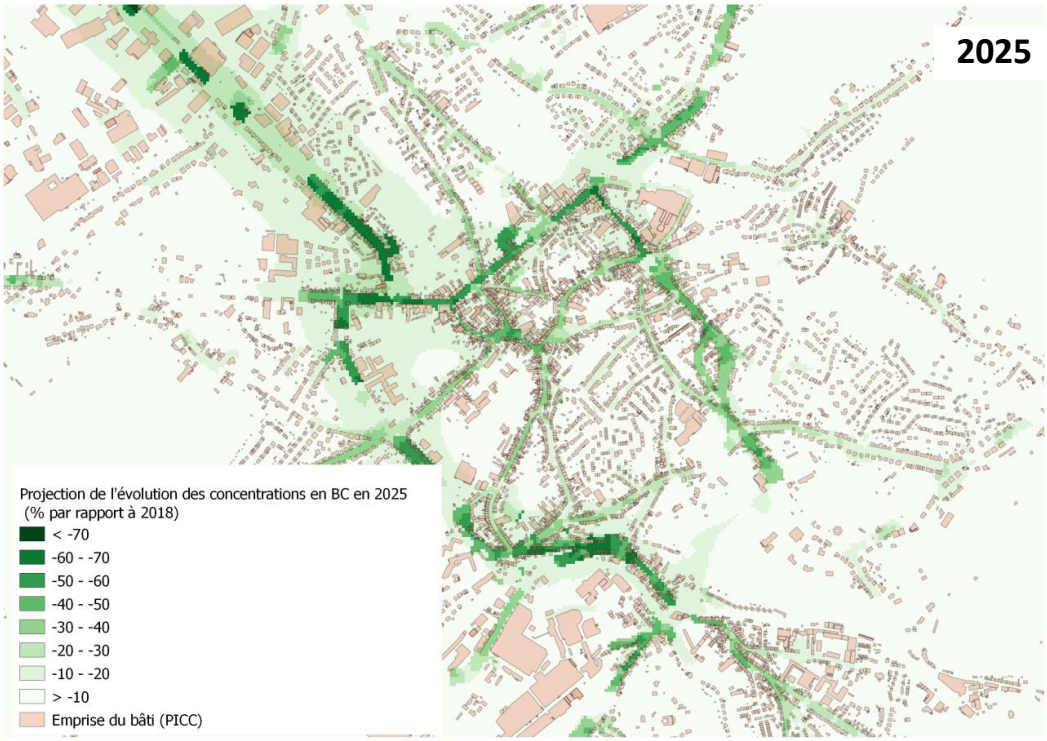


Figure 66 – Evolution des concentrations en BC à Eupen projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.

Les diminutions des concentrations en particules fines, PM_{10} et $PM_{2.5}$, projetées par le modèle en cas d'instauration d'une ZBE sont exposées à l'annexe 14. Selon le modèle, les PM_{10} et $PM_{2.5}$ diminueraient au maximum de respectivement -6,22 % et -6 ,76 % en 2020, de -9,45 % et -10,32 % en 2022 et de -9,63 % et -10,72 % en 2025. La baisse relative des concentrations en particules fines est plus faible que celle du carbone noir. En effet, les réductions dans les émissions routières de particules fines sont moins importantes (tableau 7) et la part du chauffage domestique, principal émetteur de ces particules, réduit encore les baisses relatives attendues (figure 1).

3.5.4 Impact potentiel sur les concentrations en polluants à Namur

Avec des émissions en NO_2 qui se réduisent au fur et à mesure des interdictions (figures 67 à 69), le modèle projette des diminutions jusqu'à -20,68 % des concentrations en NO_2 en 2020 par rapport à 2018 (figure 49 pour les projections des concentrations 2018). A partir de 2022 et ensuite 2025, les concentrations en NO_2 pourraient diminuer jusqu'à respectivement -22,43 % et -26,4 % par rapport à 2018 toujours. Logiquement, on observe que c'est sur les axes les plus fréquentés, où la part du trafic dans les émissions NO_2 est grande, que sont projetées les baisses (relatives) les plus fortes. Les pourcentages de réduction des concentrations avoisinent les pourcentages de réduction des émissions. Lorsque la circulation routière est moindre, la part des émissions polluantes dues au trafic est plus faible et l'impact des interdictions ZBE sur les concentrations totales est plus inférieur. Pour rappel, pour Namur, les concentrations de fond (*i.e.*, concentrations mesurées dans un site relativement éloigné de toute pollution humaine ; pollution liée au transport dans le cas présent) en NO_2 sont celles de la station de Vezin et sont de l'ordre de 11,4 µg/m^3.

Dans l'annexe 13, les pourcentages de réduction projetés par le modèle pour les trois phases du calendrier communal d'interdiction, en 2020, 2022 et 2025, sont appliqués aux concentrations en NO_2 mesurées en 2018 (phase 2 de la campagne AwAC). En 2018, des dépassements de la valeur limite annuelle de 40 µg/m^3 ont été enregistrés à plusieurs endroits durant cette période (annexe 6), notamment rue Godefroid où un analyseur du carbone noir a été placé durant l'étude 2ZBE. Avec les mesures d'interdiction progressives, ces dépassements devraient disparaître. Pour 2020 et 2022, ATMO-Street ne projette plus que des dépassements place de la Station et boulevard Mélot. En 2025, aucun des points de mesures ne serait en dépassement.

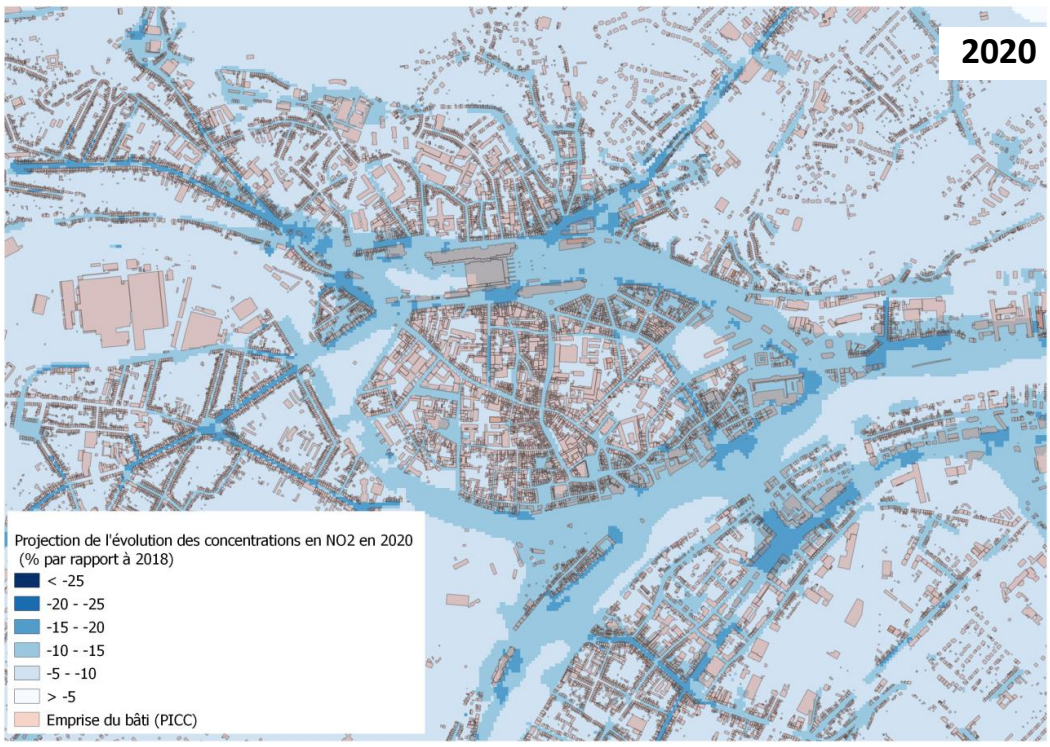


Figure 67 – Evolution des concentrations en NO_2 à Namur projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.

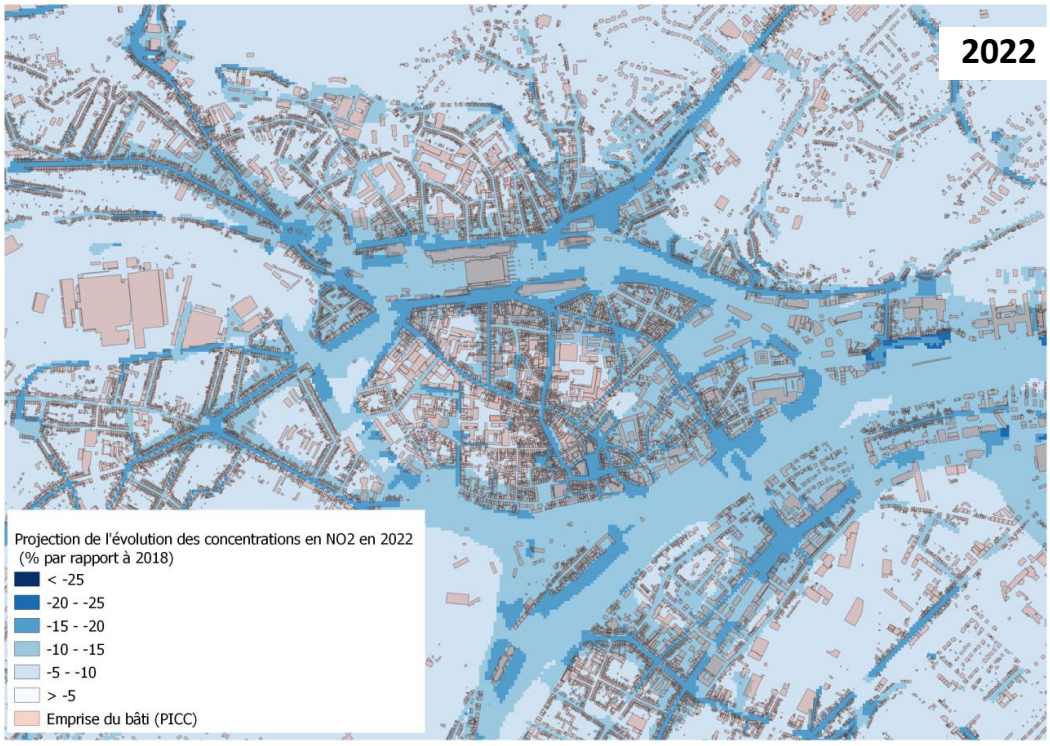


Figure 68 – Evolution des concentrations en NO_2 à Namur projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.

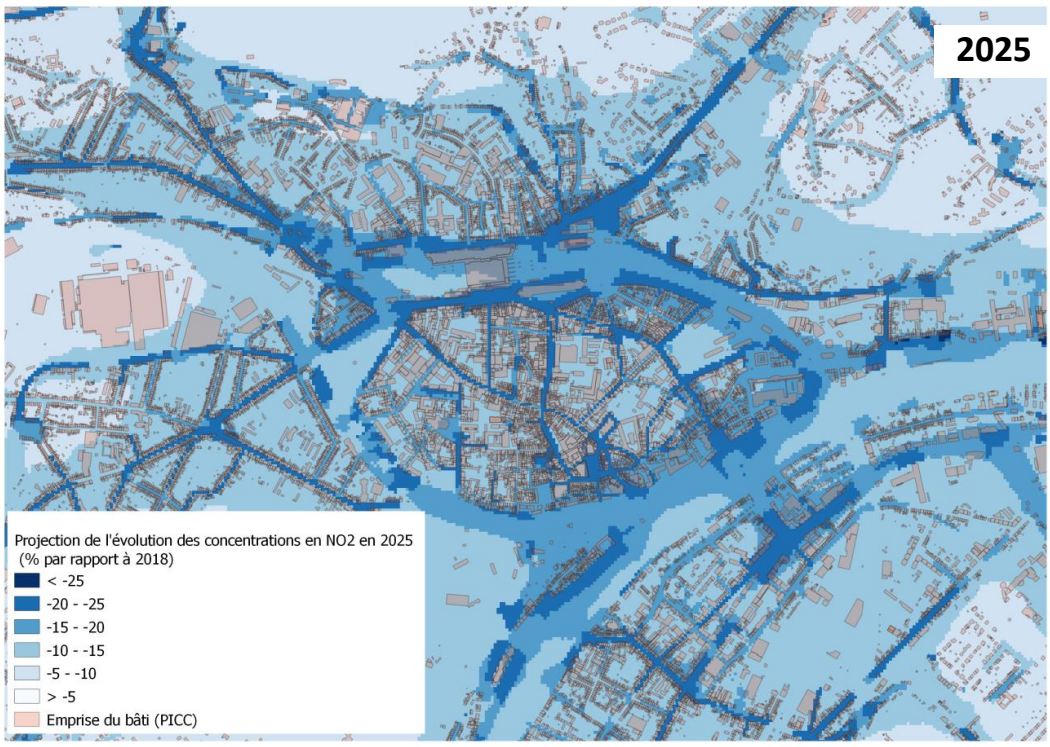


Figure 69 – Evolution des concentrations en NO_2 à Namur projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.

En ce qui concerne le carbone noir, les diminutions par rapport à 2018 (figure 53 pour les projections des concentrations 2018) sont plus importantes: jusqu'à -33,27 % en 2020, -58,57 % en 2022 et -60,15 % en 2025 (figures 70 à 72). Ce qui montre bien que la circulation routière est une des sources principales du carbone noir (avec le chauffage domestique) et qu'implanter une ZBE peut avoir un effet notable sur les concentrations en BC. A défaut de mesures de concentrations de fond aux environs de Namur, ce sont les mesures BC de la station urbaine place Maurice Servais qui ont été utilisées (concentrations moyennes annuelles de 0,95 µg/m^3). Bien qu'accessible en voiture, cette place est relativement épargnée par le trafic.



Figure 70 – Evolution des concentrations en BC à Namur projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.



Figure 71 – Evolution des concentrations en BC à Namur projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.



Figure 72 – Evolution des concentrations en BC à Namur projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.

Les diminutions des concentrations en particules fines, PM_{10} et $PM_{2.5}$, projetées par le modèle sont exposées à l'annexe 14. Selon le modèle, les PM_{10} et $PM_{2.5}$ diminueraient respectivement de -5,9 % et -6,85 % en 2020, de -8,96 % et -10,46 % en 2022, de -9,13 % et -10,86 % en 2025. La baisse relative des concentrations en particules fines est plus faible que celle du carbone noir. En effet, la diminution des concentrations dépend de la part du trafic dans les émissions des différents polluants. Les réductions dans les émissions routières de particules fines occasionnées par une ZBE sont moins élevées (tableau 7) et la part du chauffage domestique, principal émetteur de ces particules, réduit encore les baisses relatives attendues (figure 1).

4 Discussion des Résultats

4.1 Mesures

Avant ce projet, aucune mesure de polluants (associés au trafic routier) n'avait été réalisée à proximité du réseau routier à Eupen. Les deux analyseurs AE33 du carbone noir ont permis d'enregistrer le niveau de concentrations en BC en différents sites du centre-ville. Une campagne tubes passifs NO_2 a également été menée durant l'été 2019. A Namur, des mesures de concentrations en carbone noir sont venues compléter une connaissance de la qualité de l'air à Namur déjà plus importante (notamment une campagne tubes passifs NO_2 en cours depuis la fin 2015 et des analyseurs mobiles pour la mesure des concentrations en différents polluants) qu'à Eupen. En Wallonie, uniquement trois stations télémétriques mesurent en continu les concentrations en BC dans l'air ambiant à Charleroi, Herstal et Vielsalm.

De nombreux comptages trafic ont été menés dans les deux communes en complément aux mesures. Tous ces comptages ont notamment permis de valider et calibrer les *floating car data* (FCD) datant de 2018, acquises par le SPW-MI et l'AwAC. Ce sont ces FCD calibrés qui ont finalement été utilisées comme données d'entrée pour la modélisation. Ces données ont continué à être préparées, notamment un lissage, après leur utilisation. Ces données seront utilisées dans nos prochaines projections (*cfr* Conclusions et perspectives).

En fin de projet, des mini-stations de mesures, développées par l'ISSeP et nommées Antilopes, ont été distribuées sur les deux territoires communaux. Ces stations qui abritent des capteurs *low cost* mesurant notamment les concentrations en NO_2 et en $PM_{2.5}$ permettent de densifier les mesures de la qualité de l'air dans les deux villes. Les séries de mesures étant encore trop courtes pour être exploitées, une suite du projet 2ZBE permettrait la poursuite et l'analyse de ces mesures pour une vision à long terme des concentrations en polluants en de nombreux sites urbains à Namur et à Eupen (*cfr* Conclusions et perspectives).

4.2 Emissions

4.2.1 Evolution des émissions dans une ZBE communale wallonne

Les émissions polluantes provenant de la circulation routière sont les principales données d'entrée du modèle ATMO-Street. A chaque tronçon du réseau routier du territoire de Namur et d'Eupen nous avons attribué des émissions calculées sur base du trafic observé (comptages de véhicules durant le projet et *floating car data* pour 2018). Les données 2017 de la DIV et les facteurs d'émissions COPERT IV correspondant ont été utilisées pour définir la flotte wallonne de référence. Pour les projections

de la situation actuelle, ce sont les conditions météo et concentrations de fond de 2018 qui ont été utilisées.

Les réductions d'émissions attendues avec une ZBE ont été estimées en comparant les émissions des flottes supposées en 2020, 2022 et 2025 aux émissions de la flotte wallonne de 2017. Etant donné les grandes incertitudes, l'évolution de la flotte se base sur deux hypothèses : une taille de parc stationnaire avec un remplacement des véhicules interdits par des Euro 6b de même catégorie (motorisation et cylindrée). Le tableau 7 présente les réductions d'émissions estimées pour les quatre polluants étudiés (NO_x, BC, $PM_{2.5}$ et PM_{10}). Ce sont les émissions BC qui diminuent le plus avec 44 % de réduction dès 2020 et près de 90 % en 2025. Pour les $PM_{2.5}$ et PM_{10}, les diminutions attendues sont moindres (entre 30 et 40 % en 2025), car la majeure partie des émissions de PM provient de l'abrasement de la route, du frottement des pneus et du système de freinage (émissions non exhaust). Pour les NO_x, les relativement faibles diminutions qui sont projetées (près de 30 % en 2025) reflètent qu'en circulation réelle (petit à petit prise en compte dans la détermination des facteurs d'émissions) les véhicules diesel Euro 5 et 6 peuvent émettre presque autant de NO_x que les véhicules plus anciens.

4.2.2 Résultats des autres ZBE belges

Bruxelles-Capitale

Dans son étude préalable à l'instauration de la LEZ bruxelloise, l'IBGE a réalisé des projections de réduction des émissions due aux interdictions. Les résultats ont été calculés avec le modèle de projection des émissions du transport routier développé au sein de Bruxelles Environnement[5] (IBGE, 2019). Avec une ZBE à Bruxelles, l'IBGE (2019a) projette une réduction des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) provenant du transport routier d'environ 32 % d'ici 2020 et 66 % d'ici 2025 (par rapport aux émissions de 2015). Les émissions de *black carbon* (BC) provenant du transport routier devraient, elles, diminuer d'environ 55 % d'ici 2020 et 86 % d'ici 2025. L'évolution à la baisse est moins marquée pour les particules fines avec -31 % en 2020 et -45 % en 2025 pour les $PM_{2.5}$, et -22 % en 2020 et -31 % en 2025 pour les PM_{10}.

Ces réductions d'émissions sont du même ordre de grandeur que les réductions projetées en cas d'instauration d'une ZBE communale dans les villes pilotes wallonnes (tableau 7). La LEZ bruxelloise suit en effet le même calendrier d'interdictions que les ZBE communales wallonnes en ce qui concerne les véhicules diesel (annexe 5). Pour les véhicules essence, les Euro 3 ne seront interdits qu'à partir de 2025 à Bruxelles (*vs*. 2022 en Wallonie). Les réductions projetées pour 2020 sont toutefois un peu plus importantes à Bruxelles, ce qui est peut-être le reflet d'un parc plus ancien (âge médian de 93 mois pour la Région Bruxelles-Capitale *vs*. 84 mois pour le parc wallon). Pour 2025, les

[5] Ce modèle se base notamment sur des études de référence en matière d'évolution de la demande globale en transport routier, du mix de carburants routiers utilisés et de la répartition relative des véhicules par norme Euro («courbes de survie»). Les émissions sont calculées avec le logiciel COPERT 4 (www.emisia.com/utilities/copert/).

réductions attendues sont très proches à l'exception des NO_x. Pour les NO_x, la diminution projetée à Bruxelles pour 2025 est en effet beaucoup plus importante que celle calculée dans la présente étude. Des différences dans les hypothèses de départ sont certainement à l'origine de ces différences importantes dans les projections. A Bruxelles, le renouvellement naturel du parc a été pris en compte dans le modèle, mais il a été considéré, tenant compte des dérogations, de l'achat de pass journaliers et des potentielles infractions, que 25 % des véhicules interdits continueraient de rouler. Dans notre modèle, nous n'avons pas pris en compte le renouvellement naturel. Il est en effet assez difficile de prévoir l'évolution future du parc, surtout que cette évolution sera fonction de l'instauration ou non de ZBE et des différentes mesures pas encore clairement définies au stade actuel. Nous avons par contre considéré que l'ensemble des véhicules seraient soumis aux règles d'exclusion. Au final, ces deux postulats devraient se compenser et la différence entre les modèles devrait être relativement faible.

Un autre facteur influençant fortement le résultat est le type de véhicules qui sera racheté par le citoyen contraint de remplacer son véhicule. Bruxelles tient compte de l'effet des nouvelles procédures d'homologation des véhicules (nouveau cycle combiné d'homologation des véhicules WLTP-RDE[6]), *World Harmonised Light Vehicle Test Procedure*) qui devraient permettre de mieux maîtriser les émissions de NO_x des véhicules diesel en conditions réelles dans les mois et années à venir. Sont donc en considération des facteurs d'émissions nettement inférieurs à ceux que nous utilisons dans le modèle, surtout pour le NO_x. Dans notre modèle, nous considérons que les véhicules seront remplacés par des véhicules de type Euro 6b. Effectivement, le facteur d'émissions le plus récent communiqué par l'AwAC lors de la clôture de ce rapport en janvier 2020 était celui de l'Euro 6b. La réglementation européenne est passée pour les immatriculations de voitures neuves à l'Euro 6c depuis septembre 2018, à l'Euro 6d-T depuis septembre 2019 et passera à l'Euro 6d dès janvier 2021, des normes nettement plus contraignantes. Il y a donc des chances que les réductions de NO_x projetées dans notre étude soient sous-estimées. Nous avons depuis reçu le facteur d'émissions correspondant à l'Euro 6c. En utilisant ces facteurs d'émissions Euro 6c, on observe déjà une réduction supplémentaire de l'ordre de 7 % pour le NO_x, mais surtout de près de 35 % pour le NO_2. En effet, les constructeurs ont fait d'énormes efforts sur les émissions de NO_x et le facteur d'émissions pour ce polluant a été réduit quasiment d'un facteur 10. Pour les autres polluants (PM et BC), les facteurs d'émissions sont similaires entre Euro 6b et Euro 6c. L'AwAC devrait bientôt disposer des facteurs Euro 6d-T (COPERT V) et même si une amélioration aussi significative n'est plus attendue, il pourrait être intéressant de refaire tourner l'ensemble du modèle avec ces facteurs plus faibles. Le développement des nouvelles technologies, *i.e.*, voitures hybrides (conventionnelles ou *plug in*) et voitures électriques, participera aussi à la diminution des émissions. A noter enfin qu'il n'est pas non plus certain que le citoyen se tournera vers un véhicule neuf en cas de remplacement.

[6] Depuis le 1er septembre 2017, les véhicules doivent se soumettre à un test « en laboratoire » plus long et représentatif (test WLTP, *World Harmonised Light Vehicle Test Procedure*) combiné à un test en conditions réelles sur la route (test RDE, *Real Driving Emissions*) à l'aide d'appareils de mesure portatifs (PEMS, *portable emissions measurement system*). Ces deux essais sont obligatoires depuis septembre 2017 pour tous les nouveaux modèles mis sur le marché européen, et seront introduits progressivement pour toutes les automobiles neuves en septembre 2018 (WLTP) et 2019 (RDE).

Il est possible qu'il opte pour un véhicule d'occasion de type Euro 5 ou Euro 6 première génération. Ces aspects seront étudiés en détail dans le cadre du projet EDIT (*cfr* Perspectives).

Dans son dernier rapport (IBGE, 2019b), qui évalue l'impact de la ZBE nouvellement mise en place à Bruxelles, l'IBGE compare deux semaines types en 2018, avant et après le début des amendes (*i.e.*, l'avertissement d'infraction a été accompagné d'une amende à partir du 1er octobre 2018 seulement). Sur base des données caméras et en prenant comme hypothèse le fait que le nombre de kilomètres parcourus est resté constant, on estime qu'entre la semaine représentative de juin 2018 et celle de décembre 2018 (période de 6 mois), les émissions provenant des voitures en circulation ont diminué d'environ 4,7 % pour les NO_x et 6,4 % pour les $PM_{2.5}$. Sur base des inventaires d'émissions annuels, on a calculé qu'entre 2016 et 2017 – période de 12 mois – les émissions de NO_x et $PM_{2.5}$ provenant des voitures (M1) immatriculées en RBC avaient diminué de manière « naturelle » d'environ 3,8 % et 7 % respectivement. La réduction observée sur 6 mois entre juin et décembre 2018 lors de la première année de la LEZ est donc du même ordre de grandeur que la réduction « naturelle » des émissions observée sur 12 mois avant l'entrée en vigueur de la LEZ. Une telle comparaison indique une accélération de la réduction des émissions du fait, entre autres, de la LEZ. Les émissions provenant des voitures diesel de norme Euro 0 et 1 ont diminué d'environ 70,9 % pour les NO_x et 66,7 % pour les $PM_{2.5}$. Cette réduction résulte en grande partie de l'interdiction de circuler introduite par la LEZ, le nombre de voitures diesel Euro 0 et 1 en circulation ayant diminué de 63 % entre les deux périodes.

Anvers

C'est en février 2017 que la LEZ anversoise a été introduite avec des interdictions concernant les véhicules Diesel qui ne sont pas minimum Euro 4 et des véhicules Essence/Gaz naturel/LPG antérieurs aux normes Euro (annexe 5). Les Diesel Euro 3 avec filtre à particules sont autorisés après enregistrement. Les interdictions pour les Diesel à Anvers en 2017 (jusque fin 2019) correspondaient donc aux interdictions prévues en 2020 dans les ZBE communales wallonnes. Pour l'essence, les restrictions étaient moins importantes (minimum Euro 2 en 2020 dans les ZBE wallonnes).

Début 2018, le VITO a évalué l'impact de l'introduction de la zone à faibles émissions sur le changement de la composition du parc et la réduction des émissions de trafic routier (TML & VITO, 2018). A l'aide du modèle d'émission FASTRACE[7], ils ont estimé des diminutions d'émissions entre 2016 et 2017 de 18 % pour les NO_x, de 12 % pour les PM_{10}, de 16 % pour les $PM_{2.5}$ et de 34 % pour le carbone élémentaire (EC).

[7] Les données d'entrée pour les calculs d'émissions sont les changements dans la composition du trafic, les volumes de trafic et les facteurs d'émission.

4.3 Concentrations

4.3.1 Evolution des concentrations dans une ZBE communale wallonne

Le tableau 8 donne les diminutions dans les concentrations des polluants projetées par le modèle ATMO-Street sur base des réductions d'émissions qui devraient résulter des interdictions progressives. On remarque directement que le modèle projette des pourcentages de réduction des concentrations plus faibles que ceux des émissions routières. En effet, la manière dont les réductions des émissions liées au trafic se reflètent dans les concentrations dépend de la contribution du trafic aux émissions totales de chaque polluant. Les émissions d'autres secteurs (ménages, industrie, ...), les émissions en dehors de la ZBE et les conditions météorologiques contribuent aussi aux concentrations totales.

L'évolution est très similaire à Eupen et à Namur. C'est sur les concentrations en carbone noir (suie) que les mesures ZBE devraient avoir le plus d'impact (jusqu'à des réductions de 60 % en 2025). Bien que pas encore réglementé, le BC est certainement tout aussi nocif que les trois autres polluants étudiés. Par leur petite taille, les particules de BC peuvent en effet pénétrer profondément dans le système respiratoire et même dans le sang. L'incidence sur les concentrations en particules fines, $PM_{2.5}$ et PM_{10}, est relativement faible étant donné que le trafic n'est responsable que d'environ 1/10^{e} des émissions de particules fines (figure 1). Quant au NO_2, les concentrations devraient diminuer d'un quart d'ici 2025. Le trafic représentant la moitié des émissions de NO_2, les réductions d'émissions NO_2 se reflètent très bien sur les concentrations.

Tableau 8 – Evolution projetée des concentrations en polluants avec l'instauration d'une ZBE communale wallonne par rapport à 2018 (pourcentages optimaux).

	2020		2022		2025	
	EUPEN	NAMUR	EUPEN	NAMUR	EUPEN	NAMUR
NO_2	-21 %	-21 %	-22 %	-22 %	-26 %	-26 %
BC	-40 %	-33 %	-71 %	-59 %	-73 %	-60 %
$PM_{2.5}$	-7 %	-7 %	-10 %	-10 %	-11 %	-11 %
PM_{10}	-6 %	-6 %	-9 %	-9 %	-10 %	-9 %

L'impact des mesures sur les concentrations en NO_2 devraient conduire à ce que les valeurs normatives soient progressivement respectées partout. En effet, le modèle ne projette plus aucun dépassement ni à Eupen ni à Namur en 2025. A Eupen, aucun dépassement de la valeur seuil n'a été observé durant le projet (moyenne estivale uniquement).

4.3.2 Résultats des autres ZBE européennes et belges

On constate dans les ZBE déjà introduites, des différences entre les projections d'impacts et les réductions réellement observées.

Europe

En raison de la grande diversité dans les zones basses émissions qui ont été instaurées en Europe et dans les méthodologies utilisées pour en étudier l'impact, il est très difficile de tirer des conclusions générales des ZBE existantes. Les ZBE implantées dans une dizaine de pays européens diffèrent quant à leur taille (d'une petite partie d'un centre-ville à un regroupement de plusieurs communes) mais aussi quant aux catégories de véhicules visées par les interdictions. Certaines ZBE ne s'attaquent qu'aux transports publics et aux poids lourds (*e.g.*, Danemark) alors que d'autres n'interdisent que les véhicules particuliers (*e.g.*, la future ZBE régionale wallonne). Ceci mène à une grande disparité dans les résultats (pour une même ZBE parfois) et complique l'analyse lorsque le moment est venu de tirer des enseignements.

Beaucoup de résultats observés sont non significatifs, car la valeur mesurée (dans le sens d'un impact négatif ou positif) est inférieure aux incertitudes de la méthode employée. Dans certains cas, comme à Anvers ou à Bruxelles, il est aussi encore trop tôt (encore peu de véhicules impactés, encore trop peu de mesures postérieures à la ZBE) pour pouvoir réellement évaluer l'impact des mesures sur la qualité de l'air et les concentrations en polluants. A Bruxelles, par exemple, l'évaluation de l'impact de la LEZ se limite, pour l'instant encore, à quantifier le changement dans la composition du parc et la réduction des émissions provenant du trafic routier (*cfr* ci-dessus).

Dans son rapport 2018 sur les zones à faibles émissions à travers l'Europe (ADEME, 2019), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) observe néanmoins que plusieurs études convergent vers deux grandes tendances. Premièrement, l'impact des ZBE sur les concentrations en NO_X et/ou NO_2 serait plutôt limité. Deuxièmement, on constaterait un effet plus important des mesures ZBE sur les concentrations en particules fines, particulièrement les $PM_{2.5}$, et le *black carbon* (BC). Selon la même étude, la baisse des teneurs en $PM_{2.5}$/BC est décrite par la bibliographie comme plus pertinente pour caractériser l'effet des ZBE, car, d'une part, les véhicules les plus polluants contribueraient davantage aux émissions de ces deux substances plutôt qu'à celles des NO_x ou des particules PM_{10} et, d'autre part, la réduction des émissions liées aux normes Euro agirait davantage sur ces deux polluants.

Bruxelles

A Bruxelles, la LEZ a été implantée en 2018. Dans le rapport d'évaluation 2018 (IBGE, 2019b), les premières évaluations de l'effet des interdictions sur les concentrations en polluants sont présentées. Les données sur les concentrations de NO_2 et BC observées aux stations de mesures de la Région montrent que, depuis octobre 2018, la LEZ n'a pas encore eu d'impact significatif sur les

concentrations de polluants atmosphériques mesurées à ces stations. Sont comparées des mesures réalisées en 2018 avant (juin 2018) et après (octobre 2018) l'application des sanctions découlant du non-respect des interdictions. En 2018, seuls les véhicules diesel Euro 0 et Euro 1 étaient concernés. Les concentrations sont en outre fortement influencées par les conditions météorologiques. Les effets de la LEZ seront en principe visibles à plus long terme, comme le montrait l'étude de Bruxelles Environnement sur les effets attendus de la LEZ (IBGE, 2019a).

Cette étude préalable à l'instauration de la LEZ a estimé l'impact sur la qualité de l'air en différentes stations fortement influencées par le trafic. Pour chaque station de mesures, les concentrations sont calculées en sommant l'apport de polluants provenant de la pollution de fond belge et régionale liée au trafic et la pollution provenant du trafic à la station même à laquelle on applique la réduction de trafic. L'hypothèse est faite que les concentrations diminuent proportionnellement à la diminution des émissions (ici, pas de modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants). Cette méthodologie s'applique uniquement à des polluants fortement liés au trafic routier, comme c'est le cas des NO_2 et BC. Selon ces estimations, des réductions de concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) et BC sont attendues dans l'ensemble des stations de mesures de la Région (figure 73). Les améliorations seraient les plus fortes aux endroits où le trafic routier est le plus dense. En 2025, ces réductions atteindraient 33 % pour le NO_2 et 46 % pour le BC à la station « street canyon » d'Ixelles, toujours par rapport à 2015. Il est prévu que les concentrations en NO_2 atteignent le seuil légal de 40 µg/m^3 dans toutes les stations de mesures rapportées à l'Union européenne en 2020 et à la station Belliard entre 2020 et 2025.

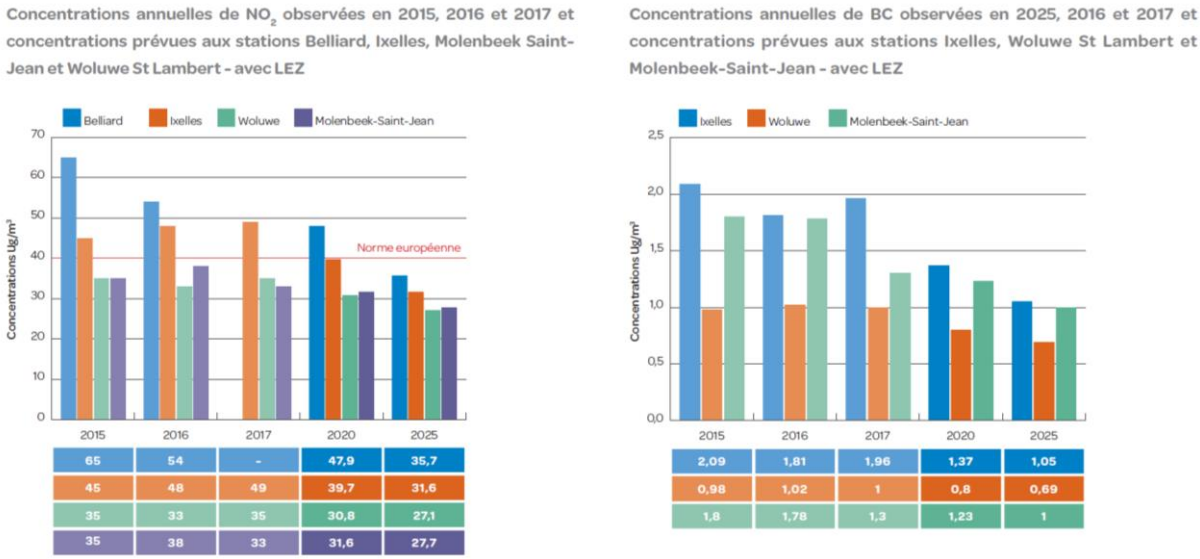


Figure 73 – Evolution des concentrations en BC à Namur projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.

Anvers

Une étude préalable à l'instauration de la LEZ a été menée par Transport & Mobility Leuven en 2012 (TML, 2012). Des projections de l'impact de la ZBE sur les concentrations en polluants ont été réalisées avec Urbis (instrument SIG développé par TNO) en envisageant plusieurs implantations possibles de la ZBE. La dispersion des polluants est générée, d'une part, par le modèle Pluim pour les émissions provenant des autoroutes et routes principales en milieu ouvert et, d'autre part, par le modèle CAR pour les rues en milieu urbain.

Selon ces simulations, les concentrations de NO_2 diminueraient, en particulier en 2020 (-4 µg/m^3 maximum), mais pas suffisamment pour atteindre la limite annuelle de 40 µg/m^3 imposée par l'Europe. Pour NO_2, l'effet attendu de la LEZ est plus faible, car les nouveaux diesels émettent encore pas mal de NO_2. Les réductions des concentrations totales de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ seraient relativement faibles, car la contribution du trafic aux concentrations totales de ces polluants est faible. Des mesures supplémentaires sont donc nécessaires pour passer sous les limites imposées par l'Europe sur les grandes artères. C'est la réduction des émissions EC (carbone élémentaire) qui est la plus prononcée. Comme la contribution du trafic aux émissions EC totales est relativement élevée, des réductions significatives des concentrations (jusqu'à -1 µg/m^3 sur un total de 3 à 4 µg/m^3).

En 2019, la Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) a rapporté les résultats des mesures de la qualité de l'air en 2018 (VMM, 2018). En 2018, c'est la première fois qu'aucun dépassement de la valeur limite annuelle européenne NO_2 de 40 µg/m^3 n'a été enregistré dans le réseau de stations de mesures automatiques d'Anvers (la valeur limite horaire européenne a également été respectée à tous les points de mesures). Cependant, des dépassements ont été mesurés, avec des échantillonneurs passifs, à d'autres endroits (en particulier, dans des rues canyons et dans des endroits à forte intensité de circulation). Les valeurs limites européennes pour les PM_{10} et les $PM_{2.5}$ ont aussi été respectées à tous les points de mesures de l'agglomération anversoise. Toutefois, les valeurs consultatives de l'OMS ont, elles, été dépassées à tous les points de mesures. Il faut noter que 2018 a été une année chaude et sèche, ce qui a à la fois réduit le lessivage et augmenté la remise en suspension des poussières conduisant à des concentrations élevées.

Quant à l'impact de la ZBE sur ces concentrations mesurées, le rapport indique qu'il n'y a, pour l'instant, aucune indication que les concentrations en NO_2 et BC diminuent plus rapidement dans la LEZ qu'aux autres points de mesure en Flandre. Entre 2016 et 2018, les concentrations en NO_2 sur les sites de mesures de la LEZ ont diminué de 2 à 11 %. Ces diminutions sont dans la fourchette des diminutions observées ailleurs en Flandre.

En ce qui concerne le carbone noir, les concentrations ont chuté entre 11 % et 29 % entre 2016 et 2018 sur les sites de mesures de la LEZ. Pour les autres stations de mesures en Flandre, sans les 7 stations de mesures de l'agglomération anversoise, nous constatons une fourchette de diminutions relatives un peu plus basse (entre 6,5 % et 21,6 %). Cependant, si on compare les baisses des concentrations de carbone noir entre 2017 et 2018 avec celles des autres sites de mesures en

Flandre, il n'y a aucune preuve claire que la LEZ ait pour l'instant un impact supplémentaire sur les concentrations. On constate toutefois que les concentrations BC sur deux sites de mesures, situés dans la LEZ et riches en trafic, ont diminué plus qu'à d'autres points de mesures localisés dans et hors de la LEZ.

Dans l'étude de faisabilité de 2012, comme la modélisation avait montré que l'introduction d'une ZBE n'entraînerait que des baisses limitées des concentrations de PM_{10} et de $PM_{2.5}$, l'impact de la ZBE sur ces deux polluants n'a pas été évalué dans le rapport de la VMM.

4.4 Emprise des ZBE

Pour les deux communes tests, une carte de la densité de population a été associée aux cartes de concentrations en polluants (réalisées avec le modèle ATMO-Street) afin d'évaluer l'exposition de la population à la pollution des véhicules et déterminer la zone d'implantation idéale d'une ZBE. Les projections ont été réalisées en appliquant les interdictions à l'ensemble du territoire communal. Dans le cas où la zone d'implantation de la ZBE définie par les autorités communales serait plus restreinte, les résultats de la modélisation resteraient à peu de chose près valables.

4.4.1 Eupen

A Eupen, la zone envisagée pour l'implantation d'une zone basses émissions était le centre-ville situé dans la ville haute. L'étude menée par l'ISSeP démontre cependant que l'introduction d'une ZBE à Eupen n'est pas très pertinente étant donné les niveaux de concentrations en polluants enregistrés en différents endroits (y compris dans le centre-ville) durant le projet et modélisés sur l'ensemble de la commune (figure 74). Les concentrations ne sont réellement critiques qu'aux heures de pointe du matin et du soir (figure 75), principalement sur la rocade (routes régionales) ceinturant le centre-ville. Même limités dans le temps, ces niveaux de pollution élevés sont problématiques, surtout qu'un grand nombre d'établissements scolaires sont localisés sur ou à proximité de ces axes (figure 76). Instaurer une ZBE sur une zone trop petite n'a pas de sens. Un plan de circulation adapté aux heures de pointe ou la mise en place du concept de « rue scolaire » devrait plutôt être privilégié à Eupen.

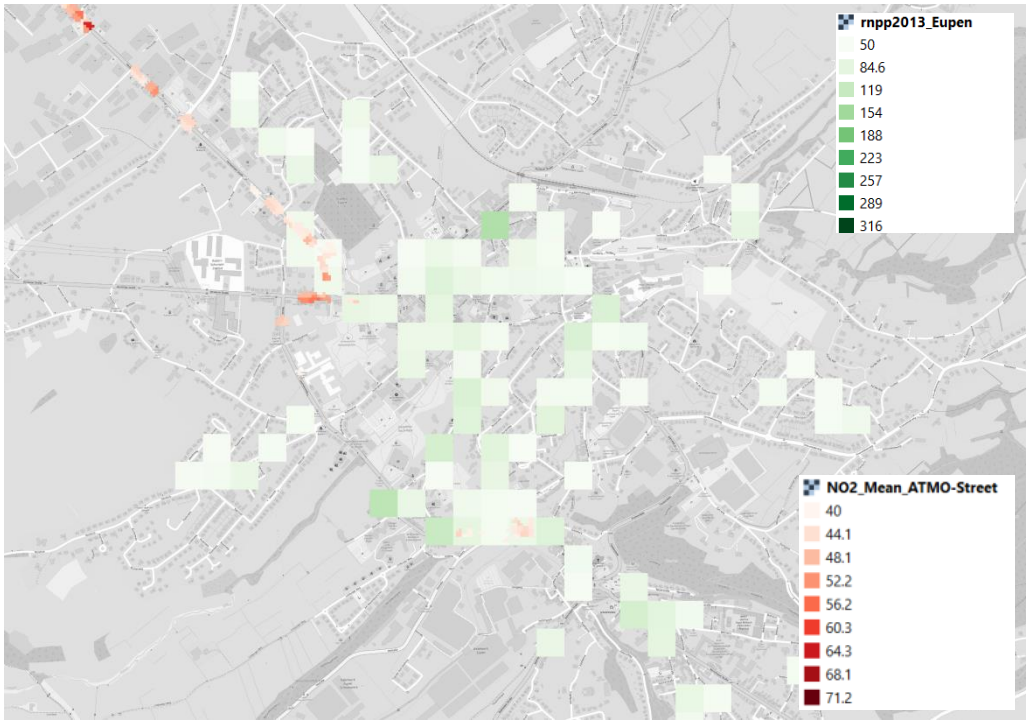


Figure 74 – Densité de population et concentrations moyennes annuelles en NO_2 qui dépassent la norme de 40 µg/m³ à Eupen.

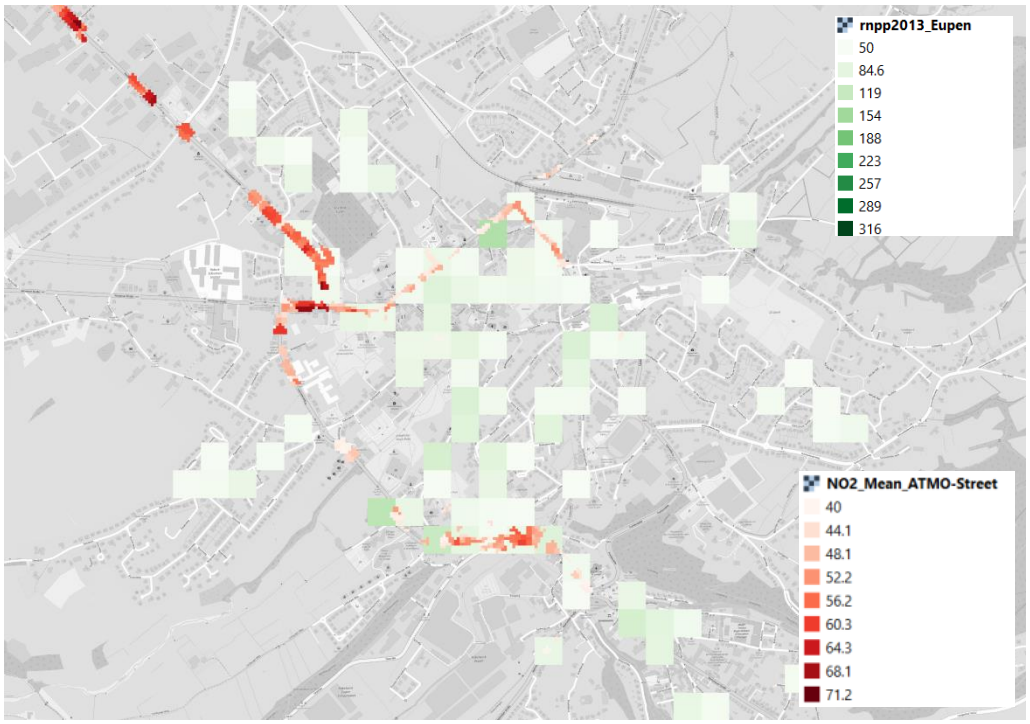


Figure 75 – Densité de population et concentrations moyennes annuelles en NO_2 à l'heure de pointe du matin (8h) qui dépassent la norme de 40 µg/m³ à Eupen.

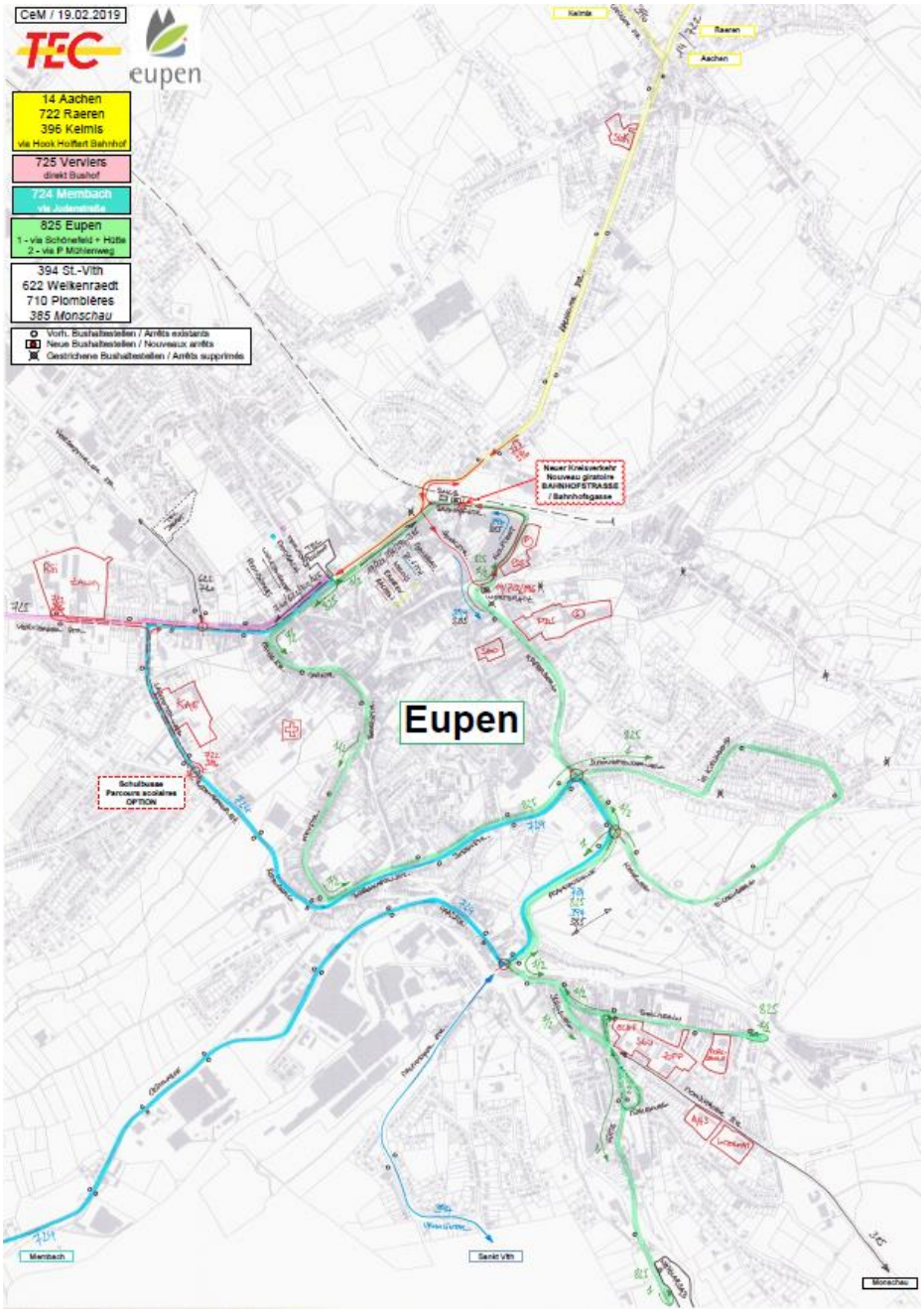


Figure 76 – Lignes de bus et établissements scolaires à Eupen.

4.4.2 Namur

La qualité de l'air à Namur est telle que la population est exposée en de nombreux endroits à des niveaux de pollution élevés qui ne respectent pas les valeurs limites fixées par l'Union européenne. La figure 77 (zoom sur le centre-ville à la figure 78) montre les axes où les concentrations moyennes annuelles en NO_2 dépassent la valeur limite de 40 µg/m^3. La plupart sont des routes régionales, des pénétrantes qui desservent la ville ou qui forment la ceinture autour de la Corbeille, mais des rues du centre-ville, de taille plus modeste, sont également concernées. Lorsque l'on considère les concentrations aux heures de pointe (ici 8 heures du matin, figure 79), on voit que, dans la majorité des rues de la Corbeille, les concentrations sont trop élevées.

Comme pour Eupen, la détermination d'une zone pertinente pour l'instauration d'une ZBE doit tenir compte de la distribution de la population à Namur. Ainsi il semble indispensable d'intégrer dans la zone des quartiers à forte densité de population comme la Corbeille, Jambes, Salzinnes et Bomel. Dans l'analyse, l'emplacement des caméras ANPR installées par la Ville de Namur a également été considéré.

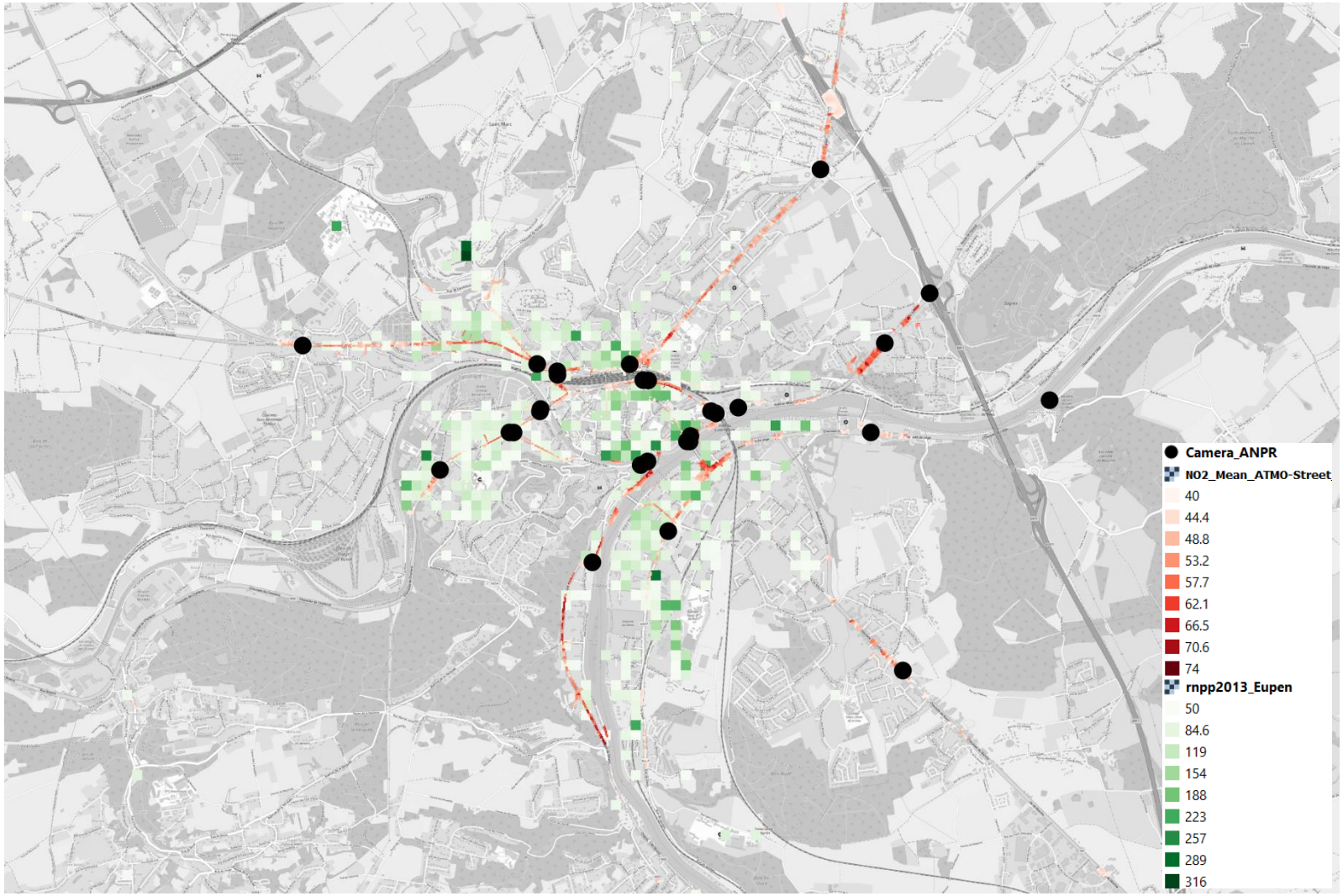


Figure 77 – Densité de population et concentrations moyennes annuelles en NO_2 qui dépassent la norme de 40 µg/m³ à Namur.

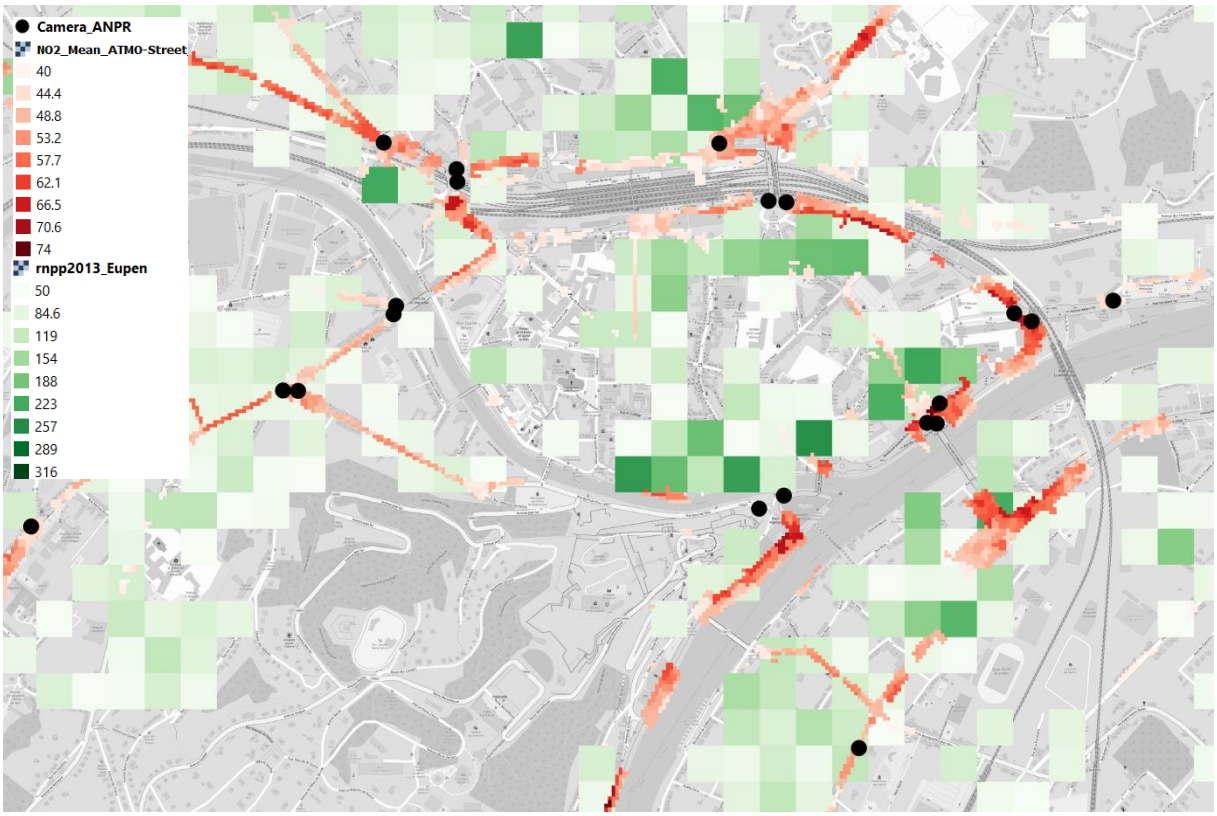


Figure 78 – Densité de population et concentrations moyennes annuelles en NO_2 qui dépassent la norme de 40 µg/m³ à Namur.

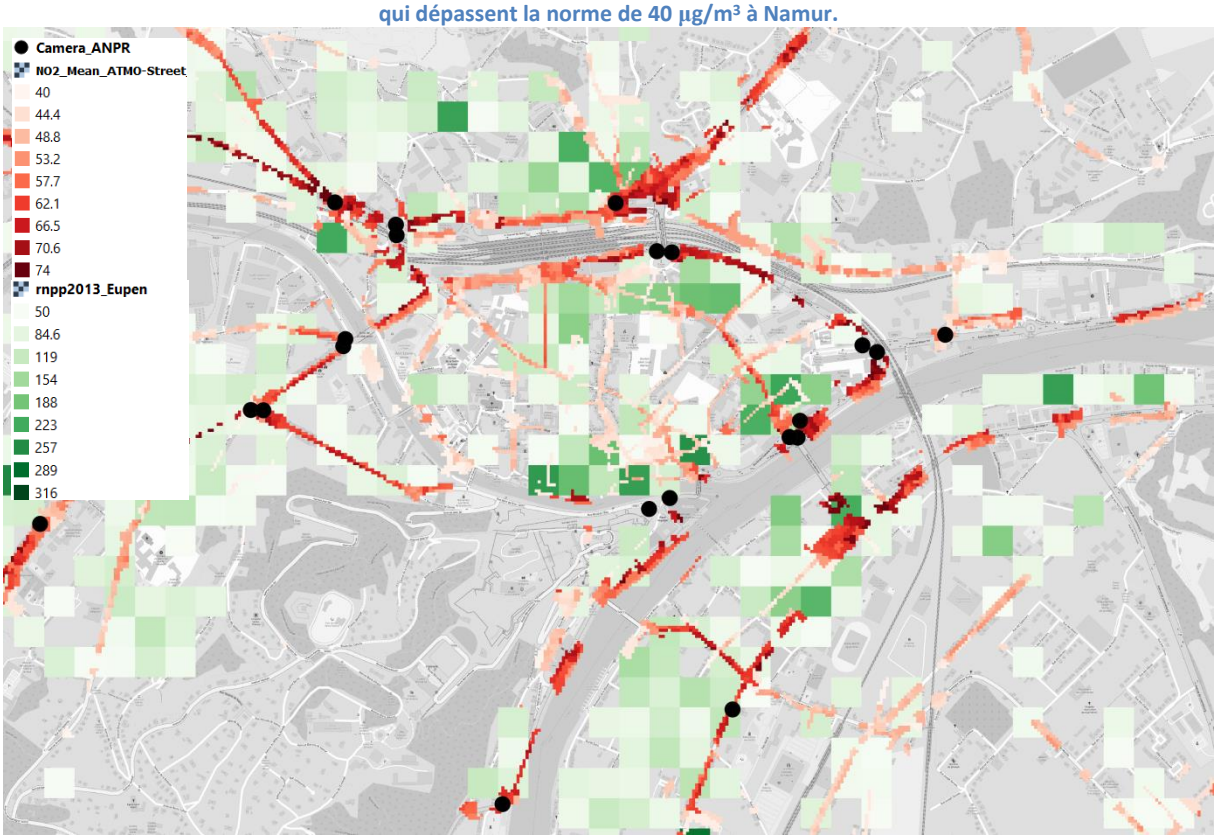


Figure 79 – Densité de population et concentrations moyennes annuelles en NO_2 à l'heure de pointe du matin (8h) qui dépassent la norme de 40 µg/m³ à Namur.

4.5 Autres options

La **pertinence d'implanter uniquement une ZBE régionale** a également été analysée en envisageant différentes options.

Se limiter à une ZBE régionale à partir de 2023

Le calendrier des interdictions de la ZBE régionale tel que défini dans le décret wallon (tableau 2) ne devrait avoir qu'un effet relativement limité par rapport à l'évolution attendue des émissions de la circulation routière sans ZBE. En effet, le simple renouvellement « naturel » du parc wallon fait que 99 % des véhicules rempliront automatiquement les conditions d'accès en 2023 et 2024 (tableau 4). En 2025, ce sont des véhicules d'au moins 20 ans d'âge qui seront concernés (en 2030, des véhicules de plus de 10 ans sachant que l'âge moyen du parc wallon est de 7 ans). Cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas instaurer cette zone basses émissions régionale, car clairement les quelques véhicules (très anciens) qui seront encore visés par les interdictions régionales sont extrêmement polluants (certains véhicules anciens mesurés par l'ISSeP émettent 25 000 fois plus de particules ultrafines qu'un véhicule Euro 6d-TEMP), mais se limiter à l'instauration d'une ZBE régionale à partir de 2023 seulement semble peu ambitieux pour une gestion de la problématique de la qualité de l'air. Dans ce cas, la lutte contre la pollution atmosphérique provenant de la circulation routière serait lancée en Wallonie plus de 5 ans après les autres Régions du pays.

Avancer l'instauration de la ZBE régionale en 2020 ou 2021

Se pose alors la question d'avancer le calendrier régional. Initialement prévues à partir de 2023, les interdictions régionales pourraient commencer en 2020 ou 2021. Le nombre de véhicules concernés par la première phase d'interdictions serait malgré tout toujours extrêmement faible. En effet, les véhicules Euro 0 et Euro 1 (diesel et essence) représentent en 2020 moins de 1 % du parc wallon (13 660 véhicules). Si on considère uniquement les véhicules diesel qui sont les plus grands émetteurs de particules fines et de NO_x, le pourcentage de véhicules pré-Euro 3 diesel est de l'ordre de 0,2 % en Wallonie. Ainsi, pour espérer avoir un réel impact, il serait nécessaire de toucher au minimum les véhicules pré-Euro 4 (96 500 véhicules qui représentent 5,6 % du parc wallon). Ce n'est qu'à partir de la phase 3 de l'échéancier (en 2025 dans le décret actuel, en 2022 ou 2023 si on avance ce calendrier) que ces véhicules sont interdits. On voit donc que, même en en avançant la mise en place, le calendrier régional n'est pas assez proactif dans la suppression des vieux diesels.

Etendre les interdictions des ZBE communales à l'ensemble de la Wallonie

On l'a vu, les véhicules diesel pré-Euro 4 peuvent être interdits dans les ZBE communales dès 2020. Imposer le calendrier prévu pour les communes à l'ensemble de la Wallonie pourrait être envisagé. Interdire l'ensemble des véhicules pré-Euro 4 diesel (96 500 véhicules qui représentent 5,6 % du parc wallon) et pré-Euro 2 essence (13 000 véhicules qui représentent 0,8 % du parc wallon) sur l'ensemble de la Wallonie semble fort utopique, car, dans la pratique, cela obligerait près de 110 000 propriétaires à changer de véhicule. Il ne s'agirait plus ici de laisser les véhicules hors d'un centre

urbain en offrant une alternative de transports en commun à ces citoyens, mais bien d'envoyer leur véhicule directement à la casse étant donné qu'ils ne pourraient plus en pratique quitter leur garage avec ce véhicule. On impacterait des personnes vivant dans des endroits très excentrés où il n'y a aucun souci majeur de pollution et où il n'y a aucune offre de transports publics. Si cela peut se concevoir pour un nombre très limité d'individus ayant des véhicules de plus de 20 ans, cela nous semble irréaliste pour un nombre de personnes aussi important et des véhicules de moins de 15 ans. Seule l'instauration d'une prime à la « casse » serait une solution, mais, vu le nombre de véhicules concernés, cela nous paraît irréaliste.

En conclusion, il semble plus judicieux d'agir de manière ciblée sur quelques communes wallonnes de taille importante. Namur pouvant servir d'exemple, vu les données déjà récoltées dans le cadre du projet 2ZBE et la motivation dont fait preuve la Ville pour atteindre cet objectif. En parallèle, étudier l'impact que pourraient avoir certaines politiques de mobilité locale est intéressant, car cela permettrait d'apporter une réponse aux plus petites communes comme Eupen. Le projet EDIT permettrait d'apporter une réponse optimale pour compléter l'étude de la problématique (*cfr* Conclusions et perspectives).

4.6 Poursuite des mesures en 2020 et les mesures de confinement

Nonobstant la fin du projet, dans l'attente de l'acceptation de l'étude EDIT, les mesures de concentrations en carbone noir réalisées avec les analyseurs AE33 et les mesures de concentrations en $PM_{2.5}$ et NO_2 par les mini-stations antilopes ont continué à Eupen et à Namur en 2020.

Ces données ont été utilisées pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des mesures de confinement instaurées mi-mars 2020 pour lutter contre la pandémie de Covid-19. Selon les comptages trafic, le confinement a réduit le trafic de 50 à 75 % en Wallonie.

Pour le carbone noir, une comparaison entre les concentrations 2019 et 2020 pour la période correspondant au confinement a été réalisée pour le site de la Rathausplatz à Eupen où l'analyseur AE33 est en place sans interruption depuis mars 2019 (figure 80). Les concentrations en BC sont plus de deux fois plus faibles en 2020 que ce soit pour la période de confinement (du 16 mars au 3 mai) avec une moyenne de 0,9 µg/m^3 (*vs*. 2,13 µg/m^3 en 2019) que pour la période de déconfinement qui a suivi (du 4 mai au 7 juin) avec une moyenne de 0,73 µg/m^3 (*vs*. 1,59 µg/m^3 en 2019).

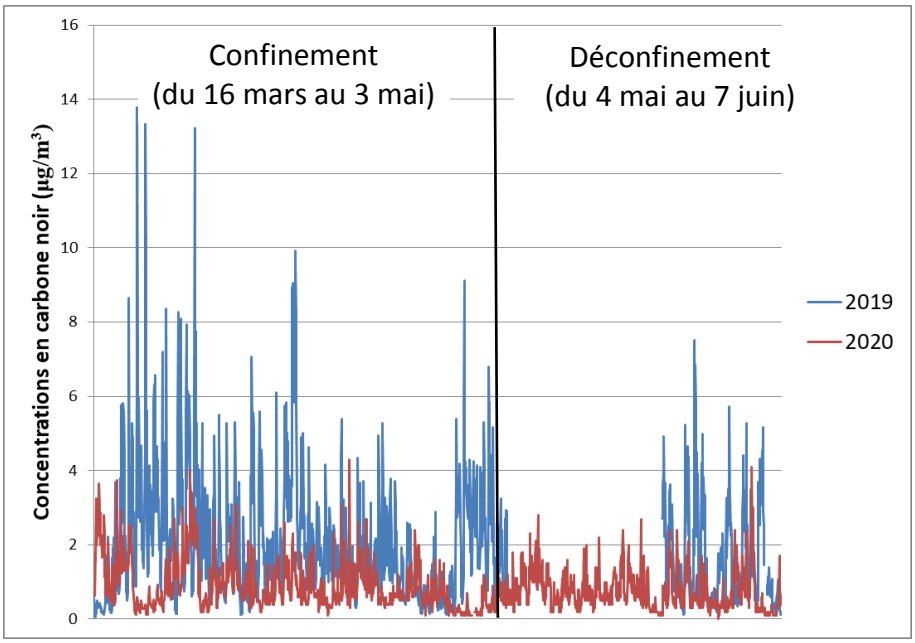


Figure 80 – Concentrations en BC horaires pour les printemps 2019 et 2020 sur la Rathausplatz (Eupen).

Par contre, les conditions météorologiques au printemps 2020 font que les concentrations durant la période de confinement n'ont pas été plus faibles (ou très peu) qu'avant le confinement. En effet, la période du confinement a été caractérisée par un temps sec, très doux et ensoleillé (conditions défavorables à une bonne qualité de l'air avec notamment la formation de particules secondaires) alors que les premiers mois de l'année avaient été très pluvieux et venteux (conditions favorables à une bonne qualité de l'air notamment grâce au lessivage de l'atmosphère). Pour les sites des trois analyseurs AE33, des moyennes des concentrations en BC avant (= période 1, du 27 janvier au 14 mars), pendant (= période 2, du 16 mars au 3 mai) et après le confinement (= période 3, du 4 mai au 7 juin) ont été calculées. Sur les sites d'Eupen, durant la période de confinement, les concentrations moyennes enregistrées sont de 0,9 µg/m^3 (*vs*. 0,5 µg/m^3 pour la période 1 et 0,73 µg/m^3 pour la période 3) sur la Rathausplatz et 1,07 µg/m^3 (*vs*. 0,58 µg/m^3 pour la période 1 et 0,79 µg/m^3 pour la période 3) sur la Kaperberg. A Namur, durant la période 2, les concentrations sont un peu plus faibles (0,95 µg/m^3) que durant la période 1 (1,04 µg/m^3) mais plus élevées que durant la période 3 (0,72 µg/m^3). L'évolution des concentrations durant les périodes 1 et 2 aux trois sites AE33 est présentée à l'annexe 8.

En ce qui concerne les données des antilopes, le même exercice a été réalisé. Les concentrations en $PM_{2.5}$ mesurées par chaque antilope ont été moyennées pour les trois périodes étudiées. C'est durant la période 2 que les concentrations sont les plus élevées (de 8 à 10 µg/m^3, très proches de la période 3). Durant la période 1, les concentrations en $PM_{2.5}$ sont de l'ordre de 3 à 4 µg/m^3.

Pour la Wallonie, grâce au réseau de stations de référence de la qualité de l'air, on voit que les concentrations en NO_2 ont diminué de 25 à 45 % en raison du trafic beaucoup moins important. Les concentrations en particules fines n'ont quant à elles pas spécialement diminué. Outre l'impact des conditions météorologiques sur les concentrations, ces résultats montrent que le trafic n'est bien sûr pas la seule source de pollution (*cfr* Introduction). Le confinement de la population et le télétravail à la maison ont eu pour conséquence d'augmenter le chauffage domestique (première source de particules fines).

5 Conclusions et perspectives

5.1 Conclusions générales

Afin d'accompagner les mesures du décret wallon du 17 janvier 2019, il a été demandé à l'ISSeP d'estimer l'impact environnemental de l'instauration d'une zone basses émissions afin d'objectiver l'intérêt effectif d'une telle mesure. A cette fin, des mesures de la qualité de l'air et des comptages trafic ont été réalisées en 2019 dans les deux villes pilotes de l'étude, Namur et Eupen, et une modélisation à haute résolution spatiale de l'évolution des concentrations en polluants dans ces villes suite à la mise en place d'une ZBE ont été réalisées.

A Namur, des dépassements de la valeur limite annuelle européenne pour les concentrations en NO_2 (40 µg/m^3) ont été enregistrés en 2018 en différents sites de mesures de la campagne par tubes passifs. Pour compléter les mesures ponctuelles, le modèle de dispersion ATMO-Street a été utilisé pour estimer les concentrations en polluants sur l'ensemble du territoire communal. La carte des concentrations moyennes annuelles en NO_2 simulées par le modèle affiche également des valeurs supérieures à 40 µg/m^3 dans de nombreuses artères de la commune namuroise.

En ce qui concerne les particules fines, la station urbaine localisée place Maurice Servais, en plein cœur de la Corbeille namuroise, enregistre pour le premier quadrimestre 2018 des concentrations moyennes en PM_{10} et $PM_{2.5}$ qui sont inférieures aux valeurs limites EU mais qui sont supérieures aux recommandations de l'OMS (sur lesquelles la Wallonie pourrait prochainement s'aligner si elle décide d'adopter une politique volontariste de la qualité de l'air). Les projections du modèle ATMO-Street vont dans le même sens.

On estime qu'en 2020 environ 6,4 % (3 500 véhicules) et 5,3 % (6 500 véhicules) du parc automobile immatriculé respectivement à Eupen et à Namur (hors *leasing* et *renting*) seraient concernés par l'interdiction de circuler (tableau 5) si ces villes passaient en ZBE selon les restrictions prévues par le décret de janvier 2019. En 2022, 9,3 % et 9,5 % supplémentaires seraient interdits respectivement à Eupen et à Namur. En 2025, le pourcentage de nouveaux véhicules proscrits atteint 13,4 % à Eupen et 14,1 % à Namur. Instaurer une ZBE impacterait donc près d'un tiers des véhicules immatriculés à Namur (36 000 véhicules) et à Eupen (15 500 véhicules). Retarder l'introduction d'une ZBE communale à 2022 sans changer le calendrier signifierait qu'un plus grand nombre de citoyens serait impacté au moment de l'introduction. Or, on sait que, même en étant prévenus, c'est souvent devant le fait accompli que certains citoyens changeront de véhicule. On risque donc de se retrouver avec une trop forte opposition et une impossibilité budgétaire de fournir une assistance aux personnes concernées (prime à la casse, intervention dans un abonnement transports en commun,…). Modifier le calendrier d'interdiction décidé dans le décret wallon distancierait

totalement la Wallonie par rapport aux avancées des deux autres Régions du pays. Les ZBE anversoise et bruxelloise ont respectivement été introduites en 2017 et 2018, ce qui leur a permis d'avoir une phase de démarrage plus lente.

Tant à Namur qu'à Eupen, les projections du modèle ATMO-Street montrent que les mesures d'interdiction ZBE devraient avoir un impact important sur les concentrations en carbone noir (suie ou *black carbon*), étroitement lié au trafic routier, avec des diminutions de concentrations à Namur pouvant atteindre 60 % par rapport aux niveaux de concentrations en 2018. Les réductions attendues sont plus faibles pour le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules fines. Pour le NO_2, l'effet attendu de la ZBE est plus faible (jusqu'à 26 % de réduction en 2025), car les nouveaux diesels émettent encore pas mal de NO_2. Néanmoins, les dépassements observés sur Namur en 2019 durant la période de mesures, devraient, selon le modèle, disparaître totalement dès 2025, si on suit le calendrier d'interdiction progressif prévu dans une ZBE. De plus, la Commission Européenne a pris une série de mesures très contraignantes pour les fabricants afin que ceux-ci respectent en conditions réelles de roulage les valeurs d'homologation imposées. Il y a donc de grandes chances que la situation s'améliore dans le futur et que les facteurs d'émissions actuellement pris en compte dans le modèle pour les véhicules qui remplaceront les véhicules interdits (on considère actuellement que les citoyens qui changeront de véhicule rachèteront une voiture de type Euro 6b avec le facteur d'émissions associé à ce type de véhicule) soient revus à la baisse. Les réductions annoncées en terme de NO_2 sont donc sans doute sous-estimées dans notre étude. L'incidence sur les PM_{10} et $PM_{2.5}$ est encore plus réduite (pas plus de 10 % de diminution en 2025). En effet, d'une part, le trafic n'est responsable que d'une dizaine de pourcents des émissions en PM_x. D'autre part, les émissions du moteur ne représentent qu'une partie des émissions de particules fines d'un véhicule. La majeure partie des émissions de particules fines provient en effet de l'abrasement de la route, du frottement des pneus et du système de freinage (émissions non exhaust). Ainsi, la réduction des kilomètres parcourus entraînerait une réduction de $PM_{2.5}$ plus importante que l'interdiction des véhicules les plus anciens dans le cadre d'une ZBE.

Bien que l'étude 2ZBE se soit officiellement achevée au 31/12/2019, le rapport n'était pas encore finalisé durant la période de confinement. Nous en avons profité pour continuer certaines mesures afin d'avoir un retour expérimental sur une période avec un nombre restreint de véhicules en circulation. Les résultats obtenus sont parfaitement en phase avec ce qui est prévu par le modèle. Ils montrent en effet que la baisse du trafic réduit fortement le NO_2 et le BC mais que cela a peu ou pas d'effet sur les particules fines.

Une zone propice à l'instauration d'une ZBE a été proposée pour Namur tenant compte de distribution de la population et de l'emplacement des caméras ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*) déjà installées par la Ville. Suite à la demande des représentants de la Ville, des scénarios complémentaires ont été réalisés avec une ZBE dont l'emprise n'est plus le territoire communal mais une zone limitée à certains quartiers : la Corbeille namuroise, la Corbeille et Jambes, ou encore la Corbeille-Jambes-Salzinnes-Bomel. Nous pensons néanmoins qu'il est nécessaire d'avoir une taille critique pour que l'impact sur la qualité de l'air soit mesurable. Instaurer une ZBE restreinte

entraîne également des difficultés pratiques de mise en place (difficulté de définir le paramètre exact, risque de contournement et donc de déplacement de la pollution, concurrence déloyale pour certains commerces ou points d'attractions selon leur position géographique, …). Nous recommandons dès lors d'étendre la ZBE à l'ensemble du territoire communal, tel que présenté dans le présent rapport, si Namur fait le choix de passer en ZBE.

La mise en place d'une ZBE mais également de mesures de mobilités alternatives d'envergure nécessitent un soutien de la Région pour les questions administratives et financières. Dans l'étude préalable à l'instauration d'une ZBE à Anvers, une étude coûts-bénéfices avait été réalisée. Elle montre que, à long terme, les coûts de mise en œuvre, de fonctionnement et d'adaptation des personnes impactées (renouvellement des véhicules, amendes, etc.) sont largement compensés par les coûts de santé évités grâce à l'amélioration de la qualité de l'air (TML, 2012). A noter qu'Anvers a été spécifiquement subsidiée par la Région flamande pour l'installation de sa ZBE. En effet, l'instauration d'une ZBE implique avant tout un renforcement des solutions de mobilité alternative permettant de rejoindre le centre avec notamment la création de parcs de stationnement à l'extérieur de la ville. Il est également nécessaire d'informer et de former les citoyens afin de changer les mentalités et de multiplier l'impact que peut avoir la simple interdiction de circuler.

Un soutien technique de l'ISSeP sera en outre essentiel pour réaliser le suivi des ZBE une fois qu'elles seront instaurées : quantifier l'impact sur la qualité de l'air et communiquer les résultats mais aussi accompagner les nouvelles restrictions et leur incidence sur la mobilité par exemple (*cfr* Perspectives).

A Eupen, les concentrations ne sont réellement critiques qu'aux heures de pointe du matin et du soir. L'instauration d'une ZBE y est donc moins pertinente qu'à Namur. Pour résoudre le problème, un plan de circulation adapté aux heures de pointe devrait plutôt être privilégié. Cette conclusion devrait *a priori* être la même pour toutes les villes de taille identique ou inférieure, sauf si des spécificités géographiques ou topologiques affectent les résultats (*e.g.*, effet vallée,…). Nous ne recommandons dès lors pas à ces villes d'opter pour des ZBE, vu les contraintes et les coûts inévitables que cela engendrerait pour un bénéfice faible. En Wallonie, outre Namur, les villes qui pourraient être concernées et qui nécessiteraient une étude particulière sont surtout Liège, Charleroi et Mons.

Il est important de rappeler que l'instauration d'une ZBE est une mesure de santé publique qui vise à réduire la pollution atmosphérique liée à la circulation routière et pas une mesure qui est prise pour limiter le réchauffement climatique (dans ce cas, ce sont les gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone CO_2 qui sont ciblés) ni pour régler les problèmes de mobilité. Dans les deux derniers cas, la solution n'est plus un parc automobile « propre » mais une réduction pure et simple du trafic routier.

Enfin, les ZBE ne sont qu'une mesure parmi d'autres, que ce soit en matière de transport ou d'un autre secteur d'activités, pour réduire la pollution atmosphérique. Il est également possible d'obtenir un impact identique voir supérieur en optant pour un plan drastique de mobilité ou en prenant des

mesures importantes au sein des centres-villes (*e.g.*, instauration de zones piétonnières, mesures de contournement ou de déviation du trafic de transit, mesures de fluidification du trafic, création de parkings de délestage avec amélioration de l'offre de transports en commun,…). Il faut néanmoins noter que si l'instauration d'une ZBE touche directement le citoyen tombant sous le coup d'une interdiction de circulation, il y a relativement peu de personnes impactées par ces mesures comparé aux solutions alternatives précédentes qui touchent l'ensemble des citoyens (zone piétonnière, mesures de contournement,…). Nous recommandons d'étudier en détail ces mesures alternatives afin de vérifier préalablement l'impact théorique qu'elles pourraient avoir sur la qualité de l'air, tout en prenant en compte les aspects sociétaux et économiques.

Il nous a aussi été demandé d'estimer l'impact d'une ZBE régionale et de voir si celle-ci pourrait être suffisante pour atteindre les objectifs wallons si aucune commune ne faisait le pas d'instaurer une ZBE sur son entité. Une ZBE régionale a le mérite de montrer la volonté de la Région wallonne de s'attaquer à la problématique et de ne pas se décharger sur les communes. Elle permet également de s'assurer de l'élimination des véhicules les plus anciens qui restent des émetteurs colossaux de certains polluants (*i.e.*, certains véhicules Euro 1 mesurés par l'ISSeP émettent 25 000 fois plus de particules ultrafines qu'un nouveau Diesel Euro 6d). Néanmoins, le calendrier de la ZBE régionale est jugé trop laxiste pour avoir un réel impact sur la qualité de l'air. En effet, il est dans la majorité des cas moins contraignant (en terme d'interdictions) que la courbe de renouvellement naturel du parc wallon. Cette mesure à elle seule nous semble donc insuffisante et ne donnerait pas une image positive de la Wallonie vis-à-vis des autres Régions. Nous avons ainsi étudié la possibilité d'avancer le calendrier régional afin qu'il soit plus contraignant. Dans cette hypothèse, nous avons envisagé d'interdire directement (1er janvier 2021) tous les véhicules pré-Euro 3. Cela améliorerait clairement les émissions du parc wallon (réduction de 10 % du BC, de 6 % des $PM_{2.5}$ et de 3 % des NO_x). Ces réductions sont cependant à mettre en balance avec l'obligation de mise à la casse de près de 25 000 véhicules en Wallonie. En effet, il ne s'agit plus ici d'impacter une zone restreinte (quelques centres urbains) mais bien l'ensemble des citoyens wallons. De plus, il n'y a pas dans ce cas de solution alternative offerte (utilisation de parkings de délestage, …) comme une interdiction régionale signifie en pratique l'interdiction pure et simple pour le citoyen de sortir son véhicule de son garage. Enfin, même si dans l'absolu toute amélioration de la qualité de l'air est positive pour la santé, il est clair que la problématique de la pollution automobile se situe surtout dans les centres urbains. Il n'est donc pas très pertinent d'interdire des véhicules, certes anciens, dont les propriétaires habitent en zone rurale et qui ne l'utilisent pas pour se rendre en ville. Il ne faut pas oublier que, dans certaines zones rurales, l'offre de transports en communs est très réduite voire nulle et que le citoyen touché n'aura comme seule option que racheter un autre véhicule.

5.2 Perspectives

Comme souligné dans les conclusions générales, l'introduction d'une ZBE nécessite un suivi aussi bien pour le contrôle du respect des mesures ou pour l'évaluation de l'impact de ces mesures. C'est dans cette évaluation que l'ISSeP doit jouer un rôle.

L'évaluation de l'impact d'une ZBE doit se faire en comparant les mesures avant et après l'implantation de la ZBE, mais aussi, si possible, sur des sites situés à l'intérieur et à l'extérieur de la ZBE. De ce fait, un réseau de mesures suffisant doit être maintenu voire renforcé. Idéalement, des mesures doivent pouvoir être réalisées à des endroits fortement influencés par le trafic et à d'autres plus isolés pour pouvoir mesurer les concentrations de fond. Actuellement, le nombre de sites de mesures longue durée est assez limité à Namur et surtout à Eupen. Durant le projet 2ZBE, une dizaine de mini-stations antilopes a été installée dans chacune des deux communes. Ces mesures devront être exploitées et peut-être étendues. En effet, ces stations permettent notamment de mesurer les concentrations en $PM_{2.5}$. La modélisation de ce polluant n'a pas pu être validée durant le projet faute de mesures. Des mesures à long terme (au moins un an) sont nécessaires pour s'affranchir des effets de la météo. Il serait aussi intéressant de suivre (jusqu'en 2025) l'impact des interdictions progressives liées à la mise en place d'une ZBE.

En plus de l'impact sur la qualité de l'air, l'impact sur les intensités de trafic peut également être surveillé. En effet, des changements dans les flux de trafic à l'intérieur et à l'extérieur de la ZBE peuvent apparaître (*cfr* Perspectives).

5.3 Une suite avec EDIT, une Etude Dynamique Intelligente du Trafic

Grâce au plan ENVIeS (2019-2023), une première étude a été réalisée en 2019 (projet 2ZBE) sur deux villes, Eupen et Namur, afin d'objectiver l'intérêt d'une ZBE sur ces entités et de déterminer la zone géographique d'implantation la plus adaptée. Sur base des résultats déjà obtenus, la ville de Namur envisage d'implanter une ZBE. Une étude complémentaire est néanmoins nécessaire afin d'affiner le modèle actuel.

La première étude a permis de produire des cartes à très haute résolution des concentrations en polluants en fonction des types de véhicules (camions, Euro 1, Euro 2 …) qui seraient proscrits dans le centre-ville. Ces cartes sont « statiques » et donnent une photo de la configuration actuelle des villes de Namur et Eupen. L'instauration d'une ZBE est généralement couplée à une série de mesures urbanistiques ou de mobilité complémentaires (adaptation du plan de mobilité, adaptation de l'offre de transports en commun, installation de parkings de délestage, zones piétonnes, aménagements urbanistiques autour d'écoles, …). Nous souhaitons donc faire évoluer le modèle actuel afin de le rendre « dynamique ». En effet, lorsqu'une route est fermée, par exemple, les automobilistes vont se réorienter vers un itinéraire alternatif. Ce genre de mesure aura donc aussi un impact sur les rues environnantes. Disposer d'un outil incluant une modélisation dynamique des flux du trafic routier est

donc nécessaire, l'objectif final étant de mettre à la disposition des villes un outil d'aide à la décision pour orienter leurs choix urbanistiques et de mobilité.

L'Etude Dynamique Intelligente du Trafic sera développée en partenariat avec l'ULiège sur base de l'application MATSim (Simulation de Transport Multi-Agents). Un modèle gravitaire basé sur l'enquête BELDAM (*BELgian DAily Mobility*) sera utilisé afin de déterminer l'attractivité de chaque zone des centres-villes de Namur et d'Eupen et de prévoir les déplacements de la population pour rejoindre ces lieux. La distribution sur le réseau de transport sera alors déterminée à l'aide d'algorithmes d'optimisation des temps de déplacements de manière dynamique en tenant compte des contraintes des scénarios étudiés. Ces flux estimés par le modèle, seront validés par des comptages physiques réalisés par l'ISSeP et les *floating car data* (info trafic obtenue par triangulation automatique du téléphone mobile du conducteur) fournies par l'AWAC. Les émissions polluantes engendrées par ces flux d'usagers pourront alors être déterminées. Des mesures avec des capteurs qualité de l'air *low-cost* permettront ensuite de caler le modèle. La chaîne de modélisation ATMO-Street développée dans la première étude sera alimentée par ces données complémentaires afin de disposer de cartes optimisées.

Dans son programme stratégique transversal, la ville de Namur a repris comme objectif opérationnel OP 32.2., l'implantation d'une ZBE sur son territoire. Eupen est ouverte à la réflexion mais n'a pas encore pris de décision ferme. Aucun calendrier n'est encore formellement établi et il n'est donc pas certain que cela se fera durant la période du projet. Cela n'a aucune influence sur le développement du modèle en tant que tel, mais en cas de retard au niveau de l'introduction de la ZBE, il ne sera pas possible de vérifier par des mesures de terrain l'exactitude de certaines prédictions du modèle.

Livrables

- L1 = Un recueil de données socio-économiques pour la répartition de la population, des emplois et des pôles scolaires, pour déterminer les volumes de déplacement des citoyens, leur choix modal attendu et l'affectation engendrée sur le réseau.

- L2 = Une base de données OpenStreetMap reprenant les caractéristiques du réseau de voiries de l'ensemble du territoire des villes de Namur et Eupen, avec les flux de véhicules estimés, heure par heure pour les 7 jours de la semaine au cours d'une année type.

L3 = Des données de comptage physique de véhicules et des mesures de la qualité de l'air (particules fines et NO_2) sur minimum 40 points de mesures sur une période étendue (6 mois à 1 an selon les localisations).

- L4 =- Amélioration de la modélisation proposée dans le projet 2 ZBE pour disposer d'un outil prédictif et dynamique permettant de prévoir les émissions polluantes locales du trafic routier à très haute résolution appliqué à Namur et Eupen, mais facilement transférable à d'autres villes d'intérêt (Liège, Charleroi,...).

- L5 = Outil d'aide à la décision pour les villes de Namur et Eupen sur l'impact de nouvelles mesures urbanistiques ou de mobilités sur la qualité de l'air.

- L6 = Des cartes affinées de pollutions à haute résolution couvrant l'ensemble du territoire des villes de Namur et Eupen en fonction de minimum 10 scénarios (instauration d'une ZBE, instauration d'une zone piétonnière, augmentation de la population, évolution du parc automobile, modifications urbanistiques majeures, modification du plan de mobilité, modification de l'offre de transports en commun …).

- L7 = Un soutien technique aux villes de Namur et Eupen lors de l'instauration d'une ZBE sur leur territoire, incluant une assistance lors des conférences de presse et des réunions d'informations citoyennes.

- L8 = Une évaluation sur le terrain de l'impact de l'instauration de la ZBE sur la qualité de l'air par des mesures physiques sur minimum 20 points stratégiques.

- L9 = Une participation active au niveau des réunions de concertation avec les homologues bruxellois et flamands en charge des ZBE des autres régions du pays afin d'œuvrer à une harmonisation de la réglementation. Participation aux travaux des groupes de travail internationaux traitant la problématique.

- L10 = Publications scientifiques et participation à des conférences internationales.

- L11 = PV réunion CA, rapports scientifiques et techniques, rapports mensuels de suivi et bilans financiers.

Liens avec d'autres projets, parties prenantes, actions et/ou objectifs

Sur base du décret wallon du 17/01/2019 relatif à la lutte contre la pollution atmosphérique liée à la circulation des véhicules, il est maintenant possible pour les villes d'instaurer des ZBE sur leur territoire.
- P1 = Projet 2ZBE : La présente proposition est une suite logique de cette première phase qui s'est terminé fin 2019.
- P2 = Projet PEMSWALL : Les résultats des mesures d'émissions des véhicules réalisées dans ce projet (RDE, Remote sensing …) seront intégrés comme données entrantes dans EDIT.
- P3 = Projet OIE : Des capteurs *low cost* développés dans le cadre de ce projet seront utilisés pour mesurer les concentrations en NO_2 et particules fines à haute résolution.
- P4 = Un Projet UIA en partenariat avec le LEMA ULiège et la Ville de Liège a été soumis. Il propose d'utiliser des algorithmes de flux de trafic pour compléter les informations du réseau de capteurs low-cost qui serait implanté sur la ville de Liège. Le but est néanmoins différent, car on vise une amélioration de la santé des citoyens en général, en prenant aussi en considération les aspects climat (îlots de chaleur, végétation urbaine ...), air intérieur et autres nuisances (le bruit par exemple).

5.3.1 Le projet PEMSWALL

La finalité du projet de Prospection des Emissions des Moteurs automobiles Sur les routes WALLonnes (2019) est de contrôler le respect des normes d'émission par les constructeurs automobiles. Ce projet fait écho à l'épisode de *dieselgate* qui a montré à quel point les émissions réelles pouvaient être beaucoup plus élevées que les émissions théoriques annoncées par les constructeurs.

A l'automne 2019, une campagne de mesures en « *remote sensing* » (télédétection) des émissions en conditions de conduite réelles (figure 81) a été réalisée à Namur. Ces mesures d'émissions combinées à des caméras ANPR (*Automatic Number Plate Recognition*) utilisées pour la reconnaissance des plaques d'immatriculation permettent de contrôler et de repérer d'éventuels écarts entre les émissions théoriques et réelles de chaque véhicule. En effet, une fois le numéro de plaque enregistré, il est possible d'associer a posteriori, grâce à un accès à la base de données de la DIV, les émissions mesurées à un type de véhicule (marque, carburant, norme Euro et donc âge). Plus de 14 000 véhicules ont été mesurés durant la campagne de l'automne dernier. Les informations de la DIV ont été reçues en mai 2020 et les données sont en cours d'analyse. Le rapport relatif à ces essais devrait sortir en septembre 2020.

Le projet EDIT offrirait l'opportunité d'exploiter les caméras ANPR installées sur Namur afin de connaître plus précisément la flotte de véhicules en circulation à Namur et plus seulement les véhicules immatriculés à Namur.

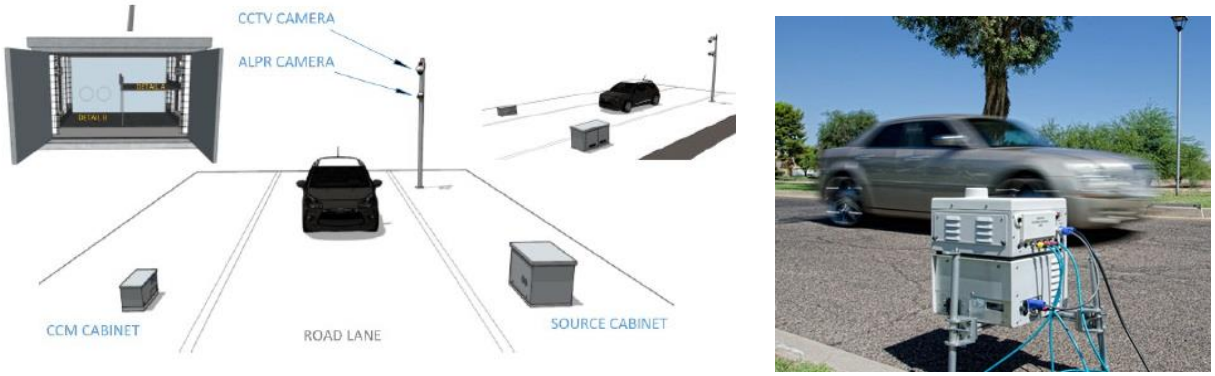


Figure 81 – Campagne de mesures remote sensing des émissions des véhicules.

Coordination et communication

Collaborations

Dans le cadre du projet 2ZBE, nous avons accueilli une stagiaire, Florianne Simon, de l'Université de Liège, du 8 avril au 2 mai 2019. Elle a travaillé sur les comptages de véhicules et leur propagation sur le réseau routier communal.

Réunions

Deux réunions du comité d'accompagnement ont été organisées. Elles se sont tenues le 18 juin et le 18 décembre 2019.
Les membres de ce comité sont Claudia Niessen (Bourgmestre de la Ville d'Eupen), Benoît Pesch (Service de l'Urbanisme et de l'Environnement, Ville d'Eupen), Stéphanie Scailquin (Échevine de l'Urbanisme, Ville de Namur), Hughes Latteur (Transition Ecologique, Ville de Namur), Michel Jehaes (Département des Voies Publiques, Ville de Namur), Bérénice Ruyssen (Service Mobilité, Ville de Namur), Renaud Baiwir (Cabinet du Ministère de l'Environnement), Muriel Dozier (SPW Mobilité), Damien Borsu (SPW Mobilité), Pol Gosselin (Cellule permanente Environnement-Santé), Tom de Schutter (Union des Villes et Communes de Wallonie), Yannick Paulet (Centre Régional de Crise de Wallonie), Stéphane Cools (Agence wallonne de l'Air et du Climat), Virginie Hutsemékers (Agence wallonne de l'Air et du Climat), Philippe Maetz (Cellule Interrégionale de l'Environnement), Benjamin Bergmans (Institut Scientifique de Service Publique, Emissions) et Marie Dury (Institut Scientifique de Service Publique, Qualité de l'Air). Guy Gérard (Institut Scientifique de Service Publique, Qualité de l'Air) et Fabian Lenartz (Institut Scientifique de Service Publique, Qualité de l'Air) étaient également présents lors des réunions.

Communications

Une conférence de presse a été organisée par la Ville d'Eupen le 4 avril 2019. À cette occasion, différents articles (dans « La Meuse », « Grenzecho »), et reportages (de la « BRF », « Vedia ») ont été réalisés.

Une autre conférence de presse a été organisée sur les essais remote sensing (projet apparenté PEMSWALL). Elle a été suivie d'une série de reportages (voir la rubrique presse sur le site de l'ISSeP).

Nous avons participé à une conférence et été invités à un séminaire. Nous y avons respectivement présenté un poster et un exposé :

- **37th International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application – Hamburg, 23-27 September 2019**
  M. Dury, V. Hutsemékers, B. Bergmans, G. Gérard and F. Lenartz, *Introduction of low emission zones in Walloon municipalities: sensitivity tests with the Atmostreet model*

- **Séminaire « Rues scolaires et zones basses émissions » organisé par l'ICEDD (Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable) pour les Conseillers en mobilité – Namur, 22 janvier 2020**
  M. Dury et B. Bergmans, *Etude d'impact environnemental d'implantation de zones basses émissions en Wallonie: campagnes de mesures et modélisation*

Finances

Le projet a officiellement commencé le 1er janvier 2019 pour s'achever le 31 décembre 2019.

POSTES	BUDGET	REEL
Frais de personnel	€ 100.000,00	€ 99.956,00
Frais de fonctionnement	€ 30.000,00	€ 31.194,00
Frais d'équipement	€ 40.000,00	€ 42.034,00
Frais généraux	€ 30.000,00	€ 32.660,00
TOTAL	€ 200.000,00	€ 205.844,00

Références

ADEME (2019). Rincent Air, Pouponneau M., Forestier B., Cape F. (2019). Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système - Rapport. 136 p. (https://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope).

AwAC (2018a), http://www.awac.be/index.php/thematiques/inventaires-d-emission/par-polluants/emissions-de-black-carbon

AwAC (2018b), Campagne "Tubes passifs NO_2 à Namur » : Principaux enseignements. Rapport réalisé sur base du rapport ISSeP : Minet I. (2017), Campagne de mesure du dioxyde d'azote dans l'air ambiant par tube passif.

Berkowicz B., Ketzel M., Jensen S.S., Hvidberg M., Raaschou-Nielsen O. (2008). Evaluation and application of OSPM for traffic pollution assessment for large number of street locations. *Environ. Modell. Softw.*, vol. 23, p. 296-303.

Décret 2019/200758,
http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/decret/2019/01/17/2019200758/moniteur

EEA (2019), Air quality in Europe - 2019 report, European Environment Agency Report 10/2019.

IBGE (2019a). Effets attendus de la zone basses émissions sur le parc automobile et la qualité de l'air en Région bruxelloise. (https://www.lez.brussels/medias/lez-note-fr-vdef.pdf?context=bWFzdGVyfGRvY3VtZW50c3w4NjgwMzQ5fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxkb2N1bWVudHMvaDI5L2hjYi84ODAxNjI2NzUxMDA2LnBkZnwwNTBjZTE5YTI4NWUyNjIzYzZmNTgxZDE4YWU5NjQ0Mjg4MmQ0MDY2ZWUwYjA2Zjk1YmZjMDQ0ZTAyODFlZTFj).

IBGE (2019b). Duprez L., Luyten H., Courion S., Dehouck S., Cheymol A. et Goor F. Evaluation de la zone de basses émissions. Rapport 2018.
(https://www.lez.brussels/medias/rapp-2018-lez-fr-def-2019-12-04.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8OTIxNzE3fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxoZjkvaDZkLzg4MDIxNzQzMDQyODYucGRmfGEyOTJhYzQzNTI4ZWJhYjE5ZTliNTdhMTdiODEyMjFjYTY5MjJhMDgzYzBhODU0NjA4OTA3NDQ1YzAzOWYxMTQ).

Lefebvre W., Van Poppel M., Maiheu B., Janssen S., Dons E. (2013). Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmos. Environ.*, vol. 77, p. 325-337.

PACE 2030, https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/plan-air-climat-energie-2030.pdf?ID=54248

TML (2012). Yperman I., Vanhove F., Delhaye E., Scheltjens, T., Hens D., Voogt M., den Boeft K. Haalbaarheidsstudie voor invoering en beheer van lage emissiezone(s) in de stad Antwerpen, 237 p.

TML & VITO (2018). Vanhove F., Lefebvre W., Vanhulsel M., Viaene P., Vranckx S. Evaluatie 1 jaar LEZ in Antwerpen, 17 p.

VMM (2019). Luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie. Rapport annuel 2018. 108 p.

Remerciements

Nous tenons à remercier les autorités communales de Namur et d'Eupen d'avoir accepté que leur ville participe au projet 2ZBE en tant que commune pilote dans l'évaluation de la pertinence d'instaurer une zone basses émissions sur un territoire communal. Nous tenons également à remercier les administrations de ces deux communes pour leur disponibilité tout au long du projet que ce soit pour le partage de leurs données ou pour l'aide dans l'organisation de nos campagnes de mesures. Un merci particulier à Monsieur G. Deneffe (Service Interne de Prévention, Ville d'Eupen), Madame A. Hilgers et Monsieur B. Pesch (Service de l'Urbanisme et de l'Environnement, Ville d'Eupen), Madame B. Ruyssen (Service Mobilité, Ville de Namur) et Monsieur M. Jehaes (Département des Voies publiques, Ville de Namur).

Nous exprimons notre gratitude à tous les membres du comité d'accompagnement du projet 2ZBE (*cfr* Coordination et Communication) d'avoir accepté de suivre le projet et de l'avoir enrichi de leurs discussions.

Notre reconnaissance va également aux institutions ou aux services suivants pour nous avoir donné accès à leurs infrastructures pour l'installation d'instruments de mesures : la Ville d'Eupen et l'atelier de couture de la Kirchstrasse, le Service des Sports l'Université de Namur (UNamur) rue Godefroid, la Confédération des syndicats chrétiens (CSC) de l'Aachener Strasse, le Syndicat d'Initiative de Jambes avenue Materne et le Service des Allocations familiales de la Communauté germanophone sur la Kaperberg.

Un grand merci à Philippe Maetz (Cellule Interrégionale de l'Environnement, CELINE) pour le prêt des trois analyseurs AE33 pour le carbone noir. Merci à Virginie Hutsemékers (Agence wallonne de l'Air et du Climat, AwAC) pour avoir mis à notre disposition des données d'émissions des véhicules et les données véhicule flottant (*floating car data*) acquises par le SPW-MI. Merci à Isabelle Minet (ISSeP) pour l'analyse des tubes passifs de la campagne menée à Eupen.

Merci à Hans Hooyberghs et Wouter Lefebvre (VITO) pour leur disponibilité durant notre initiation au modèle ATMO-Street.

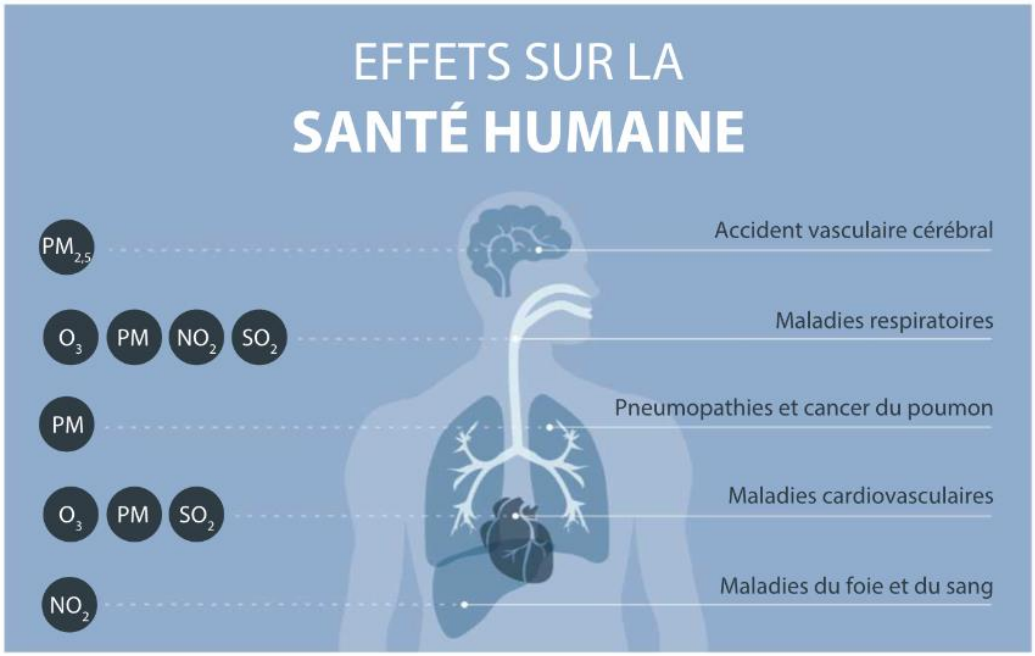
Merci à nos homologues bruxellois et flamand en charge des ZBE, Louise Duprez (Bruxelles Environnement) et Roel Vaneerdeweg (Département de l'Environnement et du Développement spatial, Gouvernement flamand)

Merci à Florianne Simon, étudiante du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement à finalité Monitoring Environnemental de l'Université de Liège (ULiège), pour son traitement des comptages de véhicules et son exploration de la manière de les propager sur le réseau routier communal.

Liste des annexes

Annexe 1 – Normes de qualité de l'air de l'UE et lignes directrices de l'OMS
Annexe 2 – Inventaire d'émissions par secteurs
Annexe 3 – Caractérisation du parc wallon
Annexe 4 – Zones basses émissions en Europe
Annexe 5 – Zones basses émissions belges
Annexe 6 – Campagnes NO_2
Annexe 7 – Mesures du carbone noir
Annexe 8 – Mesures du carbone noir en 2020
Annexe 9 – Guide d'utilisation des radars TMS-SA
Annexe 10 – Comptages trafic
Annexe 11 – Projections des concentrations en NO_2 au cours de la journée en 2018
Annexe 12 – Projections des concentrations en NO_2 avec une ZBE
Annexe 13 – Projections des concentrations en des $PM_{2.5}$ et PM_{10} avec une ZBE

Annexe 1 – Normes de qualité de l'air de l'UE et lignes directrices de l'OMS



https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/fr/

Figure 82 – Effets sur la santé des différents polluants atmosphériques.

Tableau 9 – Normes de qualité de l'air de l'Union européenne et lignes directrices de l'Organisation mondiale de la santé

Polluant	Période	Lignes directrices de l'OMS (µg/m³)	Valeurs limites fixées dans la directive AAQ de l'UE (µg/m³)	Nombre annuel de dépassements des normes de l'UE autorisés
NO_2	1 année	40	40	-
	1 heure	200	200	18
O_3	8 heures	100	120	25
PM_{10}	1 année	20	40	-
	24 heures	50[(a)]	50	35
$PM_{2,5}$	1 année	10	25	-
	24 heures	25	-	-
SO_2	24 heures	20	125	3
	1 heure	-	350	24
	10 minutes	500	-	-

(a) L'OMS recommande d'utiliser cette valeur guide comme 99[ème] centile (3 dépassements).

https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/fr/

Annexe 2 – Inventaire d'émissions par secteurs

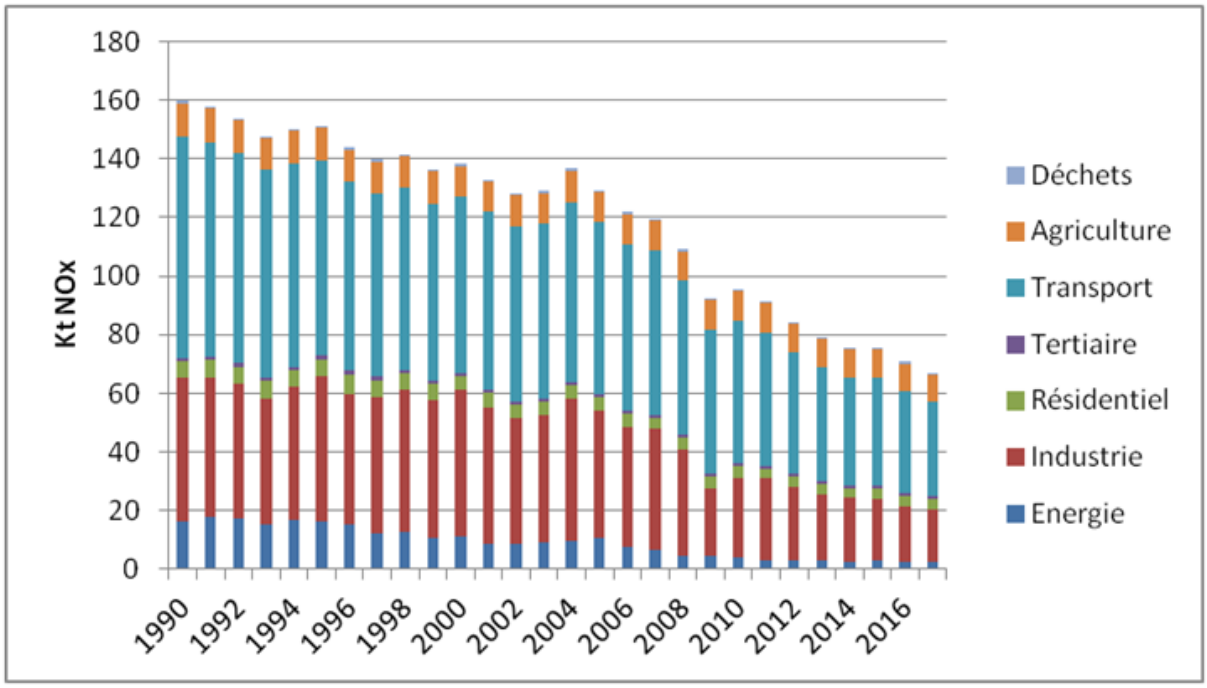


Figure 83 – Evolution des émissions de NO_x par source d'émission en Wallonie.

Tableau 10 – Evolution des émissions de NO_x par source d'émission en Wallonie (en kt).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Energie	16.1	16.2	11.3	10.6	4.1	2.8	2.6	2.5
Industrie	49.5	49.6	50.1	43.4	26.9	21.0	18.8	18.1
Résidentiel	5.5	5.8	4.6	4.7	4.2	3.6	3.5	3.4
Tertiaire	1.1	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0
Transport	75.5	66.5	59.9	58.6	48.6	36.7	34.6	32.2
Agriculture	11.4	11.1	10.7	10.2	9.9	9.8	9.6	9.3
Déchets	0.6	0.7	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6
Total	**159.6**	**151.0**	**138.2**	**129.3**	**95.5**	**75.5**	**70.7**	**67.1**

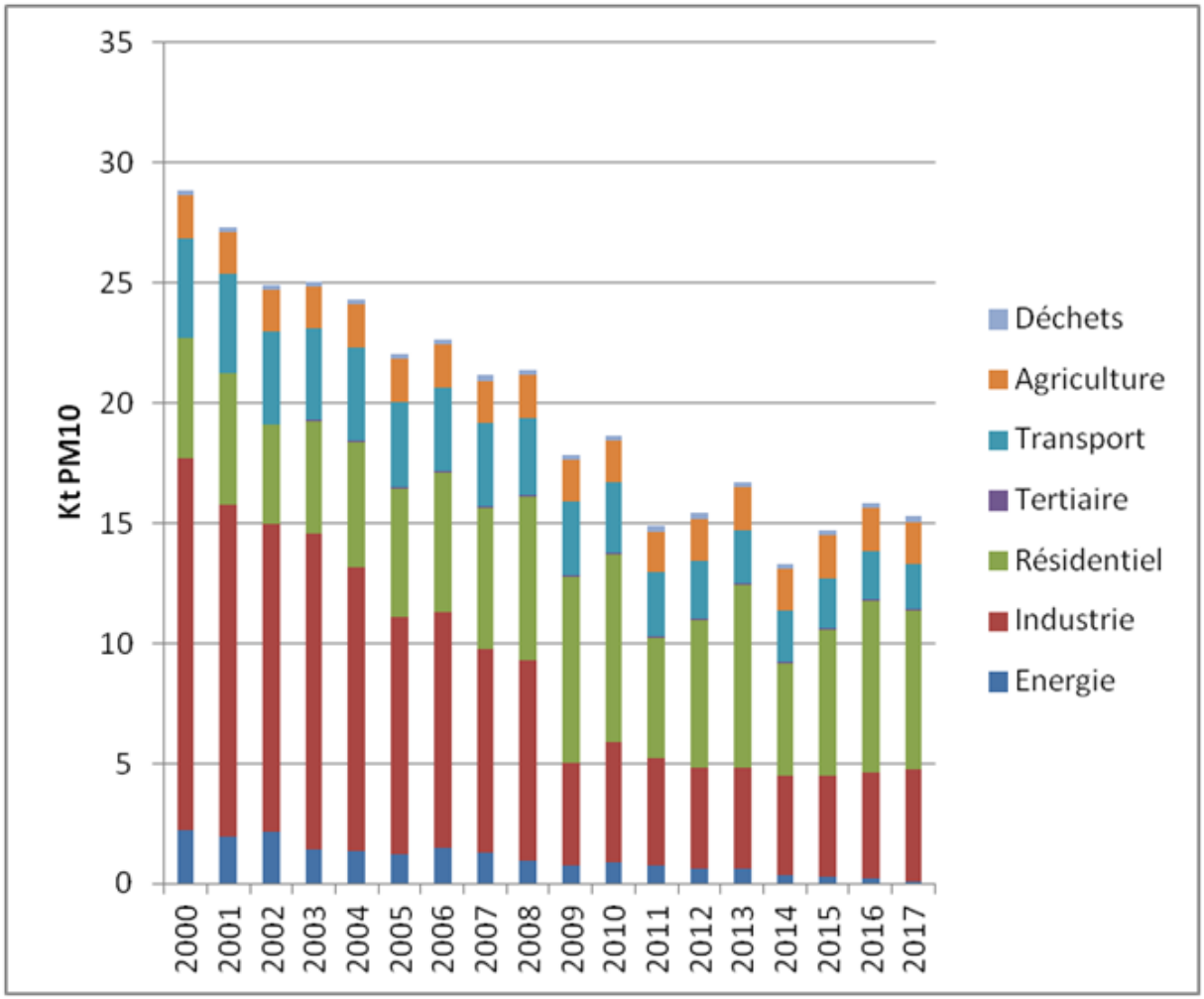


Figure 84 – Evolution des émissions de PM_{10} par source d'émission en Wallonie.

Tableau 11 – Evolution des émissions de PM_{10} par source d'émission en Wallonie (en kt).

	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Energie	2.23	1.24	0.91	0.29	0.23	0.11
Industrie	15.48	9.83	4.96	4.21	4.37	4.68
Résidentiel	4.98	5.37	7.82	6.09	7.19	6.59
Tertiaire	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05
Transport	4.14	3.55	2.95	2.07	1.98	1.86
Agriculture	1.77	1.79	1.75	1.79	1.78	1.77
Déchets	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.21
Total	**28.84**	**22.04**	**18.65**	**14.72**	**15.82**	**15.28**

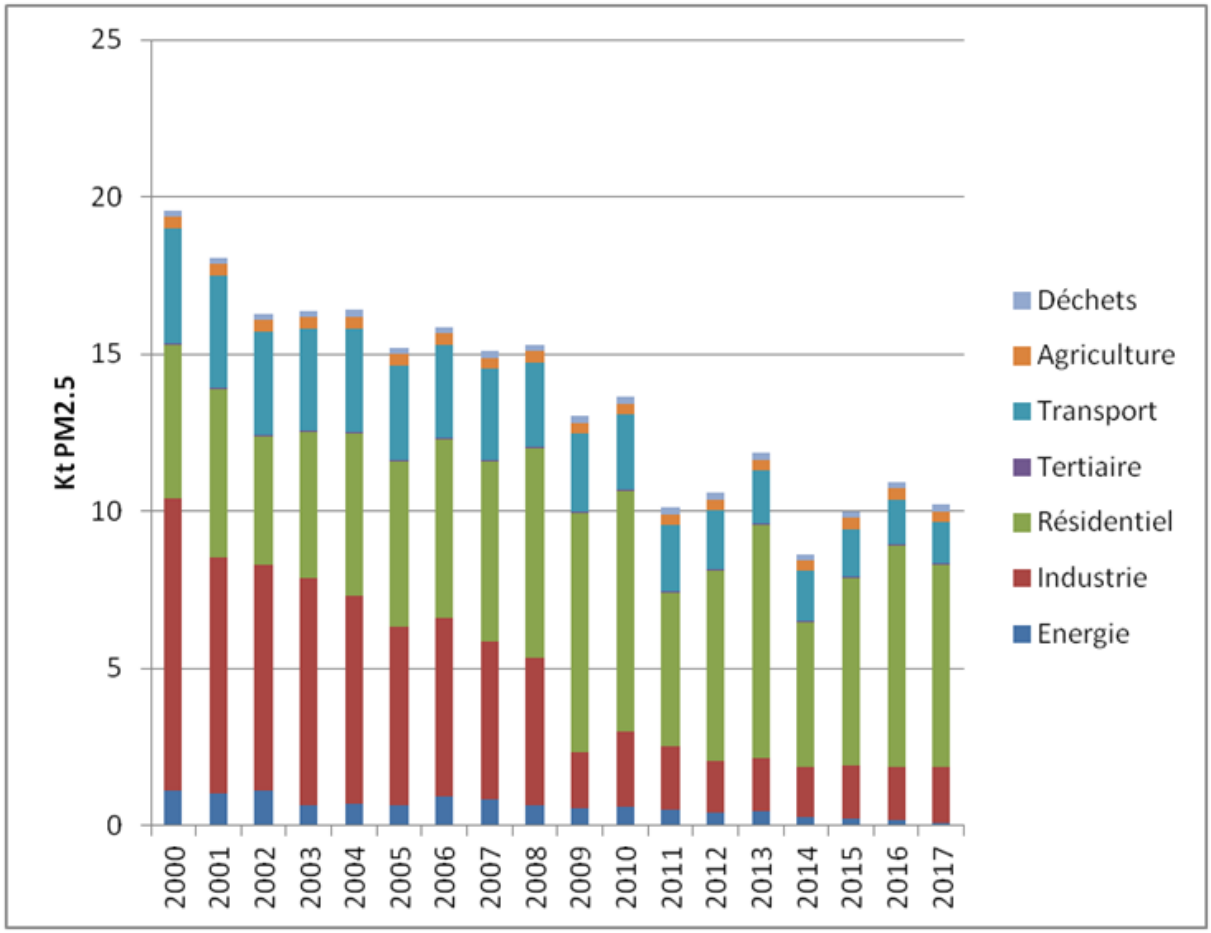


Figure 85 – Evolution des émissions de $PM_{2.5}$ par source d'émission en Wallonie.

Tableau 12 – Evolution des émissions de $PM_{2.5}$ par source d'émission en Wallonie (en kt).

	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Energie	1.13	0.66	0.61	0.25	0.20	0.10
Industrie	9.28	5.67	2.40	1.66	1.68	1.76
Résidentiel	4.89	5.26	7.65	5.95	7.02	6.44
Tertiaire	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05
Transport	3.63	2.99	2.36	1.51	1.40	1.29
Agriculture	0.38	0.37	0.36	0.37	0.35	0.35
Déchets	0.19	0.20	0.21	0.21	0.22	0.21
Total	**19.55**	**15.21**	**13.63**	**10.01**	**10.93**	**10.21**

Annexe 3 – Caractérisation du parc wallon

	Wallonie		EUPEN		NAMUR	
	Véhicules	%	Véhicules	%	Véhicules	%
CNG	**1143**	**0.1**	**21**	**0.0**	**188**	**0.2**
Euro 3	1	0.0	0	0.0	0	0.0
Euro 4	9	0.0	1	0.0	3	0.0
Euro 5	58	0.0	2	0.0	6	0.0
Euro 6	969	0.1	16	0.0	169	0.1
(blank)	106	0.0	2	0.0	10	0.0
DIESEL	**803 841**	**52.2**	**25 375**	**47.9**	**65 633**	**52.9**
Euro 0	1 060	0.1	62	0.1	60	0.0
Euro 1	27	0.0	5	0.0	0	0.0
Euro 2	884	0.1	32	0.1	33	0.0
Euro 3	52 923	3.4	1 253	2.4	3 556	2.9
Euro 4	201 880	13.1	6 067	11.4	15 653	12.6
Euro 5	296 946	19.3	9 962	18.8	25 449	20.5
Euro 6	208 567	13.5	6 313	11.9	18 287	14.7
(blank)	41 554	2.7	1 681	3.2	2 595	2.1
ELEC	**2 162**	**0.1**	**83**	**0.2**	**253**	**0.2**
Euro 0	45	0.0	2	0.0	6	0.0
Euro 5	118	0.0	3	0.0	17	0.0
Euro 6	55	0.0	8	0.0	3	0.0
(blank)	1 944	0.1	70	0.1	227	0.2
FUEL	**703 737**	**45.7**	**26 261**	**49.6**	**55 347**	**44.6**
Euro 0	1 819	0.1	126	0.2	140	0.1
Euro 1	193	0.0	14	0.0	8	0.0
Euro 2	1 806	0.1	170	0.3	109	0.1
Euro 3	20 136	1.3	681	1.3	1 308	1.1
Euro 4	118 432	7.7	4 959	9.4	8 950	7.2
Euro 5	148 685	9.6	6 100	11.5	12 240	9.9
Euro 6	289 871	18.8	9 541	18.0	24 602	19.8
(blank)	122 795	8.0	4 670	8.8	7 990	6.4
HYBRIDE	**19504**	**1.3**	**850**	**1.6**	**1979**	**1.6**
Euro 0	18	0.0	1	0.0	2	0.0
Euro 3	1	0.0	0	0.0	0	0.0
Euro 4	41	0.0	1	0.0	3	0.0
Euro 5	3 817	0.2	202	0.4	396	0.3
Euro 6	13 622	0.9	551	1.0	1 374	1.1
(blank)	2 005	0.1	95	0.2	204	0.2
OTHER/UNKNOWN	**10 923**	**0.7**	**405**	**0.8**	**699**	**0.6**
Euro 0	25	0.0	4	0.0	2	0.0
Euro 1	5	0.0	0	0.0	1	0.0
Euro 2	14	0.0	1	0.0	0	0.0
Euro 3	179	0.0	14	0.0	24	0.0
Euro 4	1 135	0.1	68	0.1	90	0.1
Euro 5	617	0.0	45	0.1	49	0.0
Euro 6	329	0.0	25	0.0	33	0.0
(blank)	8 619	0.6	248	0.5	500	0.4
TOTAL	**1 541 310**	**100.0**	**52 995**	**100.0**	**124 099**	**100.0**

Annexe 4 – Zones basses émissions en Europe

En 2018, 231 villes européennes étaient dotées de ZBE dont 106 rien que pour l'Italie et 86 pour l'Allemagne (tableau 13 et figure 86) (ADEME, 2019).

Tableau 13 – Répartition des ZBE/LEZ en Europe.

Pays	Nombre de LEZ					
	Mars 2011	Mars 2012	Mars 2014	Mars 2015	Sept. 2017	Nov. 2018
Autriche	1	1	2	4	4	4
République Tchèque	1	1	1	1	1	1
Danemark	4	4	4	4	4	4
Allemagne	43	56	69	78	83	86
Italie	109	98	94	100	108	106
Pays-Bas	12	12	12	13	13	13
Portugal	0	1	1	1	1	1
Suède	6	6	7	8	8	8
Royaume-Uni	2	2	3	1	1	1
Grèce				1	1	1
France					2	3
Belgique					1	2
Espagne						1
Total	**179**	**182**	**193**	**211**	**227**	**231**

https://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope

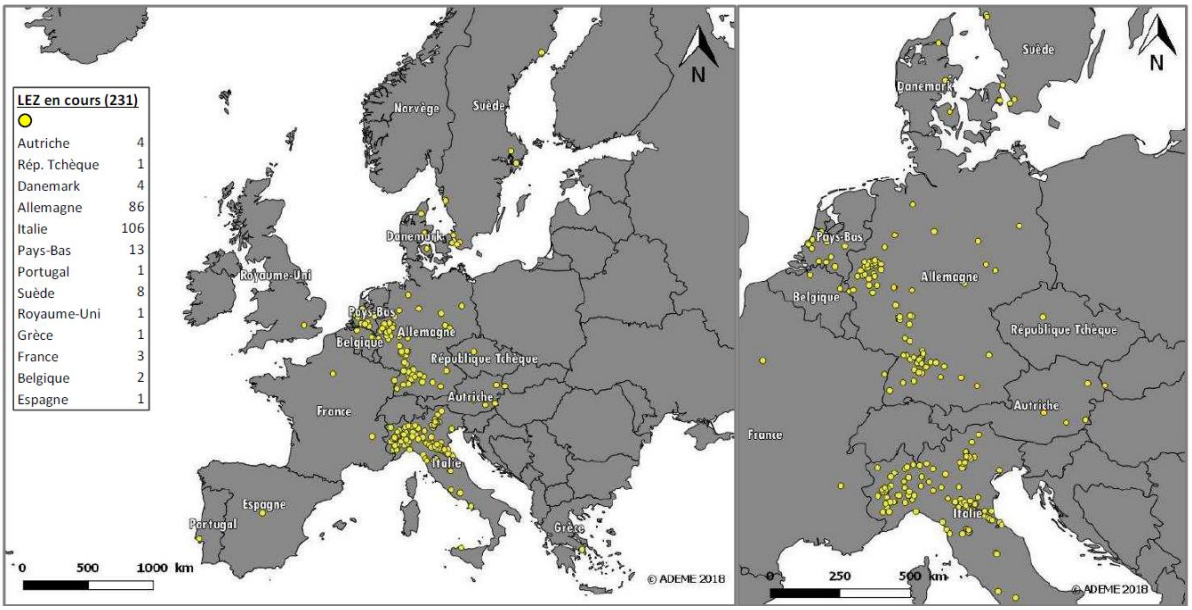


Figure 86 – ZBE/LEZ à travers l'Europe en novembre 2018

(https://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope)

Annexe 5 – Zones basses émissions belges

En Belgique, Anvers a introduit depuis le 1er février 2017 une LEZ sur une zone de 20 km^2 (tout le centre-ville et une partie de la Rive Gauche de l'Escaut). Les tableaux qui suivent présentent le calendrier des interdictions à Anvers (https://www.slimnaarantwerpen.be/fr/LEZ). A partir du 1er janvier 2020, les conditions d'accès pour les véhicules sont devenues plus strictes. Ne sont plus autorisés que les véhicules diesel minimum Euro 5/V et les véhicules essence/CNG/LPG minimum Euro 2/II. Le calendrier anversois est donc plus strict en 2020 concernant les véhicules diesel que le calendrier wallon (minimum Euro 4/IV).

Tableau 14 – Conditions d'accès à la LEZ anversoise pour la période du 01/02/2017 au 31/12/2019.

Norme Euro	Diesel	Essence, Gaz naturel, GPL
Euro 6/VI	Accès	Accès
Euro 5/V*	Accès	Accès
Euro 4/IV	Accès	Accès
Euro 3/III avec filtre à particules	Accès après enregistrement	Accès
Euro 3/III sans filtre à particules	Accès après paiement	
Euro 2/II	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès
Euro 1/I	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès
Antérieur aux normes Euro	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès avec ticket journalier LEZ**

https://www.slimnaarantwerpen.be/fr/LEZ

Tableau 15 – Conditions d'accès à la LEZ anversoise pour la période du 01/01/2020 au 31/12/2024.

Norme Euro	Diesel	Essence, Gaz naturel, GPL
Euro 6/VI	Accès	Accès
Euro 5/V*	Accès	Accès
Euro 4/IV	Accès après paiement	Accès
Euro 3/III avec filtre à particules	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès
Euro 3/III sans filtre à particules	Accès avec ticket journalier LEZ**	
Euro 2/II	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès
Euro 1/I	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès avec ticket journalier LEZ**
Antérieur aux normes Euro	Accès avec ticket journalier LEZ**	Accès avec ticket journalier LEZ**

* On utilise pour les camions de plus de 3,5 tonnes la mention EEV (Enhanced Environmentally friendy Vehicle), qui équivaut à la norme Euro 5/V.

** Maximum 8 fois par an. Vérifiez sna.be/LEZ pour des exceptions possibles.

https://www.slimnaarantwerpen.be/fr/LEZ

A Anvers, les conditions d'accès deviendront encore plus strictes successivement à partir du 1er janvier 2025 et du 1er janvier 2027. C'est la Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) qui est chargée d'évaluer l'impact de la LEZ sur la qualité de l'air.

En 2018, la Région de Bruxelles-Capitale (19 communes) a emboîté le pas à Anvers avec une zone nettement plus vaste de 160 km^2. Les tableaux qui suivent présentent le calendrier des interdictions à Bruxelles-Capitale (https://lez.brussels/mytax/fr/). C'est Bruxelles Environnement (IBGE) qui a, entre autres, réalisé l'étude préalable à l'introduction de la LEZ. L'IBGE a également la responsabilité de faire une analyse des données issues de la LEZ afin d'en évaluer le respect, l'impact et la pertinence des modalités et de communiquer au public les résultats de cette analyse dans un rapport annuel.

Tableau 16 – Calendrier des interdictions pour les véhicules Diesel dans la LEZ Bruxelles-Capitale.

Diesel

Norme	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Euro VI / 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Euro V / 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	⊘
Euro IV / 4	✓	✓	✓	⊘	⊘	⊘	⊘
Euro III / 3	✓	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘
Euro II / 2	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘
Euro I / 1	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘
Sans Euro	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘

https://lez.brussels/mytax/fr/

Tableau 17 – Calendrier des interdictions pour les véhicules Essence/LPG/CNG dans la LEZ Bruxelles-Capitale.

Essence/LPG/CNG

Norme	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Euro VI / 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Euro V / 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Euro IV / 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Euro III / 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Euro II / 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	⊘
Euro I / 1	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘
Sans Euro	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘	⊘

https://lez.brussels/mytax/fr/

Gand, Malines et Willebroek se préparent également à instaurer une ZBE. Elles seraient « fonctionnelles » en 2020/2021.

Annexe 6 – Campagnes NO_2

Campagne réalisée à Eupen

ID	Localisation	X_coord	Y_coord	P1 (du 13/06 au 28/06)	P2 (du 28/06 au 12/07)	P3 (du 19/08 au 02/09)	P4 (du 16/09 au 30/09)	Moyenne	écart-type
1	Vervierstrasse	266839.3	148109.1	15.93	12.86	17.61	14.14	15.13	2.07
2	Lascheterweg	267165.9	147767	27.87	19.47	27.31	18.75	23.35	4.91
3	Monschauerstrasse	268539.3	146810	19.14	15.28	23.12	19.12	19.16	3.20
4	Schulstrasse	268143.9	148053.8	10.84	7.91	14.53	15.28	12.14	3.42
4_{bis}	Schulstrasse	268143.9	148053.8	10.56	9.60	13.70	16.31	12.54	3.06
5	Kaperberg	268269.6	148056	24.02	24.01	37.27	25.57	27.72	6.41
6	Holftert	268178.2	148294.9	10.22	8.01	11.02	12.10	10.34	1.73
7	Aachenerstrasse	268557.5	149517.5	13.52	13.95	17.85	17.66	15.74	2.33
8	Klinkeshöfchen	267348.1	147867.5	7.82	7.99	8.48	11.61	8.97	1.78
8_{bis}	Klinkeshöfchen	267348.1	147867.5	7.76	8.20	7.93	10.92	8.70	1.49
9	Stadtpark	267976.1	148100.7	8.11	0.00	0.00	10.03	9.07	5.29
10	Ostpark	268833.9	148120.4	5.86	6.96	6.12	8.52	6.87	1.20
11	Hufengasse	267467.5	147805.1	16.13	14.07	18.25	15.34	15.95	1.75
12	Rathausplatz	267526.7	148132.9	24.92	17.73	33.81	23.01	24.87	6.69
12_{bis}	Rathausplatz	267526.7	148132.9	24.85	15.24	31.94	21.72	23.44	6.94
13	Kirchstrasse	267704.7	147947.9	14.33	14.48	16.77	16.75	15.58	1.36
14	Vervierstrasse	266172.1	148145.6	16.59	13.16	18.04	17.01	16.20	2.12
15	Herbesthalerstrasse	265884.3	149568.1	27.74	30.92	44.30	35.55	34.63	7.20
16	Malmedyerstrasse	268056.13	146869.93	18.17	15.69	19.22	17.61	17.67	1.48
17	Aachenerstrasse	267868	148408.4	26.82	15.94	29.89	26.53	24.79	6.09
18	Aachenerstrasse	268191	148666.2	18.92	14.35	22.91	22.35	19.63	3.94
19	Rotenberg	267415.7	147473	24.14	18.66	24.92	14.92	20.66	4.74
20	Frankendelle	268514.8	147411.5	16.52	14.26	22.42	25.64	19.71	5.24
21	Haasstrasse	268173.49	147097.37	30.22	23.56	31.79	23.09	27.17	4.48
22	Oestrasse	267688.8	147107.8	19.33	12.95	15.03	16.41	15.93	2.67
23	Monschauerstrasse	269012.4	146508.9	10.51	7.96	10.66	10.41	9.89	1.29
24	Hochstrasse	266934.37	149139.01	20.00	16.55	23.48	18.59	19.66	2.91
25	Schonefelderweg	269081	147530.2	10.94	7.22	8.27	10.55	9.24	1.79
26	Stendrich	266647	147363.7	9.15	8.71	7.85	9.61	8.83	0.75
27	Simarstrasse	267386	148548.6	11.96	9.41	13.62	11.61	11.65	1.73
28	Noretherstrasse	267611.9	148530.1	9.40	7.38	10.14	9.75	9.17	1.23
29	Neustrasse	267671.2	147572.9	20.73	18.27	20.74	18.64	19.59	1.32
30	Bergstrasse	267774	147671.1	18.49	11.36	16.28	16.03	15.54	3.00
31	Bergkapellstrasse	267808.2	147321.5	16.64	12.47	15.60	21.53	16.56	3.76
32	Paveestrasse	267538.2	147974.9	17.18	15.03	16.87	14.65	15.93	1.28
33	Gospertstrasse	267881	148137.8	13.53	12.42	16.82	14.64	14.35	1.88
34	Judenstrasse	268347.5	147547.1	10.92	6.51	10.79	12.66	10.22	2.61
35	Obere Ibern	268053.1	147793.5	8.23	8.50	8.17	9.88	8.69	0.80
36	Hisseslgasse	268189.9	147847.9	7.67	10.61	12.13	11.92	10.58	2.05
37	Hookstrasse	267999.3	148374	25.38	26.33	43.77	29.76	31.31	8.52
37_{bis}	Hookstrasse	267999.3	148374	23.79	25.89	45.97	27.81	30.87	10.20
38	Markplatz	267629.2	147984.7	11.82	10.54	14.64	11.21	12.05	1.81
39	Nispert	269170.72	147987.68	12.79	10.82	14.34	13.48	12.86	1.50
40	Zimmermann Strasse	269135.8	147700.7	6.37	7.48	5.50	7.91	6.81	1.09
41	Zur Nohn	268037.2	149887	7.87	8.67	7.57	8.02	8.03	0.46
42	Burgundstrasse	267926.9	147499.6	7.46	7.81	7.20	9.29	7.94	0.93
43	Selterschlag	268387.6	146710.8	5.72	7.54	6.06	7.37	6.67	0.92

44	Hütte	268592.3	146431.6	10.35	10.65	10.20	10.06	10.32	0.25
45	Simarstrasse	267490.1	148390.4	11.29	8.55	8.65	12.69	10.29	2.04
46	Stockem	266807	147807.3	8.64	9.26	7.83	7.83	8.39	0.69
47	Schnellewindgasse	268439.9	148529.5	10.29	9.66	9.13	10.66	9.93	0.68
48	Klosterstrasse	267595.2	148071.3	24.17	19.19	25.36	19.26	22.00	3.23
49	Kirchstrasse	267696.7	147953.7	15.47	26.96	15.16	15.39	18.24	5.81
50	Herbesthalerstrasse	267201	148282	28.07	19.88	29.42	23.18	25.14	4.41
50_{bis}	Herbesthalerstrasse	267201	148282	29.21	19.64	30.85	22.37	25.52	5.37

Campagne réalisée à Namur

ID	Localisation	X_coord	Y_coord	Moyenne (P1-P90)	Moyenne (P58-P83)
1	Parc Marie Louise	184615	128474	20.92	19.45
4	Place de la Station 11-9	184998	128726	**53.17**	**44.97**
5	Milieu Place de la Station	185072	128736	**54.47**	**48.27**
6	Rue Godefroid 49	185050	128666	**44.93**	**41.17**
11	Square Léopold 20	185196	128771	**51.13**	37.83
13	Gare des bus	185264	128746	**79.81**	
41	Boulevard Ernest Mélot 25-5	184937	128728	**55.83**	**48.43**
42	Place de la Station quai A	184999	128741	**57.84**	**49.37**
43	Place de la Station 17	185057	128722	**53.21**	**44.43**
44	Place de la Station	185130	128764	**45.58**	36.32
45	Avenue de la Gare 11	185197	128706	**49.83**	**44.38**
46	Avenue de la Gare 15-1	185201	128717	**55.30**	**40.38**
47	Rue Rogier 31	185367	128662	**41.72**	39.96
48	Rue Rogier 34	185368	128651	**41.72**	36.08
49	Rue Rogier 101	185601	128588	33.42	33.25
50	Rue Rogier (en face du 101)	185588	128584	**40.49**	32.73
51	Rue Dewez 14	185662	128660	30.19	28.57
52	Rue des Carmes 21	185137	128461	24.11	22.14
53	Rue de Fer 101	185256	128574	35.13	31.68
54	Rue des Carmes 75	185141	128610	28.68	27.26
55	Rue de Fer 3	185230	128367	28.73	26.53
56	Rue de Fer 20	185249	128406	33.69	30.59
57	Rue de Bruxelles 37	185057	128412	37.90	35.65
58	Rue de Bruxelles 3	185126	128380	38.37	35.86
59	Rue st Jacques 28	185175	128372	39.69	35.58
60	Rue st Jacques 3	185227	128358	**40.84**	35.73
61	Rue Basse Marcelle 9	185049	128296	20.98	20.67
62	Rue st Loup 20	185129	128294	22.72	20.37
63	Rue Haute Marcelle 22	185170	128311	22.64	22.03
64	Rue de l'Ange 99	185227	128316	27.23	25.60
65	Rue de l'Ange 69	185249	128257	30.11	26.76
66	Rue du Collège 12	185027	128218	24.95	23.70
67	Rue du Collège 3	185141	128210	22.35	19.82
68	Rue de la Croix 10	185251	128214	24.05	22.29
69	Rue de l'Ange 19	185312	128145	32.27	29.49
70	Rue Jean Baptiste Brabant 40	185789	128343	**50.08**	**46.71**
71	Citadelle (route merveilleuse)	185077	127631	19.42	17.42
72	Pont de Jambes	185303	127613	29.38	30.82
73	Pont des Ardennes	185922	128123	**45.37**	39.84
74	Pont Chemin de fer	186236	128328	24.60	
76	Place Maurice Servais 3	185257	128061	26.03	25.95
77	Rue des Brasseurs 84	185246	128026	28.18	27.27
78	Rue des Fossés Fleuris 46	185151	128086	25.95	23.72
79	Rue des Fossés Fleuris 30	185220	128088	25.69	25.03
80	Grognon (entrée Parking)	185477	127972	37.46	
81	Grognon (station entrée Parking)	185496	127912	**42.34**	
82	Grognon (le long de la route)	185538	127939	37.89	
83	Grognon (station extérieure)	185541	127980	27.14	
89	Rue des Croisiers 14	185190	128620	32.32	
90	Rue des Brasseurs 121	185096	128032	29.36	27.24
91	Rue Borgnet 13	185347	128725	39.15	38.39
92	Boulevard Ernest Mélot 8	184902	128724	**43.54**	**44.36**

Annexe 7 – Mesures du carbone noir

Concentrations en carbone noir mesurées par un AE33 aux différents sites de mesures à Eupen et à Namur en 2019 et 2020.

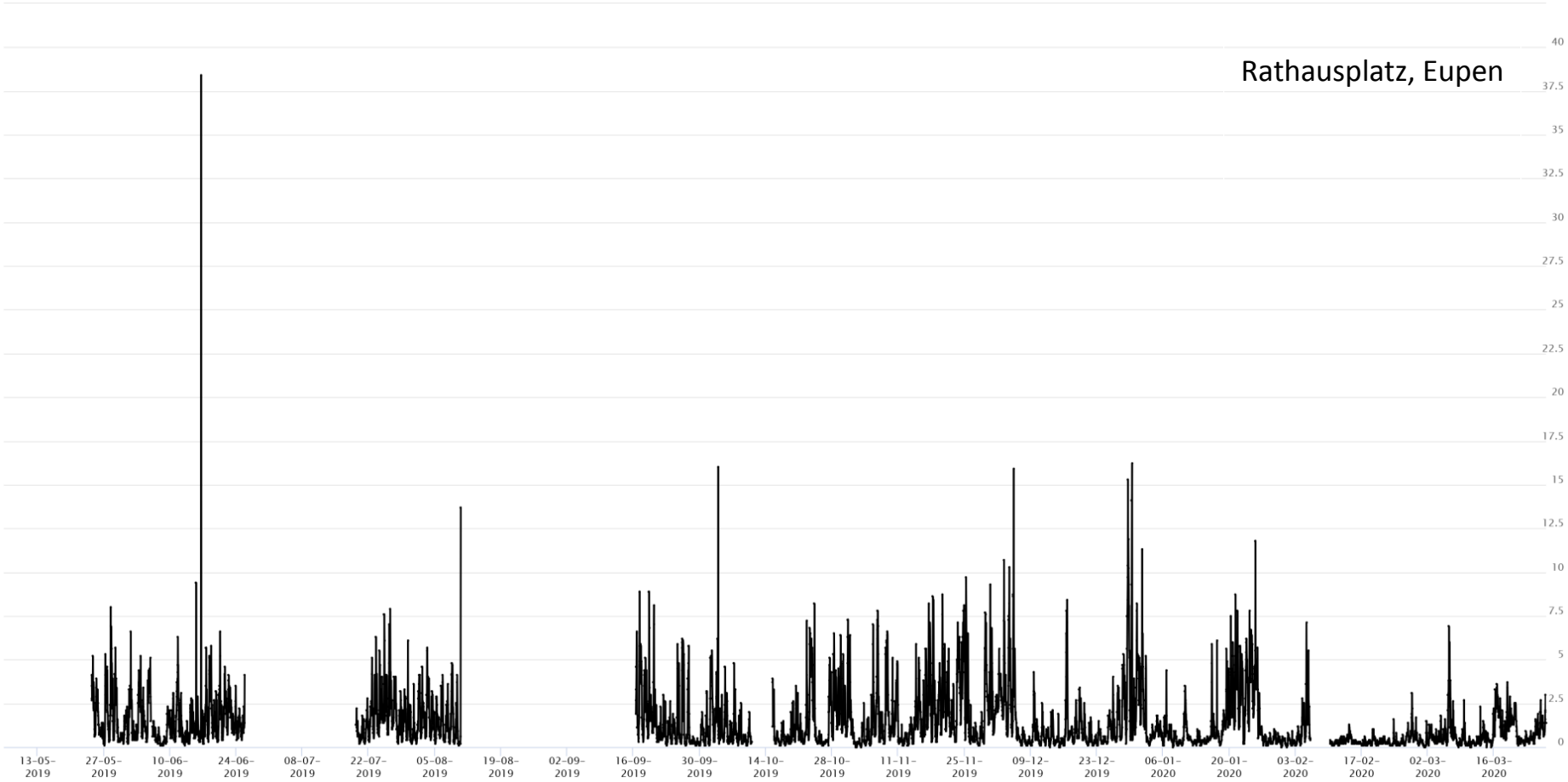


Figure 87 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) sur la Rathausplatz à Eupen de mai 2019 à mars 2020.

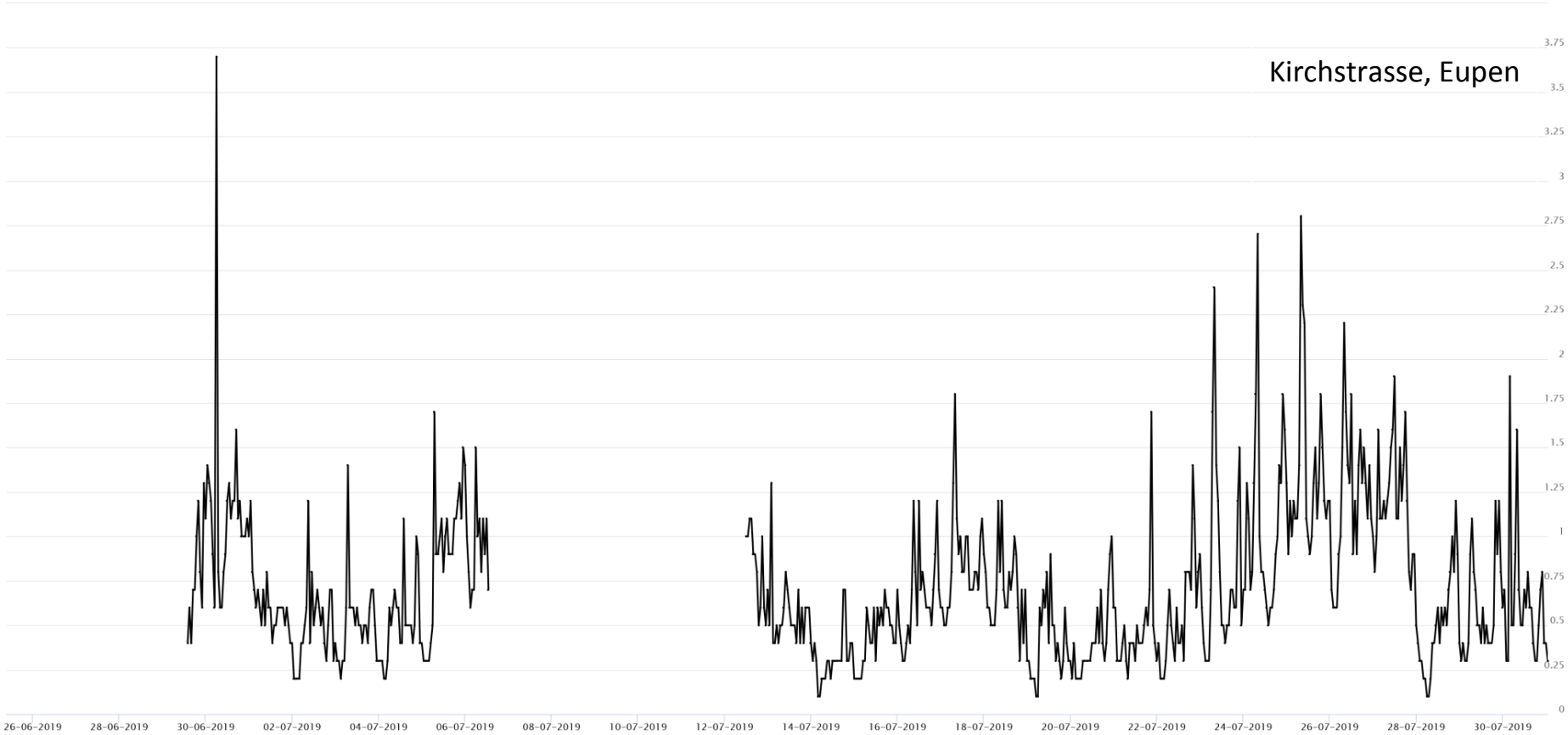


Figure 88 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) sur la Kirchstrasse à Eupen de juin 2019 à juillet 2019.

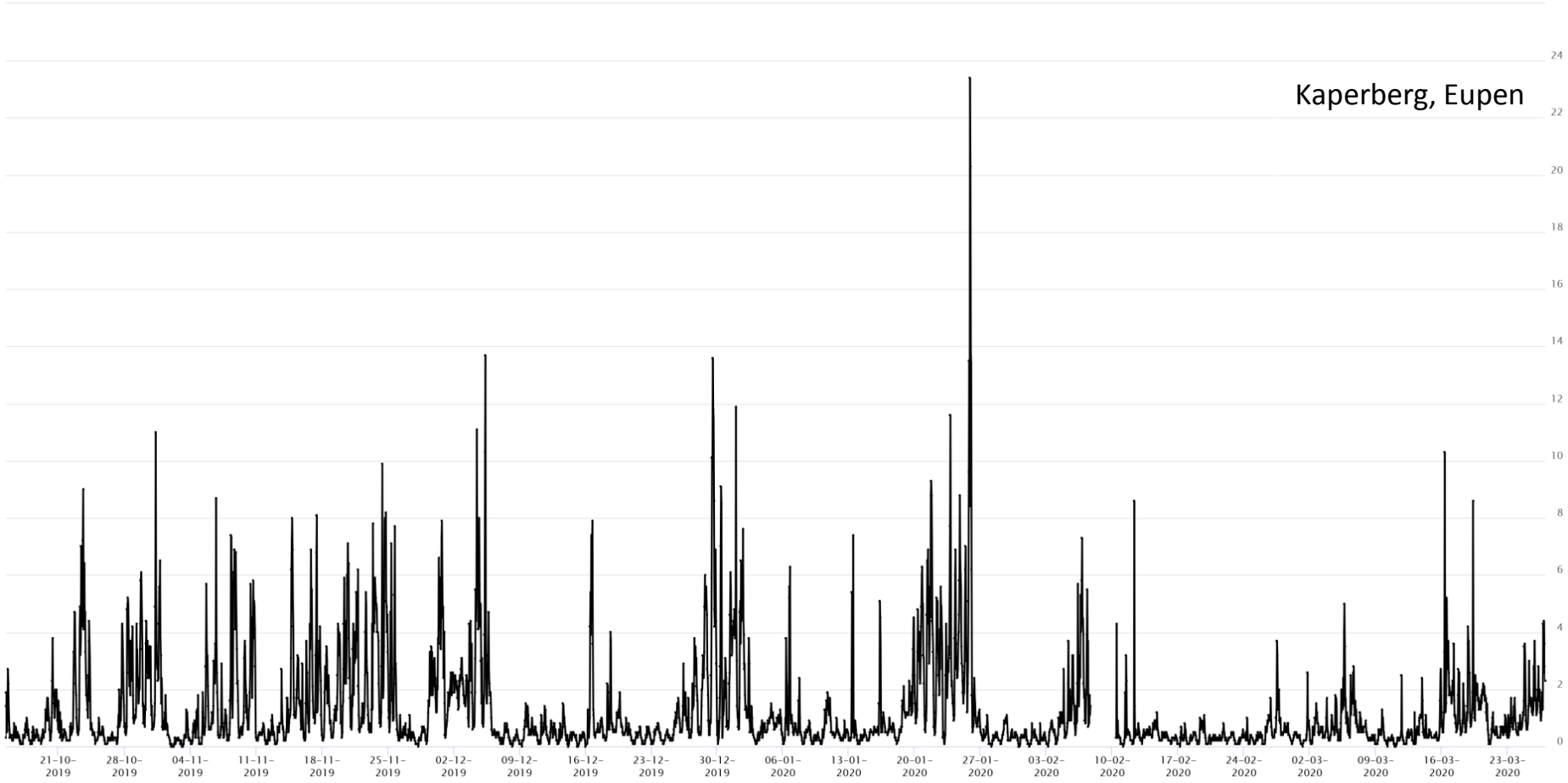


Figure 89 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) sur la Kaperberg à Eupen d'octobre 2019 à mars 2020.

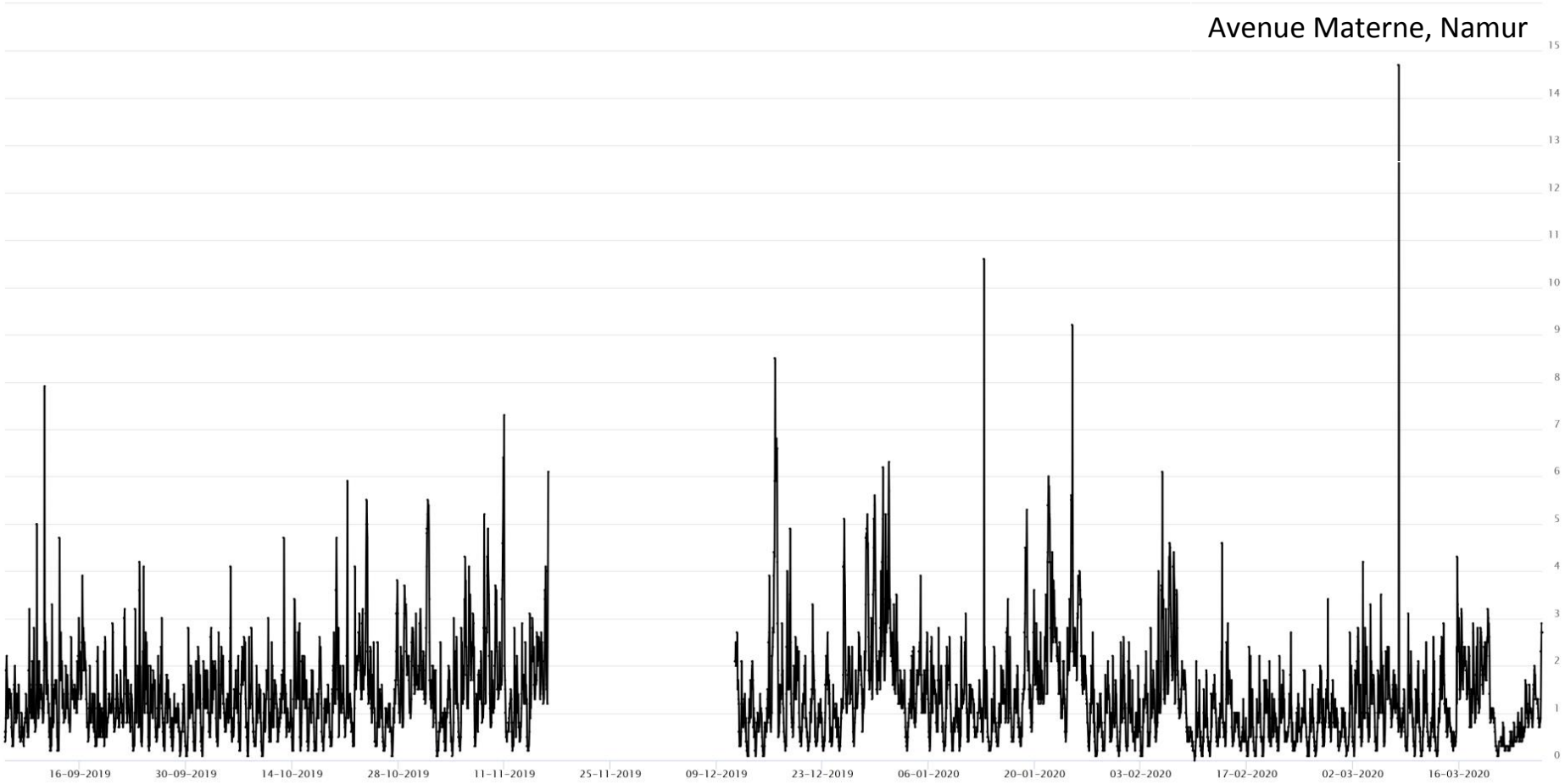


Figure 90 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) avenue Materne à Namur de septembre 2019 à mars 2020.

Annexe 8 – Mesures du carbone noir en 2020

Comparaison entre une période « normale » (du 1er janvier au 15 mars 2020) et la période de confinement (du 16 mars au 30 avril 2020).

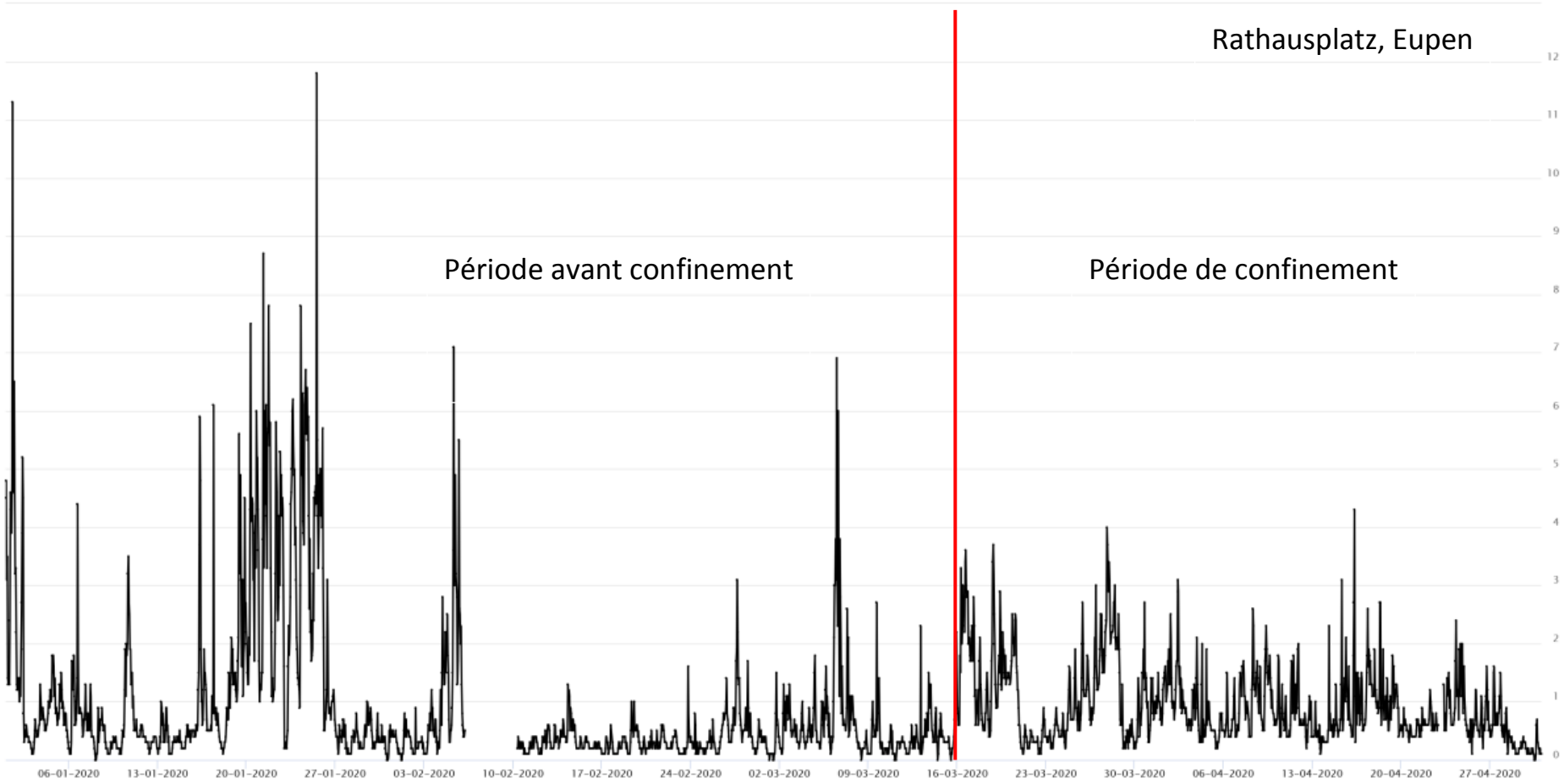


Figure 91 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) sur la Rathausplatz à Eupen de janvier à avril 2020.

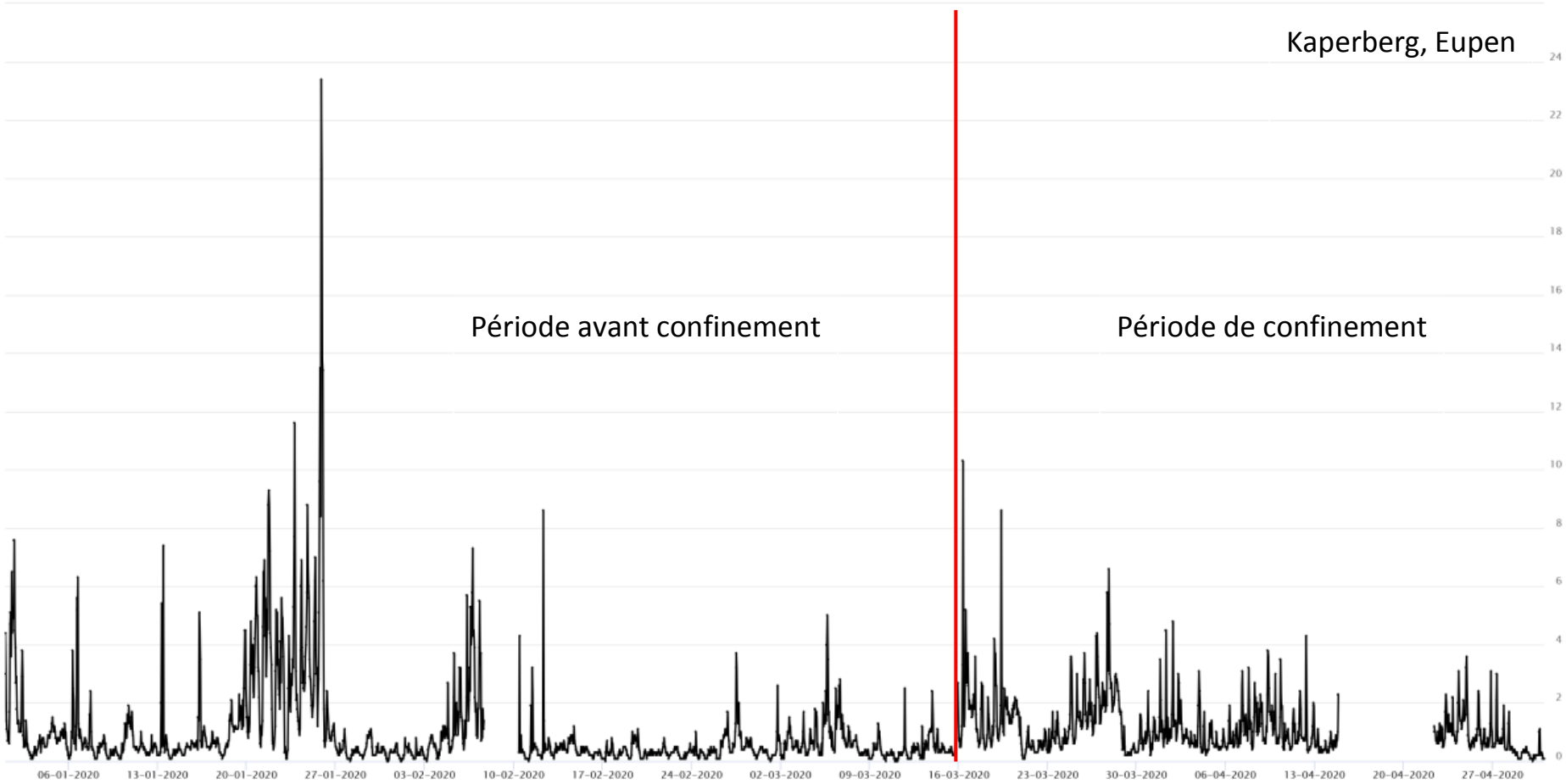


Figure 92 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) sur la Kaperberg à Eupen de janvier à avril 2020.

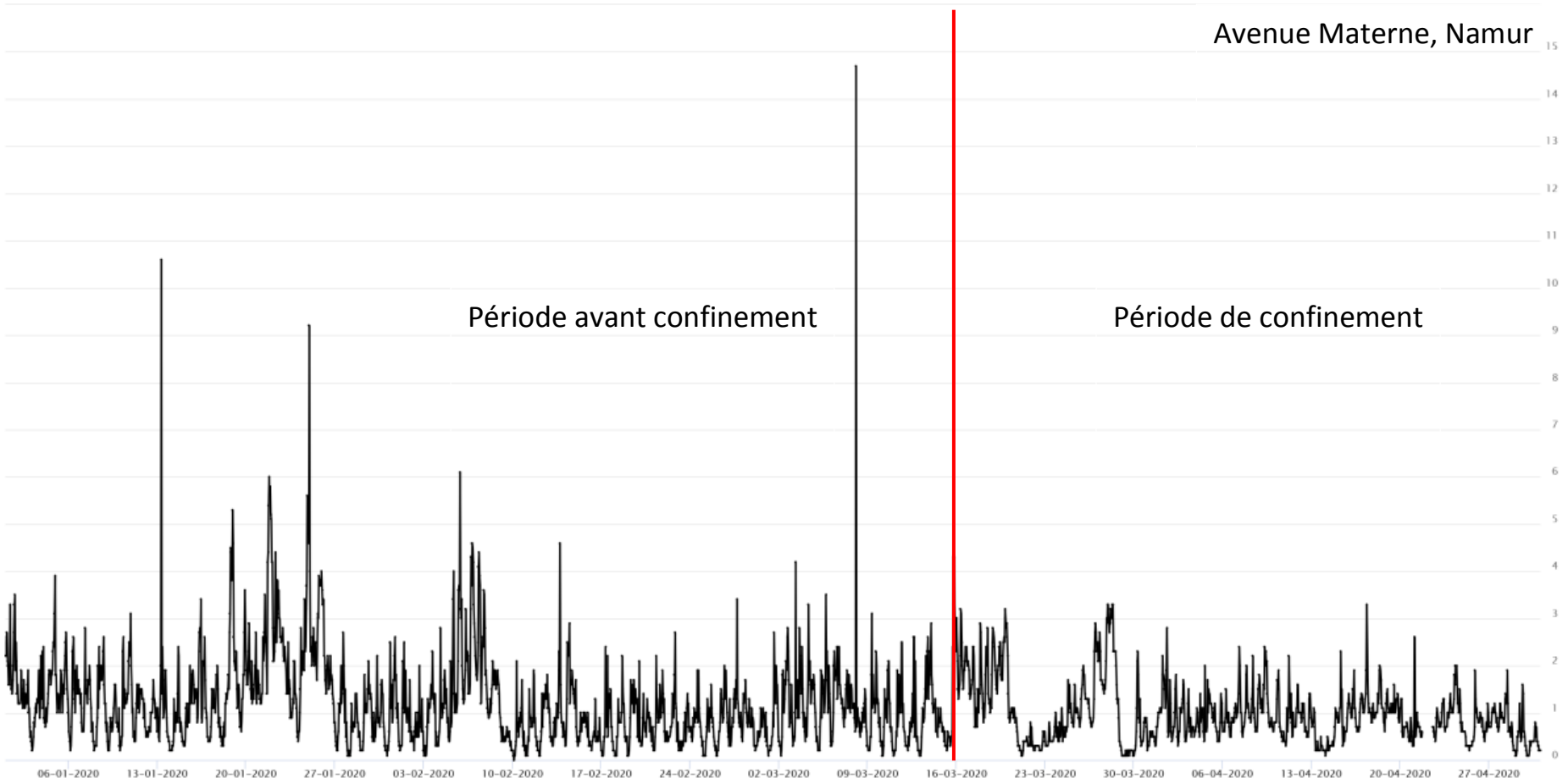


Figure 93 – Concentrations horaires en carbone noir (µg/m³) avenue Materne à Namur de janvier à avril 2020.

Annexe 9 – Guide d'utilisation des radars TMS-SA

Le TMS-SA est uniquement destiné à la collecte de données trafic (détection de véhicules pour comptage, classification et mesure de vitesse). Il mémorise les données véhicule par véhicule.
Exemple d'un radar TMS-SA (voir figure 1) :



Figure 1. Radar TMS-SA

Matériel :
La valisette accompagnant le radar comprend le matériel suivant (voir figure 2) :

- un mètre-ruban
- un support métallique
- deux grandes attaches et deux petites
- un niveau à bulle
- une clé allène (prévoir un racagnac ou une visseuse)
- un cadenas à clé
- un livret explicatif



Figure 2. Matériel d'installation du radar TMS-SA

Parallèlement, pour le paramétrage (voir *infra*), il faut un PC portable et une clé de connexion. Nous utilisons une clé bluetooth « *BlueSoleil* », préalablement installée.



Figure 3. Clé bluesoleil

Installation :

L'installation complète du radar se déroule comme suit.

1. Choix du site et de la hauteur d'installation (voir Figure 4)
2. Fixation du support et pose du radar
3. Connexion entre le PC et le radar (clé bluetooth BlueSoleil)
4. Envoi des paramètres (unidirectionnel ou bidirectionnel, entrant ou sortant,…)
5. Vérification de l'exactitude des données.



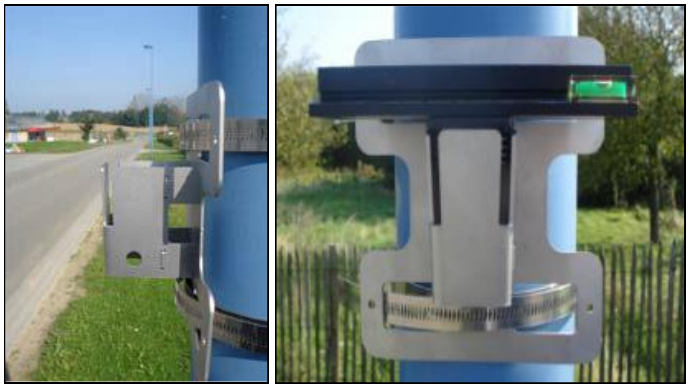
Figure 4. Exemple de choix d'un emplacement (ici, le radar est placé en mode unidirectionnel-sortant)

Une installation incorrecte peut altérer la précision des données.
Les meilleurs résultats sont obtenus dans les conditions suivantes :

- mesure sur une seule voie de circulation dans un seul sens, idéalement en sens "entrant" (mesure des véhicules roulant en direction du radar),
- poteau de fixation perpendiculaire à la route,
- mesure en dehors des zones de freinage, d'accélération et de bouchons.

La théorie diffère bien souvent de la réalité du terrain.
NB : la batterie du radar peut durer jusqu'à 18-20 jours, mais il est néanmoins préférable de la recharger au bout de 14 jours maximum.
Choisir l'endroit de pose du radar préalablement (généralement un poteau d'éclairage ou de signalisation) et choisir le sens de détection.

1. Mesurer la distance entre le poteau et l'axe (milieu) de la rue.
2. Mesurer la hauteur de pose du radar sur le poteau (minimum 3 m).
3. Poser le support de fixation, la plaque du support doit être parallèle à la route. Pour cela, s'aider de l'outil à niveau à bulle pour vérifier l'horizontalité.



Figures 5 et 6. Le support doit être parallèle et horizontal par rapport à l'axe de la rue

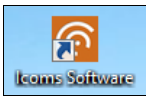
4. Poser le radar dans son support et pousser sur le bouton du radar pour l'allumer (*voir figure 1*).



Figure 7. Pose finale du radar sur son support

Connexion, choix des paramètres et mise en route :

Connecter la clé bluetooth « *BlueSoleil* » au PC. Le témoin de la clé doit clignoter 1 fois toutes les 3 secondes.

Ouvrir le logiciel « Icoms Software ». 

À la question « *Quel type d'appareil souhaitez-vous utiliser ?* », sélectionner « *Compteur* ».

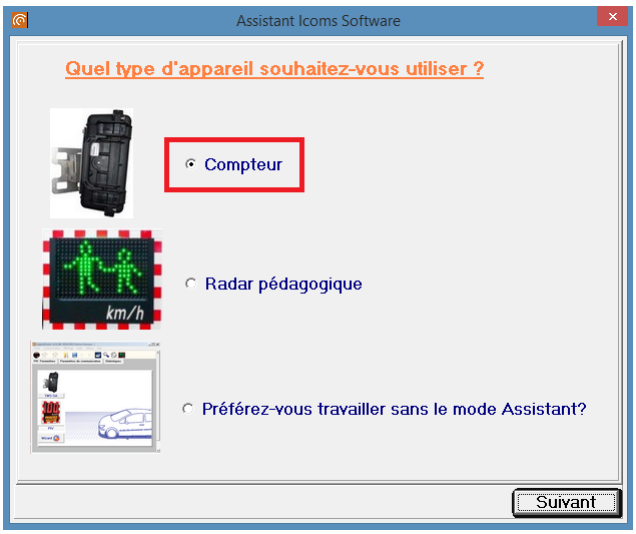


Figure 8

À la question « *Que voulez-vous faire ?* », sélectionner « *Installer un radar* ».

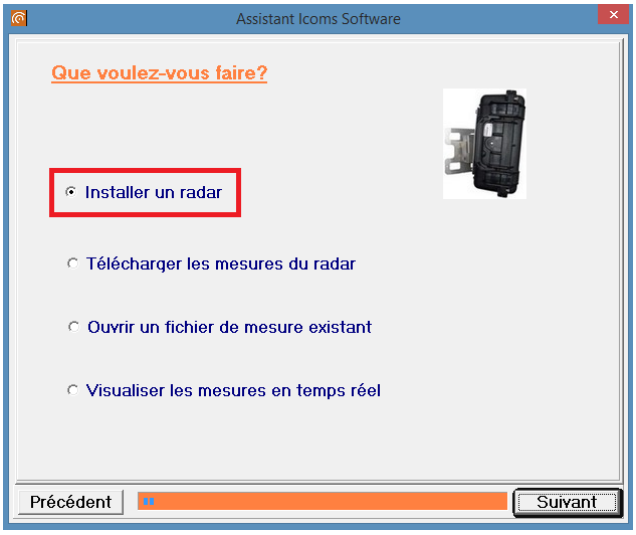


Figure 9

Au point 1/7 « *Installer un radar* », sélectionner le type de connexion. Ici nous choisissons « *Bluetooth BlueSoleil* ».

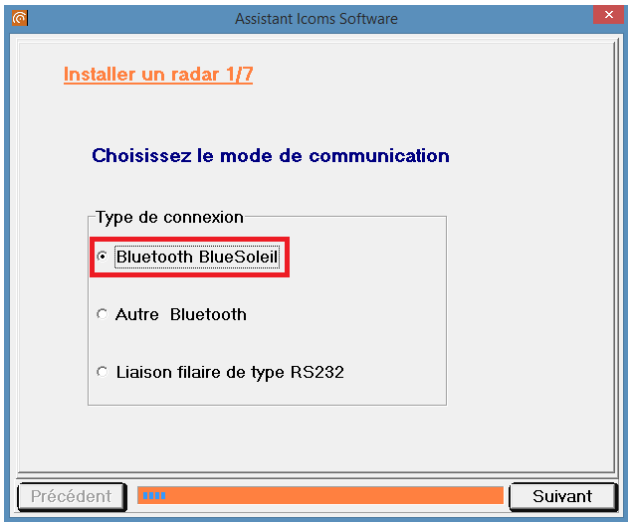


Figure 10

Une fenêtre s'ouvre et demande de sélectionner le numéro du radar (*voir sur le radar, figure 1*). La connexion entre le PC et le radar s'effectue via la clé.
Nommer la campagne de mesure dans la partie « Site de comptage à saisir ».

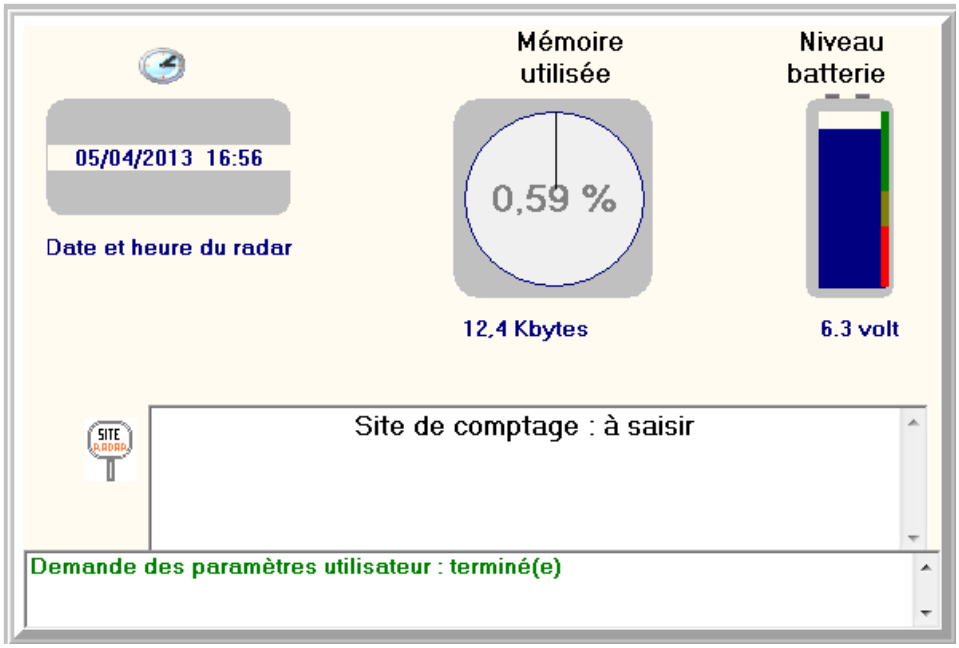


Figure 11 : Paramètres de base. La mémoire correspond au nombre de véhicules enregistrés (max. 250000 ou 1000000 selon version). Niveau de charge de la batterie : mesures impossibles en-dessous de 5,5 V.

Choisir le type d'installation (figure 12).

- Unidirectionnel ou bidirectionnel
- Entrant ou sortant
- Inclinaison de la route (option)
- Circulation alternée (option)

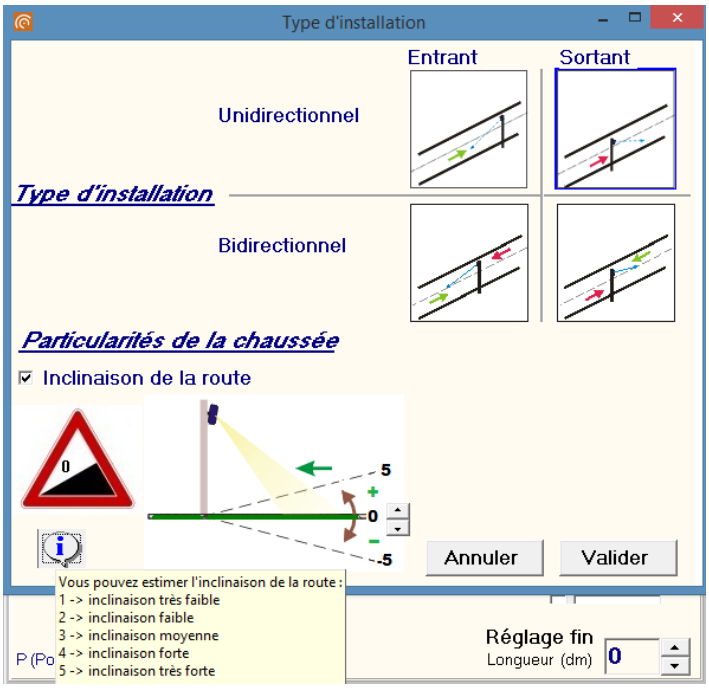
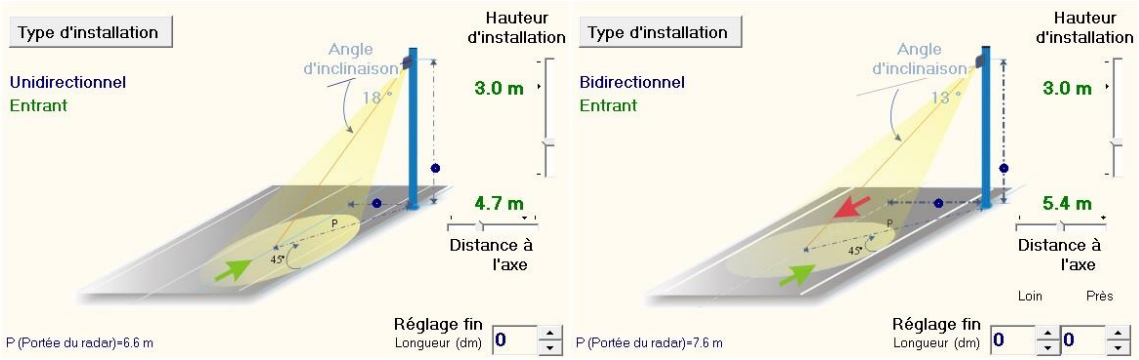


Figure 12 : Choix du type d'installation.

Choisir les paramètres d'installation (figure 13).

- Distance entre le poteau et l'axe de la rue
- Hauteur d'installation



Figures 13 et 14 : Choix des paramètres d'installation (distance et hauteur).

Mesures

Dès que les paramètres sont envoyés au radar, celui-ci passe en mode mesures. Une fois que l'appareil entame les mesures, on peut quitter le logiciel et fermer le PC.

La fenêtre indique la vitesse et la longueur des véhicules et rappelle les paramètres choisis (Figure 15).

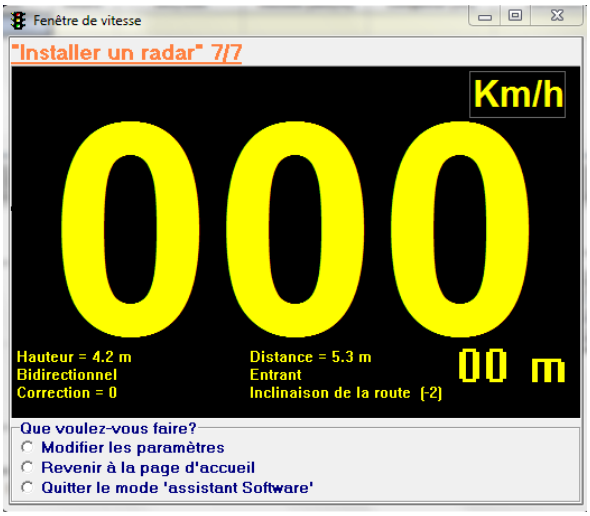


Figure 15 : Passage en mode mesure.

Notons que pour le mode bidirectionnel, le signe « + » indique le rapprochement, le signe « - » l'éloignement.

Dès le début des mesures, on peut débrancher la clé USB et éteindre le PC.

Pour stopper le radar, appuyer sur le bouton « on-off ».

Une fois la campagne de mesures terminée, il faut sauvegarder les données. Cela peut se faire avant ou après l'enlèvement du radar.

Téléchargement des données :

Pour cette étape, il faut à nouveau connecter la clé bluetooth « Blue Soleil ».

Ouvrir le logiciel « Icoms Software » et sélectionner « Compteur », puis l'option « Télécharger les données du radar ».

La fenêtre suivante s'ouvre.



Figure 16 : Téléchargement des données.

Le téléchargement fini, enregistrer le fichier. Ensuite, traiter les données directement ou les effacer définitivement (figure 17).

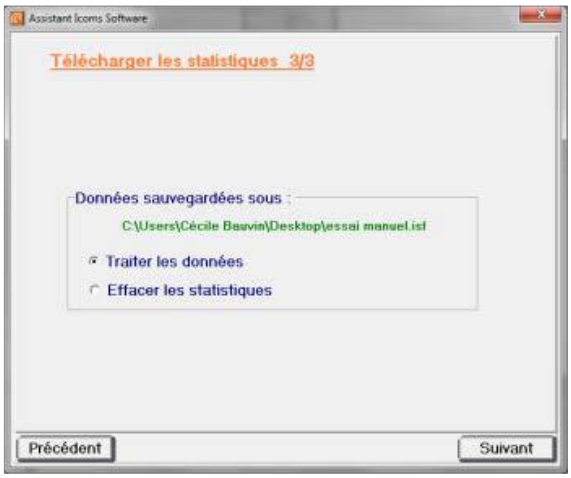


Figure 17

Vu la durée assez longue de téléchargement, il est conseillé d'effacer la mémoire entre deux campagnes de mesures.

Analyse des données

Pour ouvrir le fichier qui vient d'être créé ou un autre fichier existant, sélectionner l'option « ouvrir un fichier de mesures existant ». La fenêtre suivante s'ouvre.

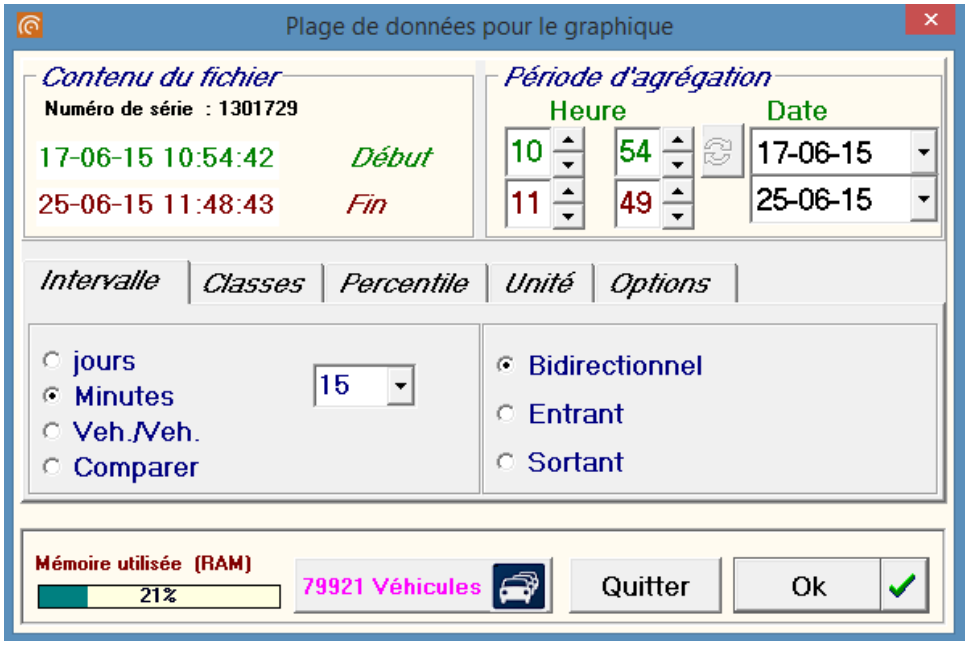


Figure 18 : Analyse des données

- Onglet « Intervalle »

Il est possible de définir la période d'agrégation, en minutes, heures ou jours. Il est également possible d'établir une liste détaillée véhicule par véhicule (Veh./Veh.) Il faut ensuite choisir de travailler en mode bidirectionnel ou unidirectionnel (entrant ou sortant).

- Onglet « Classes »

On peut définir la vitesse limite (par défaut 50 km/h), ainsi que définir des classes de vitesse (maximum 4) et de longueur des véhicules (de 9 à 13). Par défaut il y a deux classes de longueur, l'une regroupant les véhicules inférieurs à 6 m (voitures), l'autre regroupant ceux supérieurs à 6 m (bus, camions).

- Onglet « Percentile »

On peut définir le Percentile, à défaut c'est P85 qui est choisi. Par exemple, si P85 = 45 km/h, cela signifie que, pour une période déterminée, 85% des véhicules ont une vitesse inférieure à 45 km/h.

- Onglet « Unité »

Parmi les unités, on choisit « km/h » comme unité de vitesse et « mètre » comme unité de longueur.

- Onglet « Options »

Il existe des options telles que « valeur (%) », « espace entre les lignes », « catégorie 1 seulement » et « start-number ». [Nous n'utilisons pas ces options.]

Annexe 10 – Comptages trafic

Comptages réalisés à Eupen

Localisation	X_coord	Y_coord	Trafic JOM[1]	Trafic JM[2]	Période
Kirschstrasse	267696.7	147953.7	5277	4967	du 12 mars au 7 mai (+ juillet/août) 2019
Simarstrasse	267386.0	148548.6	2477	2188	du 12 au 26 mars 2019
Judenstrasse	268346.5	147546.5	4087	3799	du 26 mars au 16 avril 2019
Schönefelderweg	268771.1	147606.0	2234	2156	du 26 mars au 16 avril 2019
Vervierstrasse	266617.9	148122.3	5052	4619	du 26 mars au 16 avril 2019
Noretherstrasse	267622.7	148520.1	2739	2522	du 7 au 24 mai 2019
Hütte	268592.3	146431.6	2375	2203	du 31 juillet au 28 août 2019
Hookstrasse	267999.3	148374.0			du 31 juillet au 28 août 2019
Kaperberg	268269.6	148056.0	10112	9507	du 31 juillet au 28 août 2019
Lascheterweg	267165.9	147767.0			du 31 juillet au 28 août 2019
Selterschlag	268387.6	146710.8	219	249	du 28 août au 11 septembre 2019
Hisselgasse	268189.9	147847.9	1724	1426	du 28 août au 11 septembre 2019
Weimserstrasse	268718.9	149883.5	3751	3388	du 28 août au 11 septembre 2019
Zur Nohn	268037.2	149887.0			du 11 septembre au 7 octobre 2019
Hufengasse	267467.5	147805.1			du 11 septembre au 7 octobre 2019
Schulstrasse	268143.9	148053.8			du 11 septembre au 7 octobre 2019
Winkelstrasse	268540.3	149603.9	2757	2478	du 9 au 29 octobre 2019
Klosterstrasse	267595.2	148071.3	3524	3168	du 9 au 29 octobre 2019
Nispert	269170.7	147987.7	1811	1752	du 9 au 29 octobre 2019
Aachenerstrasse	268314.7	148817.5	11010	10382	du 29 octobre au 20 novembre 2019
Schnellewindgasse	268439.9	148529.5	2349	2168	du 29 octobre au 20 novembre 2019
Bergkapellstrasse	267808.2	147321.5	3596	3414	du 29 octobre au 20 novembre 2019

[1] Jour ouvrable moyen

[2] Jour moyen

Comptages réalisés à Namur

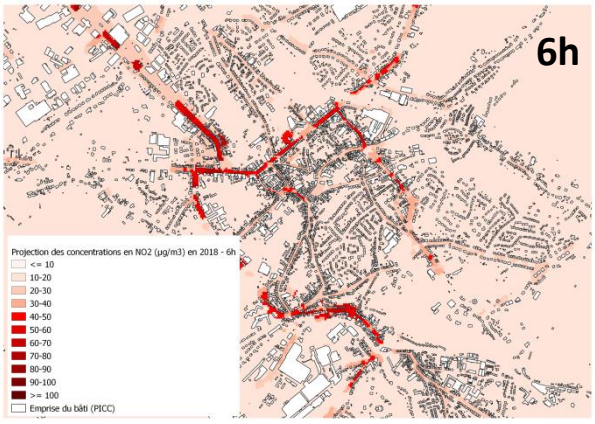
Localisation	X_coord	Y_coord	Trafic JOM[1]	Trafic JM[2]	Période
Rue Godefroid	185055	128579.2	5017	4584	du 7 mai au 22 août 2019
Rue Deneumoustier	182457.4	129025.8	5028	4647	du 7 au 24 mai 2019
Rue Patenier	183918.3	128200.1	16873	16277	du 7 mai au 11 juin 2019
Boulevard Frère Orban	184718.5	128173.9	6485	6418	du 24 mai au 11 juin 2019
Chaussée de Waterloo	184124	129086.3	18199	17639	du 11 au 25 juin 2019
Avenue de la Vecquée	184049.6	126677.5	8211	7488	du 11 au 25 juin 2019
Avenue des Champs-Elysées	186631	128771	5580	4816	du 11 au 25 juin 2019
Rue de Dave	185482.9	126826	12768	11737	du 25 juin au 9 juillet et du 28 novembre au 11 décembre 2019
Avenue Bovesse	185847.5	127566.5	17669	16331	du 25 juin au 9 juillet et du 28 novembre au 11 décembre 2019
Chaussée de Liège	186524.8	127612.7	10020	9218	du 9 juillet au 24 juillet et du 28 novembre au 11 décembre 2019
Rue d'Erpent Val	188265.9	127503.5	1911	1743	du 9 juillet au 24 juillet 2019
Rue Notre-Dame	185397.7	127871.6	1401	1337	du 9 juillet au 24 juillet 2019
Rue de Velaine	187677.7	125792.2	3136	2851	du 24 juillet au 7 août 2019
Rue de Géronsart (haut)	187115	126489	3283	2990	du 24 juillet au 7 août 2019
Rue de Géronsart (bas)	185714	127026	3216	3002	du 24 juillet au 7 août 2019
Rue Pépin	185453.9	128395.3	2220	2111	du 24 juillet au 7 août 2019
Rue de Bruxelles	184920.6	128501.4	6046	5531	du 24 juillet au 7 août 2019
Rue des Carmes	185141.2	128460.4	2251	2082	du 7 au 22 août 2019
Rue de Fer	185261.5	128585.6	2999	2576	du 7 au 22 août 2019
Chaussée de Perwez	184016.7	130019.6	3595	3366	du 7 au 22 août 2019
Rue de Gembloux	183621.5	129734.9	5640	5163	du 7 au 22 août 2019
Chaussée de Louvain	185701.8	129267.9	14811	13658	du 22 août au 3 octobre 2019
Avenue Materne	185591.5	127515.2	14864	14411	du 22 août au 11 décembre 2019
Rue Emile Cuvelier	185355.9	128293.8	5681	5194	du 22 août au 23 septembre 2019
Rue de la Pépinière	185030.2	129190.3	823	729	du 22 août au 3 octobre 2019
Rue des Dominicaines	183829.1	129340.6	1218	1000	du 22 août au 3 octobre 2019
Chaussée de Marche	188842.8	125031.7	11719	10722	du 3 au 30 ctobre 2019
E411 entrée Loyers	188887.5	128136.3	6538	5797	du 3 au 30 ctobre 2019
E411 entrée Namur-centre	188371	129837	10720	9786	du 3 au 30 ctobre 2019
Boulevard du Nord	185119	128924.4	8088	7842	du 3 au 30 ctobre 2019
Avenue Baron Moreau	185108.4	127425.6	15492	14886	du 30 octobre au 26 novembre 2019
Rue de l'Armée Grouchy	184292.4	128935.4	4927	4402	du 31 octobre au 28 novembre 2019
Avenue Cardinal Mercier	184261	128398.7	12021	11542	du 31 octobre au 28 novembre 2019
Chaussée de Charleroi	183185.5	127621.4	9888	8886	du 31 octobre au 28 novembre 2019

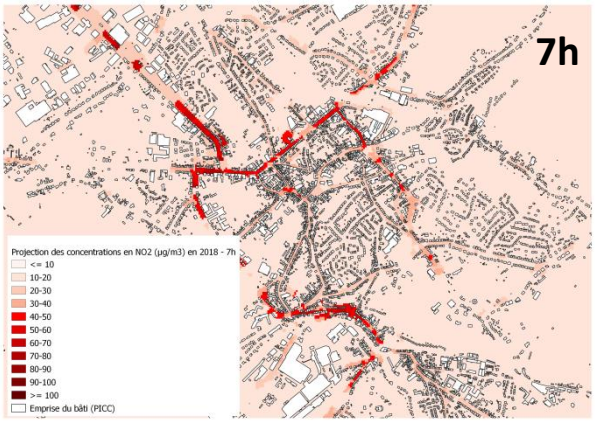
[1] Jour ouvrable moyen

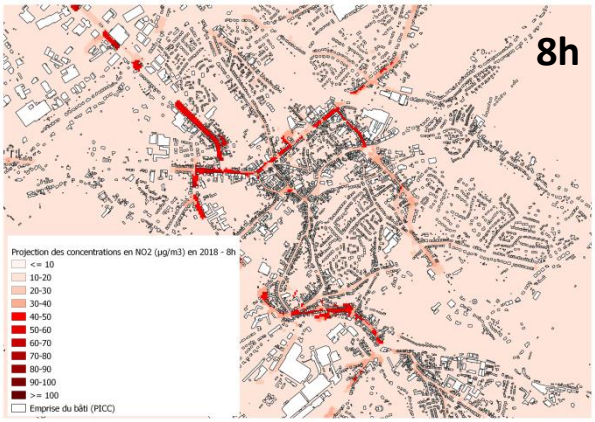
[2] Jour moyen

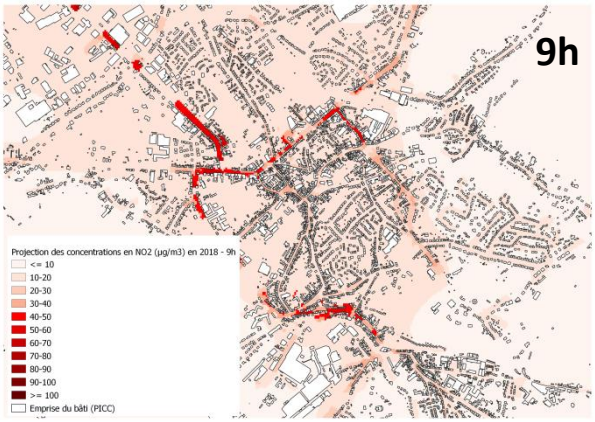
Annexe 11 – Projections des concentrations en NO_2 au cours de la journée (de 6h à 20h) en 2018

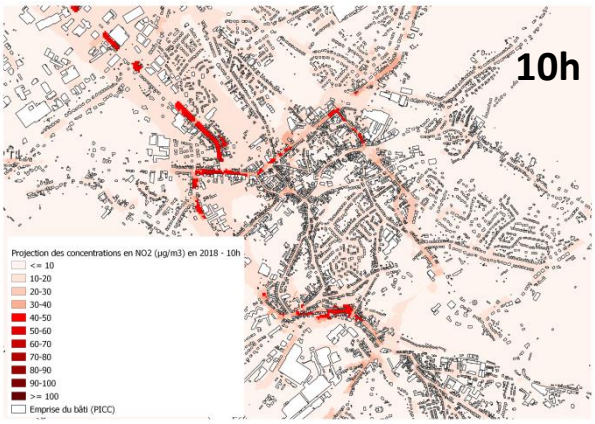
Eupen

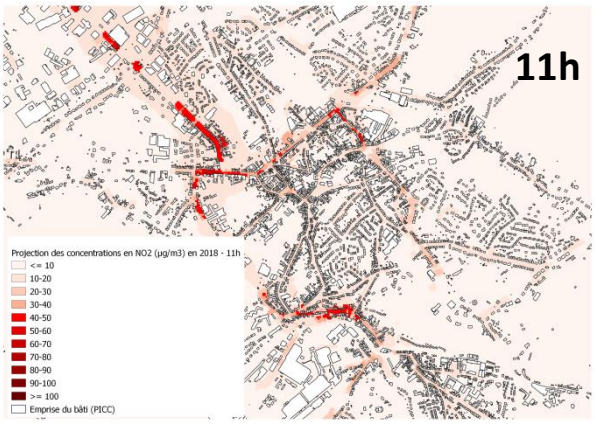


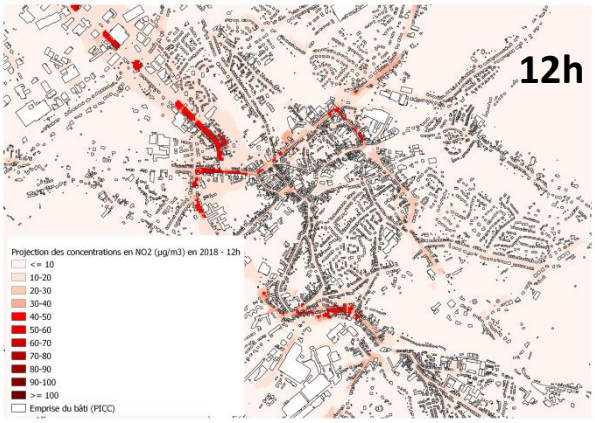


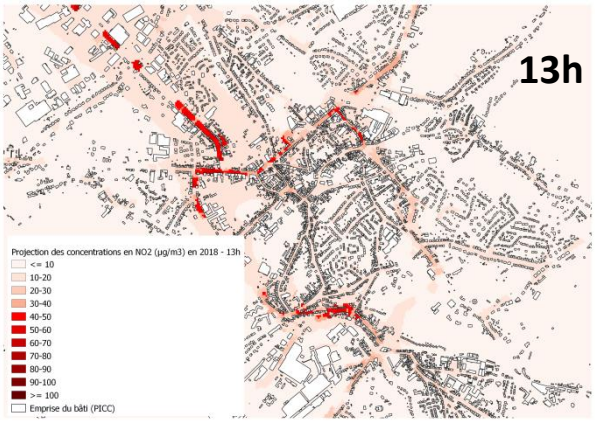


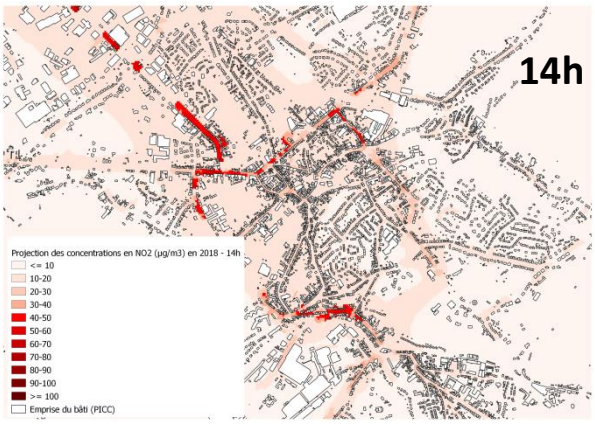


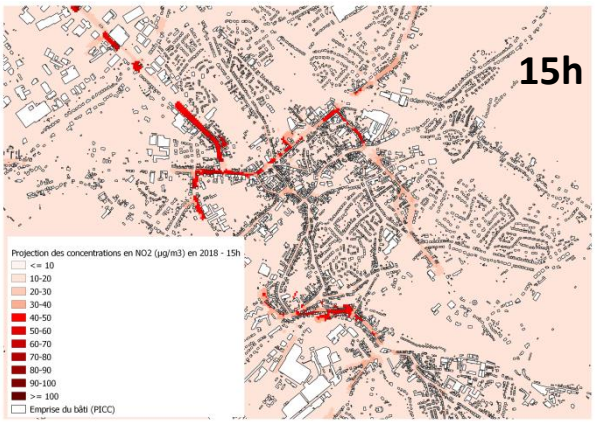


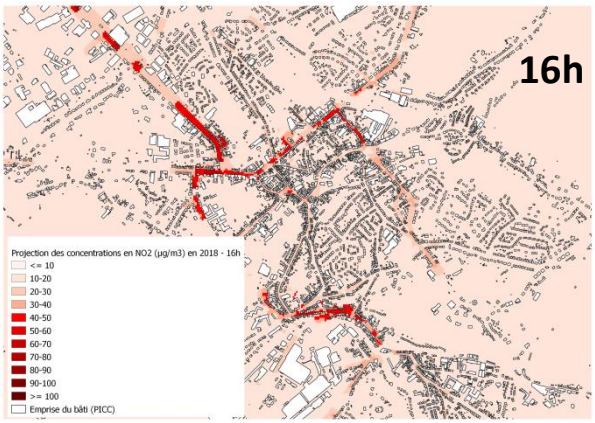


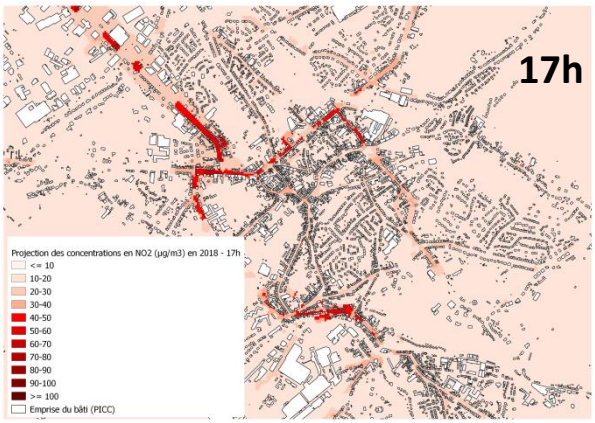

12h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 12h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

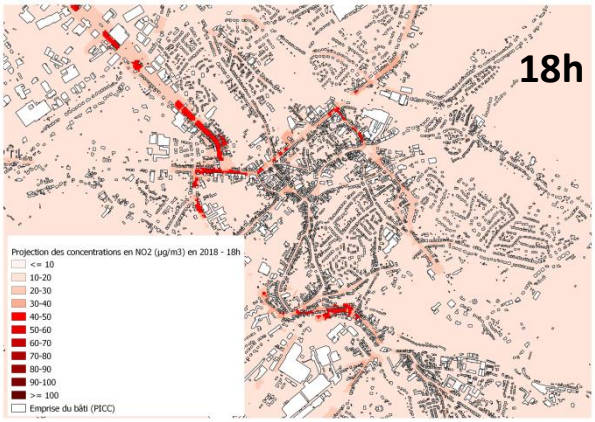

13h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 13h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

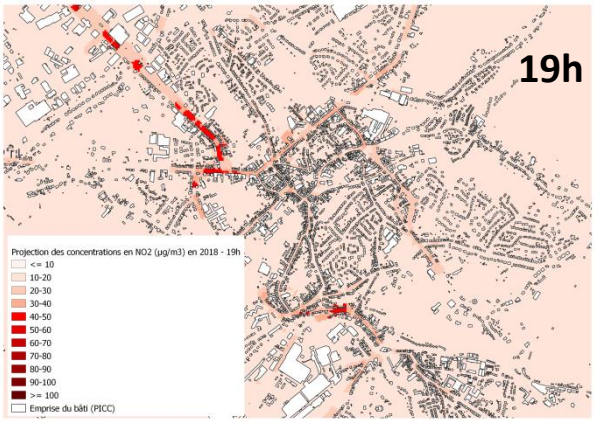

14h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 14h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

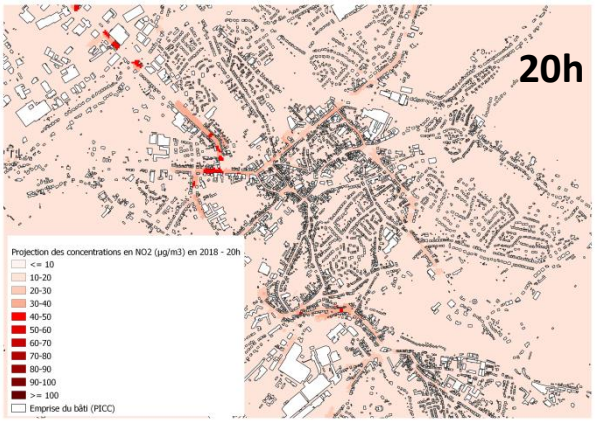

15h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 15h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


16h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 16h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

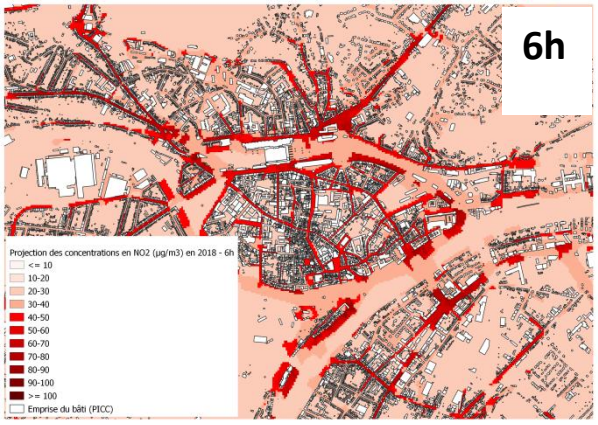

17h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 17h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

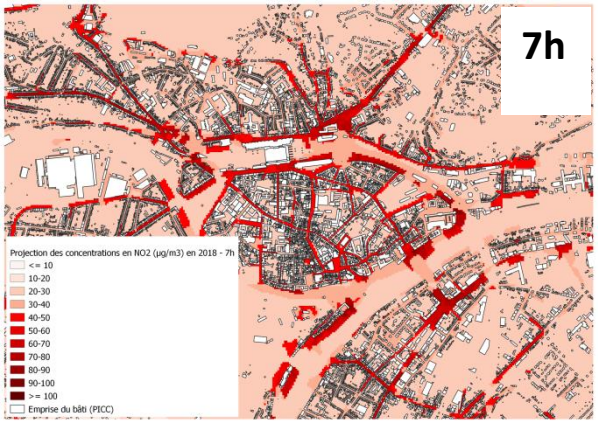

18h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 18h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

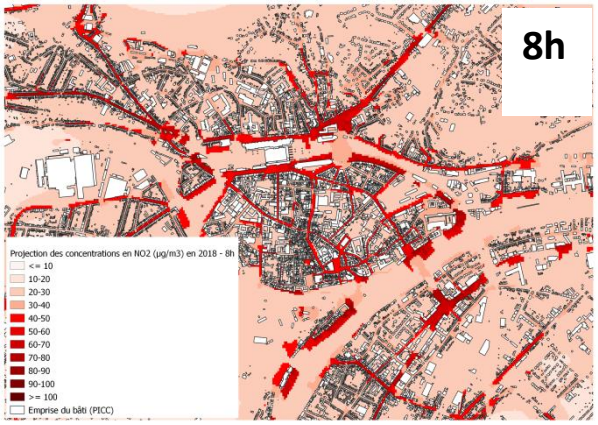

19h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 19h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

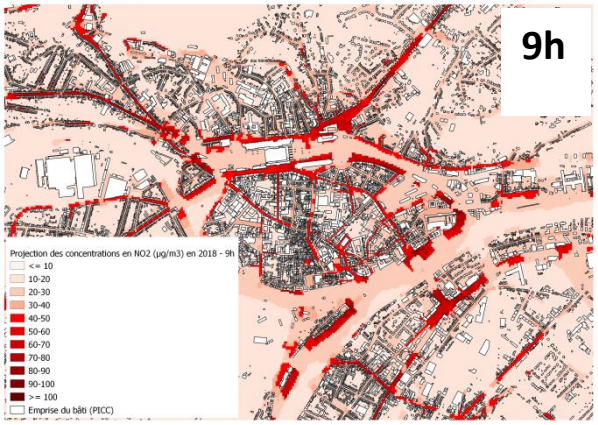

20h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 20h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

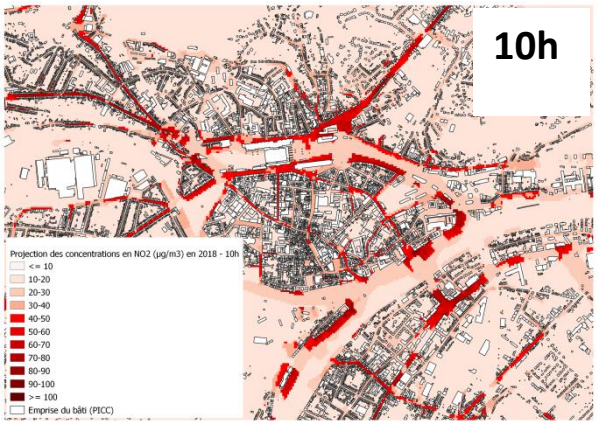
Namur

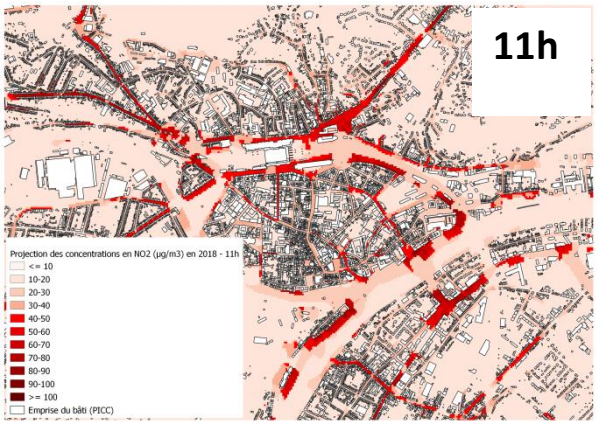

6h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 6h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

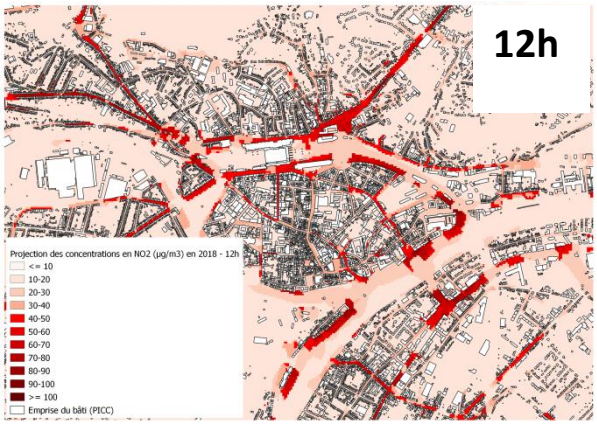

7h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 7h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

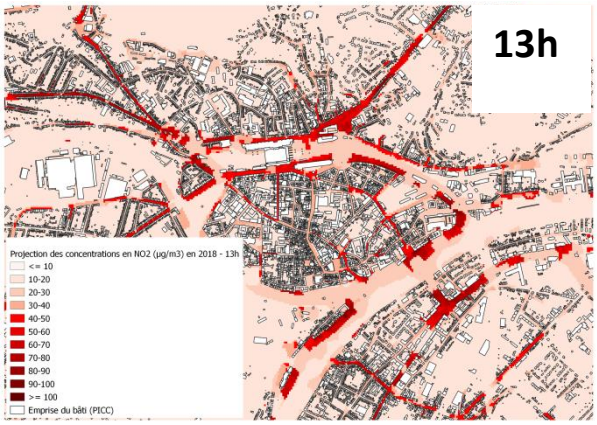

8h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 8h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

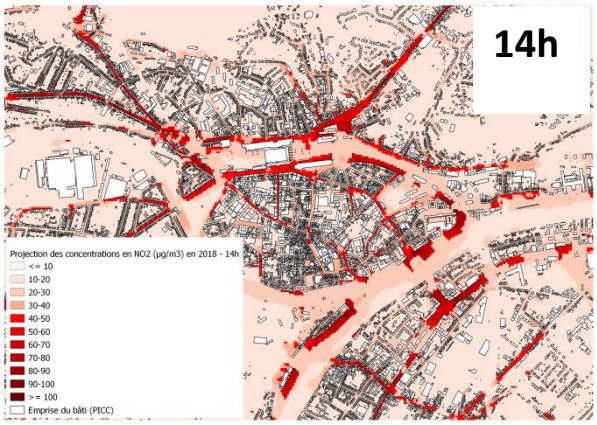

9h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 9h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

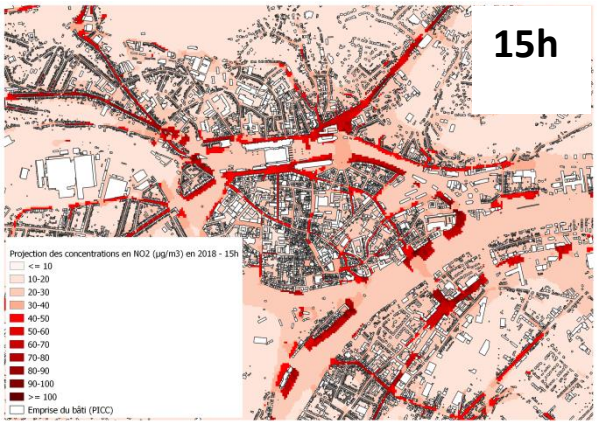

10h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 10h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

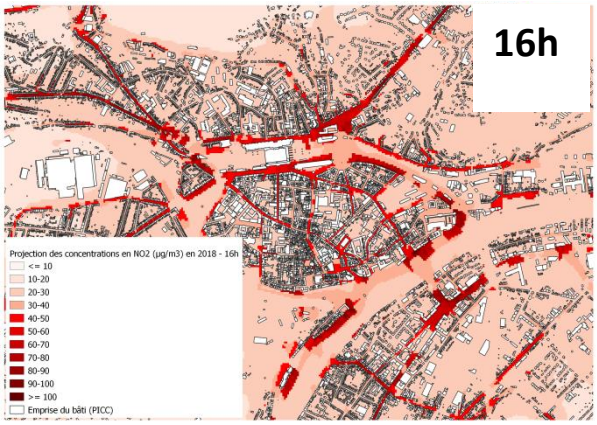

11h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 11h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

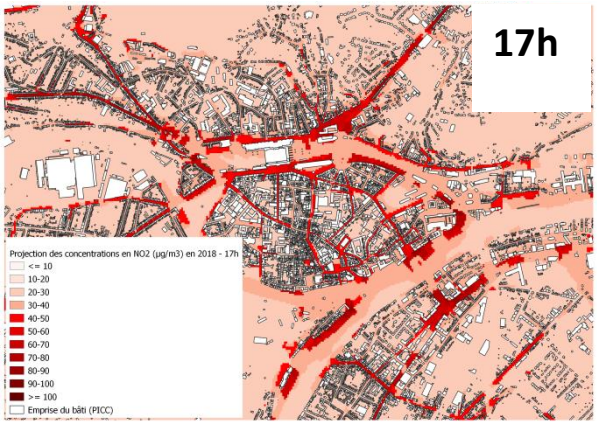

12h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 12h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

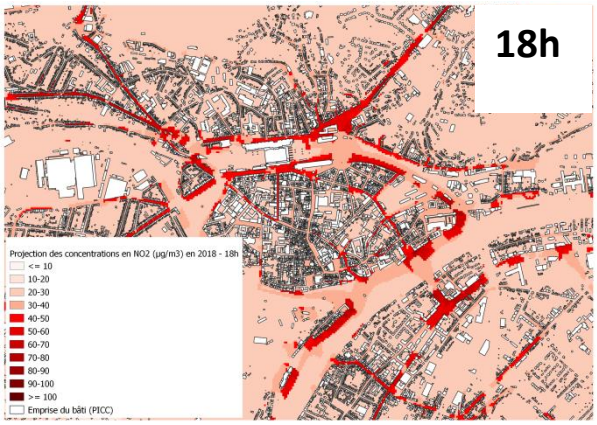

13h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 13h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

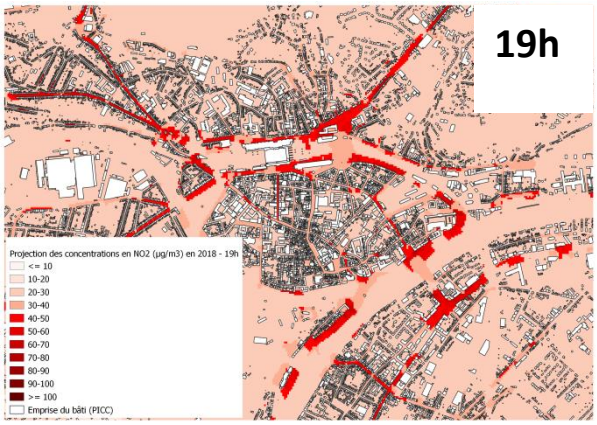

14h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 14h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

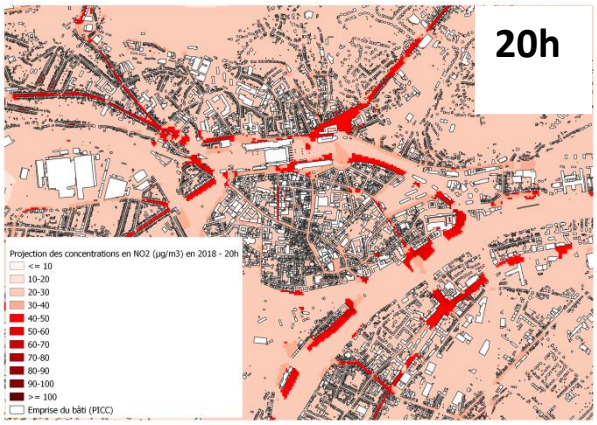

15h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 15h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


16h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 16h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


17h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 17h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


18h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 18h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


19h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 19h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)


20h
Projection des concentrations en NO2 (µg/m3) en 2018 - 20h
<= 10
10-20
20-30
30-40
40-50
50-60
60-70
70-80
80-90
90-100
>= 100
Emprise du bâti (PICC)

Annexe 12 – Projections des concentrations en NO_2 avec une ZBE

Eupen

ID	Localisation	Moyenne observée (μgm^{-3}) Eté 2019	Réduction (%) 2020	Moyenne estivale projetée (μgm^{-3}) 2020	Réduction (%) 2022	Moyenne estivale projetée (µgm-3) 2022	Réduction (%) 2025	Moyenne estivale projetée (µgm-3) 2025
1	Vervierstrasse	15.13	-4.55	14.45	-5.07	14.37	-6.73	14.12
2	Lascheterweg	23.35	-8.90	21.27	-9.96	21.03	-13.33	20.24
3	Monschauerstrasse	19.16	-12.57	16.76	-14.06	16.47	-18.83	15.56
4	Schulstrasse	12.14	-9.40	11.00	-10.50	10.87	-14.01	10.44
5	Kaperberg	27.72	-14.00	23.84	-15.67	23.37	-21.05	21.88
6	Holftert	10.34	-8.82	9.42	-9.85	9.32	-13.14	8.98
7	Aachenerstrasse	15.74	-14.04	13.53	-15.71	13.27	-21.10	12.42
8	Klinkeshöfchen	8.97	-4.06	8.61	-4.53	8.57	-6.01	8.44
9	Stadtpark	9.07	-3.40	8.76	-3.79	8.72	-5.02	8.61
10	Ostpark	6.87	-1.53	6.76	-1.70	6.75	-2.23	6.71
11	Hufengasse	15.95	-12.94	13.88	-14.48	13.64	-19.43	12.85
12	Rathausplatz	24.87	-12.89	21.66	-14.42	21.28	-19.35	20.06
13	Kirchstrasse	15.58	-14.69	13.29	-16.47	13.02	-22.23	12.12
14	Vervierstrasse	16.20	-4.28	15.51	-4.77	15.43	-6.29	15.18
15	Herbesthalerstrasse	34.63	-20.36	27.58	-22.05	26.99	-25.94	25.64
16	Malmedyerstrasse	17.67	-15.43	14.94	-17.29	14.62	-23.31	13.55
17	Aachenerstrasse	24.79	-15.86	20.86	-17.78	20.39	-24.01	18.84
18	Aachenerstrasse	19.63	-14.13	16.86	-15.81	16.53	-21.24	15.46
19	Rotenberg	20.66	-9.05	18.79	-10.12	18.57	-13.54	17.86
20	Frankendelle	19.71	-6.09	18.51	-6.80	18.37	-9.06	17.92
21	Haasstrasse	27.17	-15.51	22.95	-17.39	22.44	-23.48	20.79
22	Oestrasse	15.93	-12.00	14.02	-13.41	13.79	-17.95	13.07
23	Monschauerstrasse	9.89	-6.48	9.25	-7.23	9.17	-9.60	8.94
24	Hochstrasse	19.66	-4.89	18.69	-5.46	18.58	-7.24	18.23
25	Schonefelderweg	9.24	-6.25	8.67	-6.97	8.60	-9.27	8.39
26	Stendrich	8.83	-9.19	8.02	-10.26	7.93	-13.68	7.62
27	Simarstrasse	11.65	-4.22	11.16	-4.70	11.10	-6.24	10.92
28	Noretherstrasse	9.17	-4.31	8.77	-4.81	8.73	-6.38	8.58
29	Neustrasse	19.59	-13.00	17.05	-14.54	16.74	-19.50	15.77
30	Bergstrasse	15.54	-8.28	14.26	-9.25	14.11	-12.33	13.63
31	Bergkapellstrasse	16.56	-10.79	14.77	-12.06	14.56	-16.13	13.89
32	Paveestrasse	15.93	-14.17	13.68	-15.87	13.40	-21.37	12.53
33	Gospertstrasse	14.35	-12.12	12.61	-13.56	12.41	-18.17	11.74
34	Judenstrasse	10.22	-3.97	9.82	-4.43	9.77	-5.87	9.62
35	Obere Ibern	8.69	-4.25	8.32	-4.74	8.28	-6.29	8.15
36	Hisseslgasse	10.58	-8.24	9.71	-9.21	9.61	-12.27	9.28
37	Hookstrasse	31.31	-15.75	26.38	-17.65	25.78	-23.86	23.84
38	Markplatz	12.05	-14.80	10.27	-16.57	10.06	-22.30	9.37
39	Nispert	12.86	-5.71	12.13	-6.37	12.04	-8.46	11.77

40	Zimmermann Strasse	6.81	-1.45	6.71	-1.62	6.70	-2.12	6.67
41	Zur Nohn	8.03	-1.88	7.88	-2.09	7.86	-2.73	7.81
42	Burgundstrasse	7.94	-3.42	7.67	-3.81	7.64	-5.05	7.54
43	Selterschlag	6.67	-2.97	6.48	-3.31	6.45	-4.37	6.38
44	Hütte	10.32	-11.72	9.11	-13.10	8.96	-17.50	8.51
45	Simarstrasse	10.29	-9.05	9.36	-10.10	9.25	-13.47	8.91
46	Stockem	8.39	-3.04	8.13	-3.39	8.10	-4.48	8.01
47	Schnellewindgasse	9.93	-6.67	9.27	-7.43	9.20	-9.87	8.95
48	Klosterstrasse	22.00	-12.41	19.27	-13.88	18.94	-18.61	17.90
49	Kirchstrasse	18.24	-14.38	15.62	-16.11	15.31	-21.73	14.28
50	Herbesthalerstrasse	25.14	-16.59	20.97	-18.66	20.45	-25.48	18.73

Namur

ID	Localisation	Moyenne observée (μgm^{-3}) 2018	Réduction (%) 2020	Moyenne annuelle projetée (μgm^{-3}) 2020	Réduction (%) 2022	Moyenne annuelle projetée (µgm-3) 2022	Réduction (%) 2025	Moyenne annuelle projetée (µgm-3) 2025
1	Parc Marie Louise	19.45	-8.83	17.73	-9.85	17.53	-13.08	16.90
4	Place de la Station	**44.97**	-14.19	38.58	-15.90	37.81	-21.47	35.31
5	Milieu Place de la Station	**48.27**	-15.03	**41.01**	-16.88	**40.12**	-22.97	37.18
6	Rue Godefroid	**41.17**	-14.77	35.09	-16.60	34.34	-22.57	31.88
11	Square Léopold	37.83	-14.92	32.19	-16.78	31.48	-22.93	29.16
13	Gare des bus		-10.39		-11.60		-15.46	
41	Boulevard Mélot	**48.43**	-14.92	**41.21**	-16.75	**40.32**	-22.74	37.42
42	Place de la Station quai A	**49.37**	-14.23	**42.34**	-15.95	**41.49**	-21.56	38.72
43	Place de la Station	**44.43**	-15.25	37.66	-17.15	36.81	-23.39	34.04
44	Place de la Station	36.32	-15.06	30.85	-16.92	30.18	-23.06	27.95
45	Avenue de la Gare	**44.38**	-14.98	37.73	-16.83	36.91	-22.90	34.22
46	Avenue de la Gare	**40.38**	-14.91	34.36	-16.74	33.62	-22.73	31.20
47	Rue Rogier	39.96	-10.34	35.83	-11.54	35.35	-15.37	33.82
48	Rue Rogier	36.08	-14.12	30.98	-15.84	30.36	-21.43	28.35
49	Rue Rogier	33.25	-10.34	29.81	-11.54	29.41	-15.37	28.14
50	Rue Rogier	32.73	-14.54	27.97	-16.33	27.39	-22.17	25.47
51	Rue Dewez	28.57	-12.42	25.02	-13.89	24.60	-18.64	23.24
52	Rue des Carmes	22.14	-12.62	19.34	-14.11	19.01	-18.94	17.95
53	Rue de Fer	31.68	-13.41	27.43	-15.01	26.92	-20.18	25.29
54	Rue des Carmes	27.26	-12.72	23.79	-14.24	23.38	-19.11	22.05
55	Rue de Fer	26.53	-14.30	22.74	-16.03	22.28	-21.65	20.79
56	Rue de Fer	30.59	-14.12	26.27	-15.84	25.74	-21.40	24.04
57	Rue de Bruxelles	35.65	-14.15	30.60	-15.87	29.99	-21.44	28.01
58	Rue de Bruxelles	35.86	-8.93	32.66	-9.96	32.29	-13.23	31.11
59	Rue st Jacques	35.58	-9.14	32.33	-10.20	31.95	-13.55	30.76
60	Rue st Jacques	35.73	-13.07	31.06	-14.63	30.50	-19.69	28.69

61	Rue Basse Marcelle	20.67	-8.15	18.98	-9.09	18.79	-12.05	18.18
62	Rue st Loup	20.37	-13.57	17.60	-15.21	17.27	-20.49	16.19
63	Rue Haute Marcelle	22.03	-8.43	20.17	-9.40	19.96	-12.47	19.28
64	Rue de l'Ange	25.60	-13.81	22.07	-15.46	21.64	-20.85	20.26
65	Rue de l'Ange	26.76	-14.04	23.00	-15.74	22.55	-21.22	21.08
66	Rue du Collège	23.70	-8.30	21.73	-9.26	21.51	-12.27	20.79
67	Rue du Collège	19.82	-8.32	18.17	-9.28	17.98	-12.30	17.38
68	Rue de la Croix	22.29	-14.03	19.16	-15.72	18.79	-21.20	17.57
69	Rue de l'Ange	29.49	-13.70	25.45	-15.36	24.96	-20.70	23.38
70	Rue Jean Baptiste Brabant	**46.71**	-15.19	39.61	-17.08	38.73	-23.28	35.84
71	Citadelle	17.42	-8.94	15.86	-9.97	15.68	-13.24	15.11
72	Pont de Jambes	30.82	-13.13	26.77	-14.47	26.36	-18.30	25.18
73	Pont des Ardennes	39.84	-14.46	34.08	-15.92	33.50	-20.05	31.85
74	Pont Chemin de fer		-9.14		-10.14		-13.17	
76	Place Maurice Servais	25.95	-12.16	22.79	-13.60	22.42	-18.24	21.21
77	Rue des Brasseurs	27.27	-12.36	23.90	-13.83	23.50	-18.54	22.21
78	Rue des Fossés Fleuris	23.72	-9.04	21.58	-10.08	21.33	-13.40	20.54
79	Rue des Fossés Fleuris	25.03	-12.42	21.92	-13.90	21.55	-18.65	20.36
80	Grognon (entrée Parking)		-11.47		-12.82		-17.16	
81	Grognon (station entrée Parking)		-15.38		-17.31		-23.72	
82	Grognon (le long de la route)		-13.61		-15.26		-20.61	
83	Grognon (station extérieure)		-12.67		-14.18		-19.05	
89	Rue des Croisiers		-11.94		-13.36		-17.90	
90	Rue des Brasseurs	27.24	-12.85	23.74	-14.39	23.32	-19.35	21.97
91	Rue Borgnet	38.39	-13.94	33.04	-15.62	32.39	-21.05	30.31
92	Boulevard Mélot	**44.36**	-14.58	37.89	-16.37	37.10	-22.18	34.52

Annexe 13 – Projections des concentrations en des $PM_{2.5}$ et PM_{10} avec une ZBE

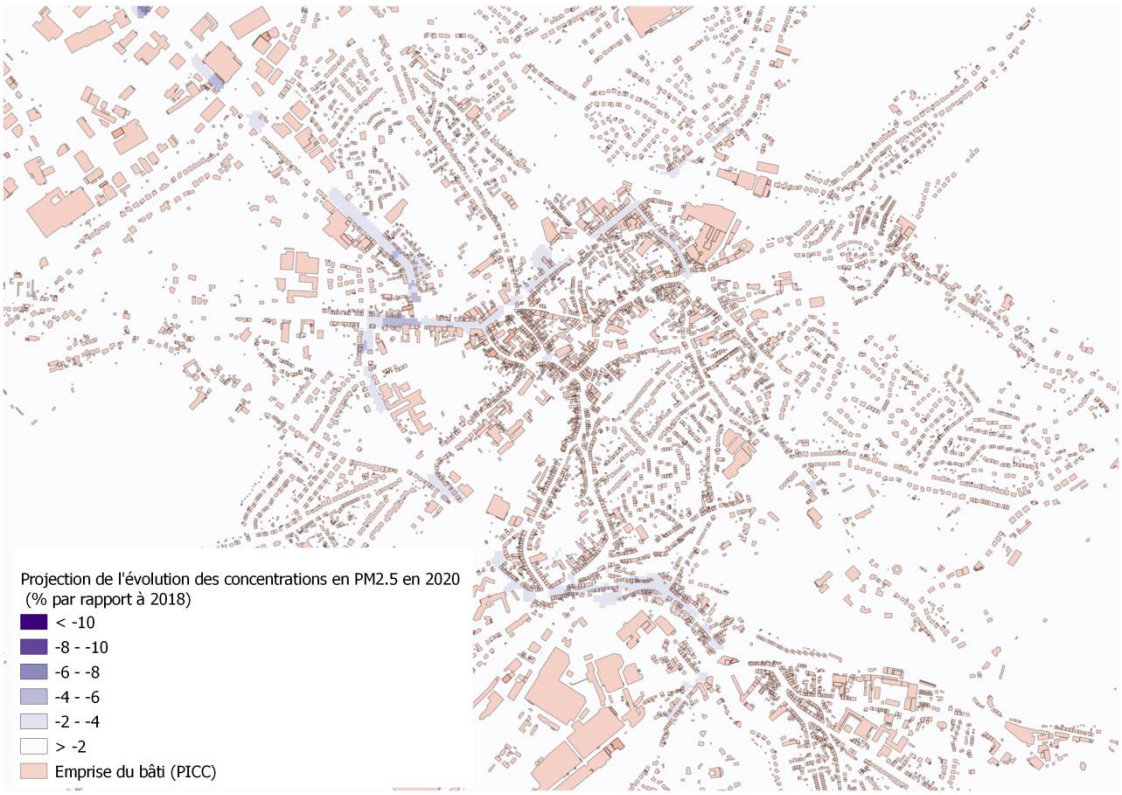


Figure 94 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Eupen projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.

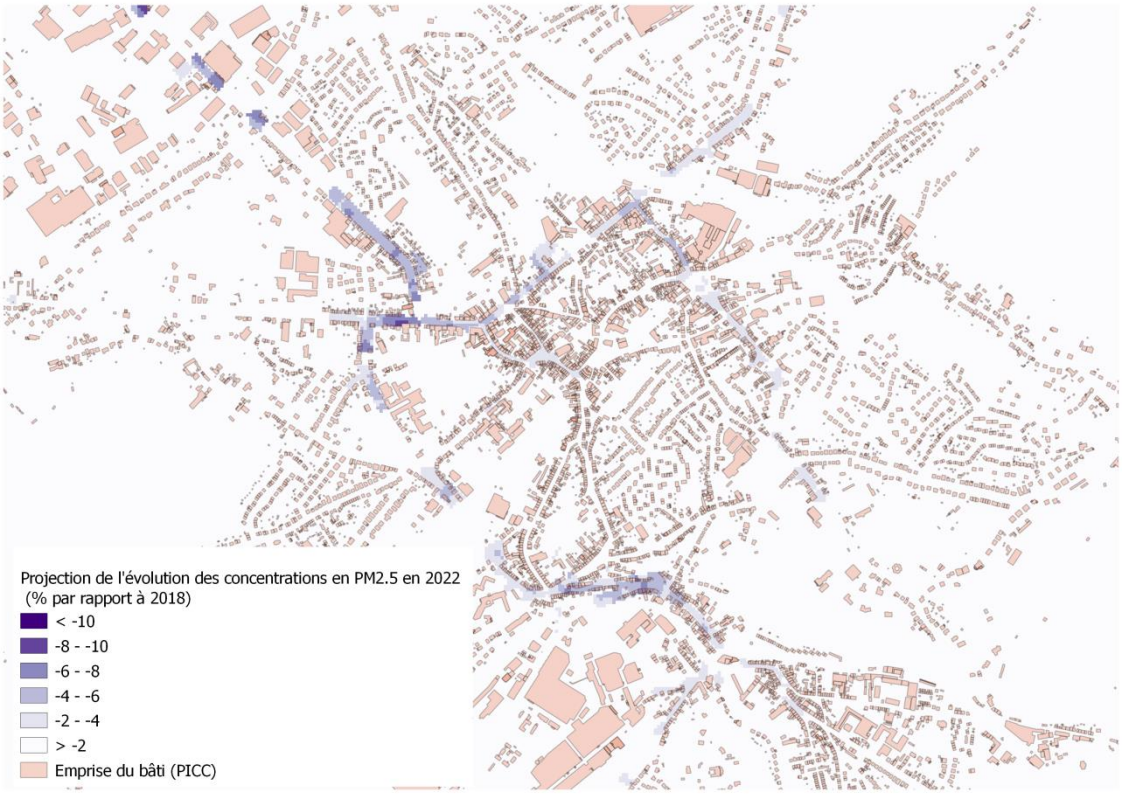


Figure 95 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Eupen projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.

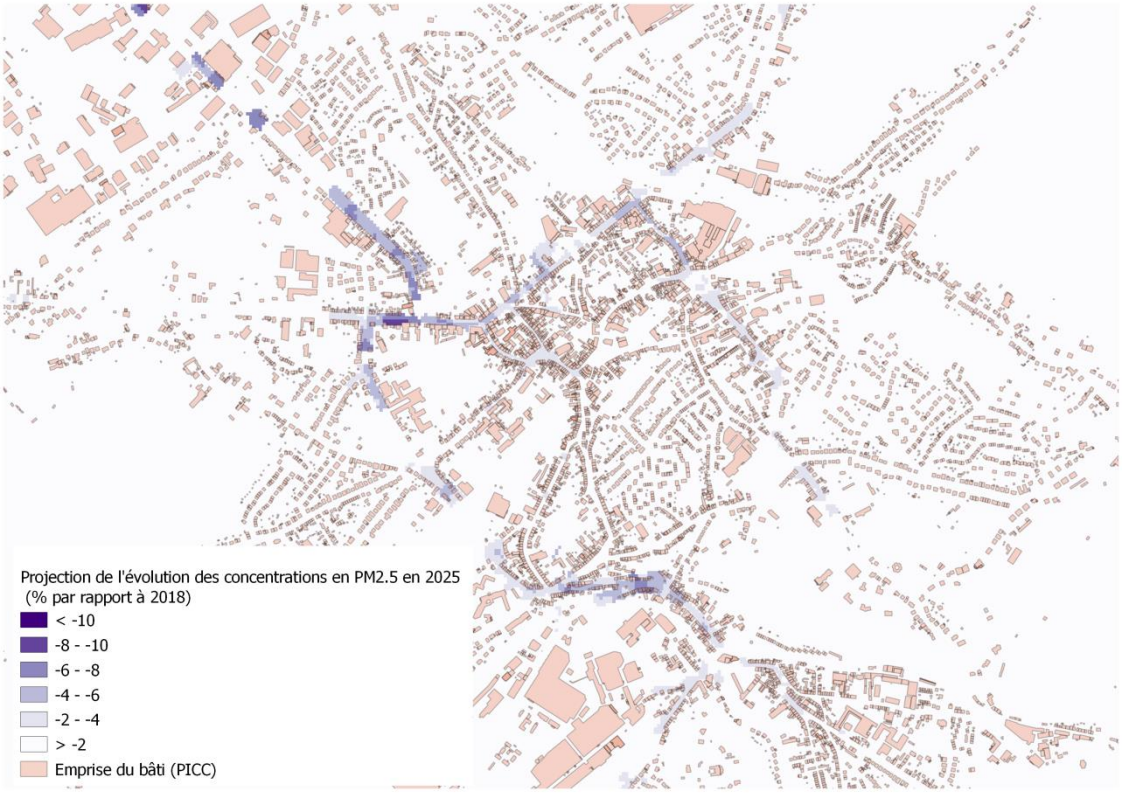


Figure 96 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Eupen projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.



Figure 97 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Eupen projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.



Figure 98 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Eupen projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.



Figure 99 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Eupen projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.



Figure 100 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Namur projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.

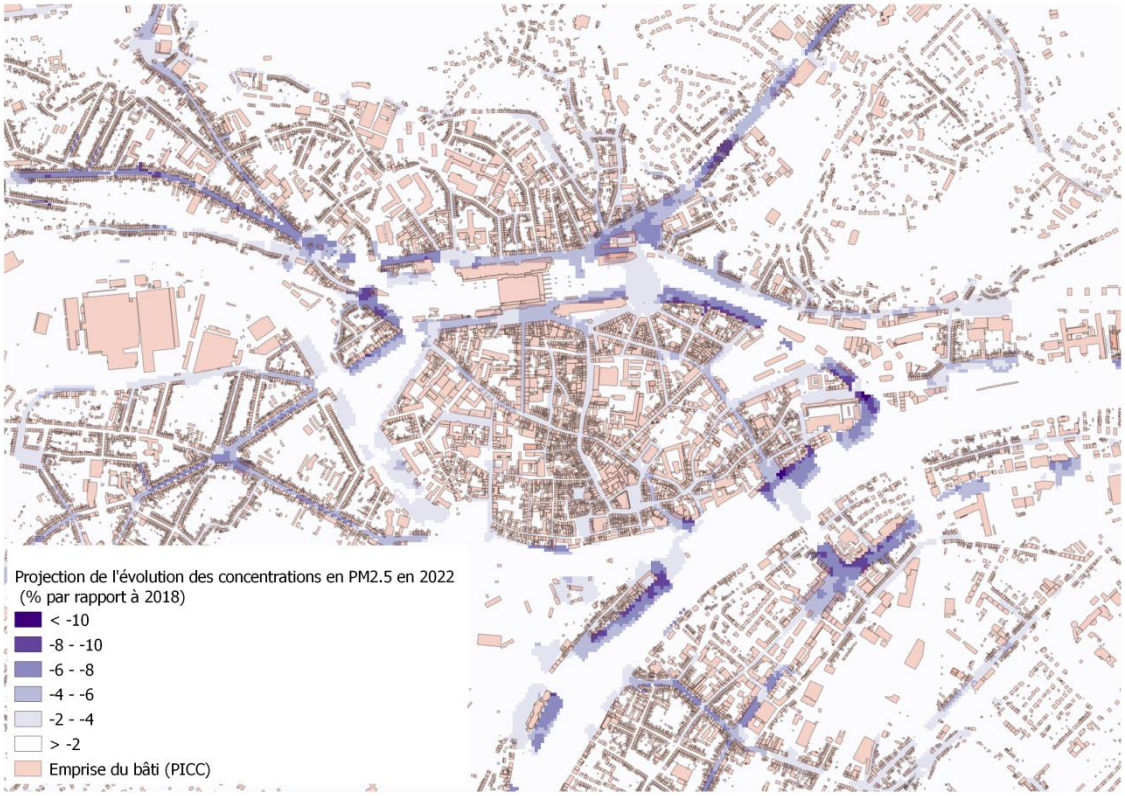


Figure 101 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Namur projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.

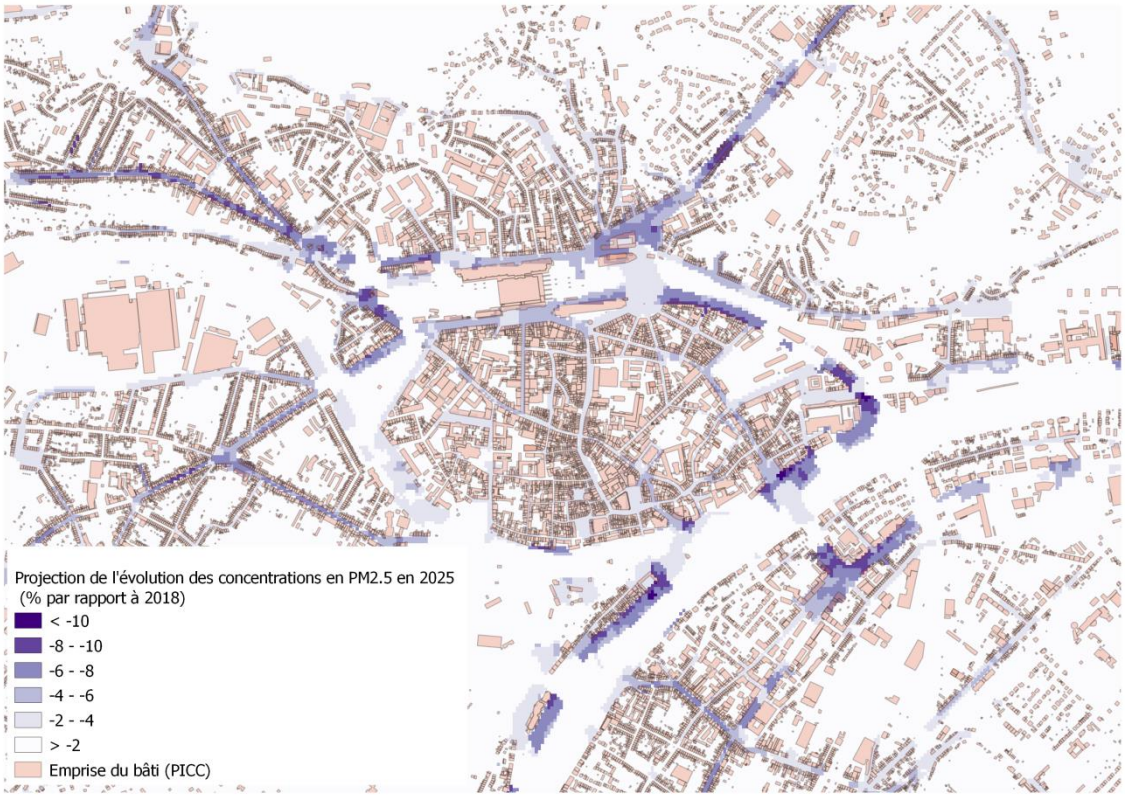


Figure 102 – Evolution des concentrations en $PM_{2.5}$ à Namur projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.



Figure 103 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Namur projetée pour 2020 par le modèle ATMO-Street.



Figure 104 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Namur projetée pour 2022 par le modèle ATMO-Street.



Figure 105 – Evolution des concentrations en PM_{10} à Namur projetée pour 2025 par le modèle ATMO-Street.